

II-465 - TESTE PILOTO DE MICROFILTRAÇÃO SUBMERSA PARA CONCENTRAÇÃO DE VINHOTO DA INDÚSTRIA DE ETANOL

Roberto Bentes de Carvalho⁽¹⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Federal do Pará (UFPA). Mestre e Doutor em Engenharia Química pelo Programa de Engenharia Química (PEQ) da COPPE/Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Diretor Executivo da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Gabriela Marques dos Ramos⁽²⁾

Engenheira Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Mestre em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) e Doutor em Engenharia Química pelo PEQ/COPPE/UFRJ. Coordenadora de Vendas e MKT da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Walter Bom Braga Júnior⁽³⁾

Engenheiro Químico pela Universidade Estadual do Rio de Janeiro (UERJ). Mestre e Doutor em Engenharia Química pelo PEQ/COPPE/UFRJ. Coordenador de P&D da PAM Membranas Seletivas Ltda.

Cristiano P. Borges⁽⁴⁾

Engenheiro Químico pela UFRJ. Mestre e Doutor em Engenharia Química pelo PEQ/COPPE/UFRJ. Coordenador do Laboratório de Membranas e Polímeros do PEQ/COPPE/UFRJ.

Endereço⁽¹⁾: Parque Tecnológico do Rio de Janeiro – Quadra 6A – Edifício MP – Módulos 1 e 2, Rua Paulo Emídio Barbosa, 485, Cidade Universitária – Ilha do Fundão, Rio de Janeiro, RJ - CEP: 21.941-907. - Brasil - Tel: (21) 3733 - 1980 - E-mail: ped@pam-membranas.com.br

RESUMO

A indústria alcooleira no Brasil produz cerca de 13L de vinhoto para cada litro de álcool produzido. Por se apresentar como uma corrente altamente poluidora, com elevados valores de DQO capazes de causar sérios danos ao meio ambiente, algumas pesquisas vem sendo realizadas com o intuito de avaliar novas rotas para o tratamento deste efluente. Este trabalho visa avaliar o desempenho de uma planta piloto de microfiltração como pré-tratamento do vinhoto, investigando tanto o comportamento operacional quanto as características analíticas do vinhoto concentrado. Para as diferentes condições experimentais investigadas, o fluxo permeado variou de 12 a 3 L/h.m², encontrando a melhor vazão de aeração. Não foram verificados sólidos centrifugáveis no permeado da microfiltração, observando reduções de DQO (superior a 95%) e de COR (em média de 65%). Chegou-se a obter um vinhoto concentrado com 80% de sólidos, segundo o teste de centrifugação realizado normalmente na usina.

PALAVRAS-CHAVE: Vinhoto, Concentração, Microfiltração, Teste Piloto, Ferti-irrigação.

INTRODUÇÃO

O vinhoto constitui-se como um dos grandes desafios para o crescimento das indústrias alcooleiras do Brasil. Atualmente a geração desse resíduo atinge valores em torno 13 litros de vinhoto para um litro de etanol produzido. Além do grande volume de resíduo gerado, outro agravante está relacionado com o alto valor de DQO de aproximadamente 30.000 mg/L. O descarte inadequado deste produto pode causar uma série de problemas relacionado a deterioração da qualidade de corpos de água, ou lençóis subterrâneos ao ponto de se tornarem imprestáveis para abastecimento público.

Uma forma de destino final desse material seria na fertilização do canavial aproveitando os nutrientes contidos nesse resíduo. Entretanto, o uso desse material na fertilização do próprio canavial deverá ser extremamente rigoroso, pois a alta concentração de material orgânico biodegradável, que poderá promover a "queima" das folhas da cana, implicando na sua aplicação após o corte quando não há folhas (VAN HAANDEL E CATUNDA, 1994). Outro problema é a alta concentração de potássio que limita a aplicação de vinhoto em 600 m³/ano aproximadamente. Sabendo-se que em um hectare de cana pode ser produzido em torno de 75 ton/ano de cana, que podem gerar 5 m³ de álcool e, portanto 65 m³ de vinhoto, conclui-se que para distribuir o vinhoto sobre os canaviais precisa-se irrigar no mínimo 100/600 ou 1/6 da área plantada.

Outra prática utilizada como destino a este vinhoto produzido é infiltrá-lo em torno 5% da área cultivada. Esse destino poderá causar problemas como contaminação de lençóis freáticos, bem como sacrificar 5% da área de cultivo da destilaria, que deverá ficar fora do plantio por um determinado intervalo de tempo. Açudes de evaporação de vinhoto também são utilizados como destino final a este rejeito, embora as usinas produtoras de álcool no Brasil se localizem em regiões de boas chuvas, podendo o vinhoto causar um impacto adverso importante sobre o meio ambiente, particularmente sobre as águas de superfície, demandando dessa forma um tratamento prévio e adequado antes do seu lançamento.

O uso do processo de filtração utilizando membranas de microfiltração e ultrafiltração pode ser utilizado como um pré-tratamento do vinhoto antes de encaminhá-lo a um tratamento para redução da sua carga. O processo com membranas gerará duas correntes, denominadas de permeado (vinhoto ultrafiltrado) e de concentrado. A corrente do permeado será encaminhada para um tratamento específico para redução da sua carga e a corrente concentrada será avaliada para fins de utilização como fertilizante no canavial.

Por se tratar de um processo que envolve a utilização de membranas em uma etapa de concentração, observa-se uma redução do fluxo permeado ao longo do tempo de filtração e essa redução deve-se ao aumento de concentração de material próximo a superfície da membrana. Esse fenômeno é inerente aos processos de separação por membranas e são caracterizados como polarização de concentração e formação de incrustações (BAKER, 2004)

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso da microfiltração como pré-tratamento do vinhoto, bem como avaliar as condições operacionais de módulos submersos para concentração do vinhoto seguido da avaliação das características analíticas do permeado ao longo do processo de concentração. Os resultados foram obtidos através da operação de uma planta piloto.

MATERIAIS E MÉTODOS

A planta piloto de microfiltração submersa possui 4 módulos com 3,5 m² cada. A membrana de microfiltração na forma de fibras ocas, de fabricação nacional pela PAM Membranas Seletiva Ltda, foi utilizada na construção dos módulos submersos. Nos testes iniciais, apenas um módulo foi utilizado, permanecendo os outros 3 imersos no vinhoto, mas sem permeação. O ciclo de filtração e retrolavagem era controlada por temporizador e as variáveis de processo de medição local. O fluxo permeado, a permeabilidade hidráulica e as condições críticas de operação foram determinados.

A Figura 1 apresentam fotos do local de instalação da planta piloto e a Figura 2 mostra detalhes do módulo submerso de microfiltração utilizado nos testes. A planta foi instalada na Usina Irmãos Malossos, localizada no município de Itápolis/SP, na qual atualmente produz uma média de 42.000 m³ de álcool hidratado.



Figura 1: (a) Módulos de microfiltração submersos instalados dentro do tanque. (b) Unidade piloto de microfiltração submersa, bem como suas interligações.

Foram realizados 3 testes diferentes de longa duração, variando a vazão de aeração do módulo de microfiltração submersa. A pressão de operação foi mantida constante nos diferentes testes realizados (0,1 bar). Os tempos de filtração e de retrolavagem foram mantidos em 22 minutos e 45 segundos, respectivamente.

Foram monitorados os seguintes parâmetros do vinhoto bruto, vinhoto microfiltrado e vinhoto concentrado, gerados pela microfiltração submersa: pH, temperatura, cor, condutividade, DQO e teor de sólidos. O teor de sólidos foi determinado através de procedimento padrão utilizado na usina, empregando centrifugação e relação de volume entre centrifugado e sobrenadante.



Figura 2: Representação do módulo de microfiltração submersa.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 3 é apresentado o gráfico de determinação das condições críticas do processo de microfiltração submersa. Como pode ser observado, variações significativas do fluxo começam a ocorrer durante pressão de operação igual a 0,2 bar. Em função desse resultado, foi fixada como padrão para os testes de permeação posteriores a a pressão de operação de 0,1 bar.

Nas Figuras 4, 5 e 6 são apresentadas as quedas do fluxo permeado e permeabilidade para diferentes vazões de aeração dos módulos de microfiltração submersa operados com vinhoto bruto. Nos três diferentes testes foi possível obter taxas de recuperação em torno de 90%. Como pode ser observado, o melhor resultado obtido foi para a vazão maior de aeração, que possibilitou a obtenção de maiores fluxos de trabalho e maior estabilidade nesse fluxo, sendo possível a operação do sistema por mais de 300 horas sem necessidade de limpeza química.

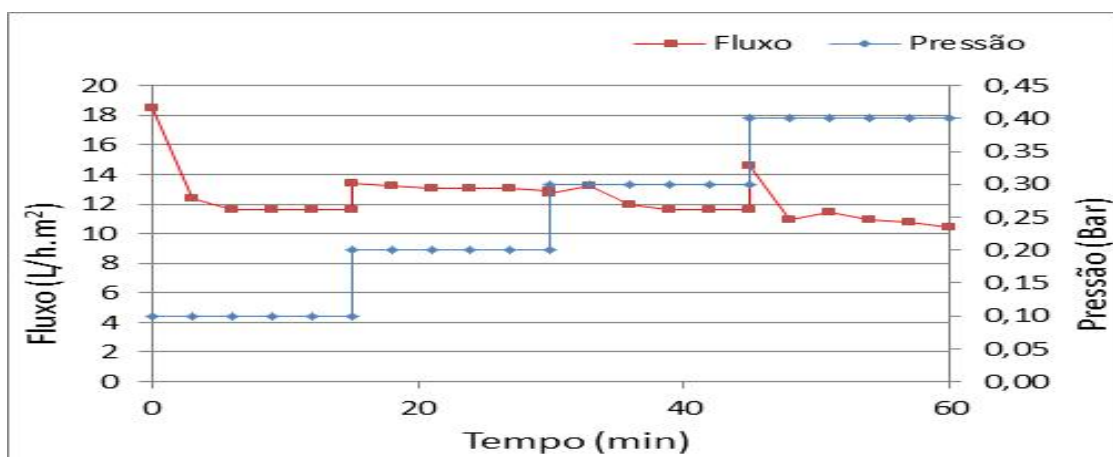


Figura 3: Determinação das condições críticas de operação (vazão de aeração do módulo igual a 4 LPM).

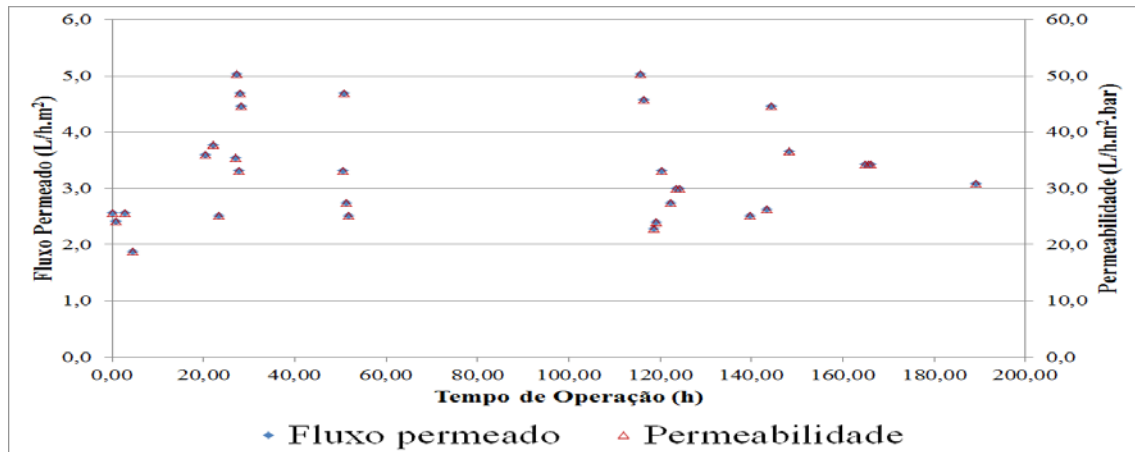


Figura 4: Acompanhamento da queda de fluxo e permeabilidade durante a permeação do vinhoto bruto por microfiltração submersa (teste 2 com vazão de aeração do módulo igual a zero).

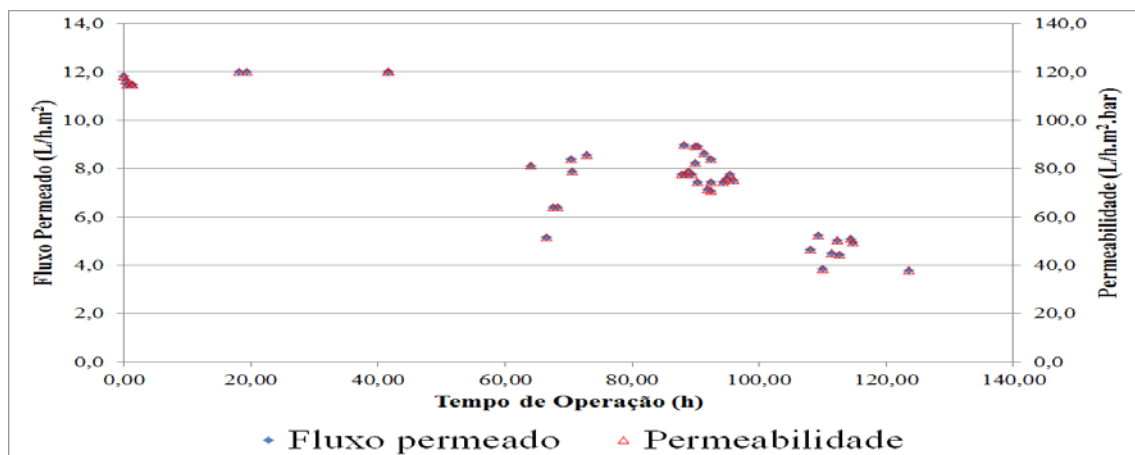


Figura 5: Acompanhamento da queda de fluxo e permeabilidade durante a permeação do vinhoto bruto por microfiltração submersa (teste 1 com vazão de aeração do módulo igual a 4 LPM).

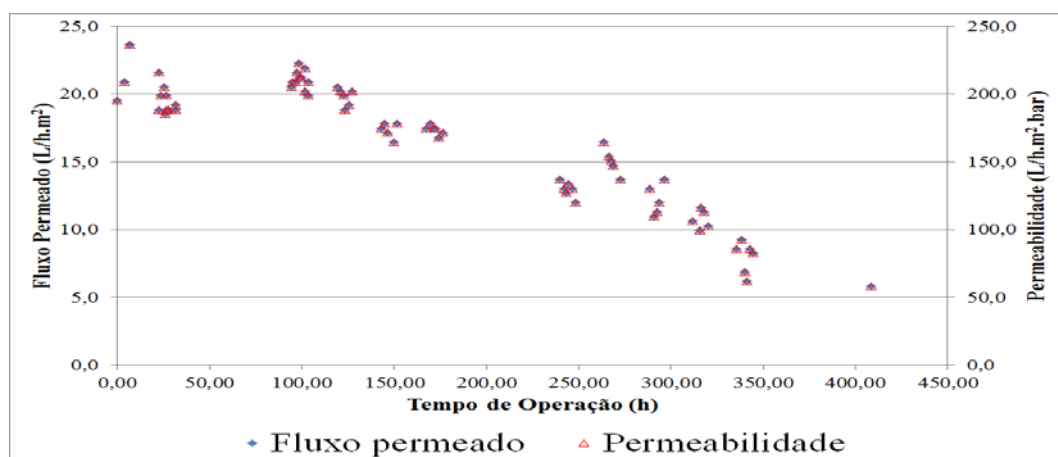


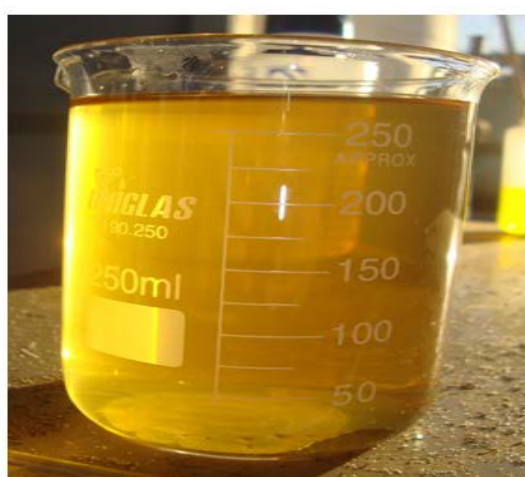
Figura 6: Acompanhamento da queda de fluxo e permeabilidade durante a permeação do vinhoto bruto por microfiltração submersa (teste 1 com vazão de aeração do módulo igual a 8 LPM).

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos de permeabilidade hidráulica para diferentes situações operacionais. Os resultados indicam que as características de transporte dos módulos são recuperadas facilmente através da limpeza química, mesmo após os longos testes de permeação realizados. O resultado é interessante pensando na futura aplicação industrial da concepção proposta de tratabilidade do vinhoto.

Tabela 1: Resultados de permeabilidade hidráulica em diferentes situações operacionais do módulo de MF-sub.

Situação Operacional	Permeabilidade Hidráulica (L/h.m ² .bar)	Coefficiente correlação (r ²)
Módulo novo – água MF na PAM	450	0,976
Módulo novo – água industrial usina	340	0,953
Após testes hidráulicos na planta MF-sub	220	0,949
Após testes hidráulicos + limpeza química	362	0,989
Após teste de permeação 1	40	0,981
Após teste de permeação 1 + lavagem com água	95	0,988
Após teste de permeação 1 + lavagem com água + limpeza química	141	0,996
Após teste de permeação 2	48	0,974
Após teste de permeação 2 + lavagem com água + limpeza química	270	0,995
Após teste de permeação 3	51	0,979
Após teste de permeação 3 + lavagem com água + limpeza química	185	0,987

A Figura 7 apresenta fotos do concentrado e permeado do vinhoto processado na microfiltração submersa. Na Tabela 2 são apresentados os resultados de DQO, COR, sólidos centrifugáveis e pH das diferentes correntes de processos. Nos testes de microfiltração foi possível reduzir, em média, a cor em 65%. Chegou-se a obter um vinhoto concentrado com 80% de sólidos, segundo o teste de centrifugação realizado normalmente na usina. Não foi verificada a presença de sólidos no permeado, demonstrando a eficiência da microfiltração. Como esperado, a condutividade do vinhoto não foi alterada pela microfiltração, obtendo valores de 1 milisimens/cm. Os valores de pH do vinhoto bruto, permeado e concentrado também não foram alterados pela microfiltração, ficando todos na faixa de 4.



(a)



(b)

Figura 7: Fotos do permeado (a) e do concentrado (b).

Tabela 2: Caracterização dos vinhotos bruto, concentrado e microfiltrado.

Parâmetros	Vinhoto Bruto	Vinhoto Microfiltrado	Vinhoto Concentrado
DQO (mg/L)	77.688,0	135,3	242.875,0
COR (uH)	321,0	216,0	2142,0
pH	3,9	4,0	4,0
Condutividade (µS)	1,0	1,0	1,0
Sólidos centrifugáveis (%)	1,0	0,0	47,0

CONCLUSÕES

Com base nos testes piloto realizado em campo é possível concluir:

- A microfiltração submersa mostra-se promissora para clarificação inicial do vinhoto;
- O aumento da vazão de aeração aumentou o fluxo de permeado, melhorando ainda a estabilidade do mesmo;
- Foi possível recuperar facilmente os valores originais de permeabilidade do módulo de microfiltração testado, mesmo após longos testes de permeação;
- O permeado obtido mostrou excelente qualidade em termos de remoção de sólidos suspensos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKER, R. W. Membrane Technology and Applications. Second Edition. John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 0-470-85445-6.
2. VAN HAANDEL, A.C. and CATUNDA, P.F.C. (1994): " Profitability increase of alcohol distilleries by the rational use of byproducts." Wat.Sci.Tech., 29, 8, 106-117.
3. NETA, L.F.; AMARAL, M. C. S.; MOTTA, G. E.; CARVALHO, R.B. Avaliação da concentração do vinhoto utilizando o processo de ultrafiltração. In: 26ª Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre.
4. AMARAL, M. C. S.; NETA, L.F.; MAGALHÃES, N. C.; CARVALHO, R.B. Tratamento de vinhoto empregando ultrafiltração conjugada com biorreator com membrana. In: 26ª Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre.
5. MOTA, V.T.; MOTTA, G. E.; AMARAL, M. C. S. Caracterização detalhada do vinhoto gerado na produção de etanol. In: 26ª Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2011, Porto Alegre.
6. MAGALHÃES, N.C.; MOTTA, G.E. ; AMARAL, M. C. S.; NETA, L.F; CARVALHO, R.B.. Tratamento de vinhoto empregando biorreator com membrana aeróbio e nanofiltração visando o reúso do efluente tratado. In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012, Salvador. Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2012.