

## II-432 - SISTEMA DE MICROFILTRAÇÃO SUBMERSA PARA O TRATAMENTO DE ÁGUA E RECUPERAÇÃO SIMULTÂNEA DE AMIDO CONCENTRADO

**Walter Bom Braga Junior<sup>(1)</sup>**

Doutor em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Coordenador do Setor de Pesquisa e Desenvolvimento da PAM-Membranas Seletivas 1

**Gabriela Marques dos Ramos<sup>(2)</sup>**

Doutora em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Coordenadora do Setor de Marketing e Vendas e Colaboradora do Setor de P&D da PAM-Membranas Seletivas 2

**Cristiano Piaseck Borges<sup>(3)</sup>**

Doutor em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Professor do Programa de Engenharia Química da COPPE e Colaborador do Setor de P&D 3

**Roberto Bentes de Carvalho<sup>(4)</sup>**

Doutor em Engenharia Química pela COPPE/UFRJ. Diretor da Empresa PAM-Membranas Seletivas e Colaborador do Setor de P&D 4

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Rua Paulo Emídio Barbosa sn, Parque Tecnológico do Rio de Janeiro, QD 6A, Edifício MP, Módulo 1, CEP 21.941-907 - Ilha do Fundão/Cidade Universitária - Rio de Janeiro/RJ - Brasil - Tel: +55 (21) 3733-1821 Fax: +55 (21) 2590-4334- e-mail: [walter@pam-membranas.com.br](mailto:walter@pam-membranas.com.br)

### RESUMO

Existem inúmeras indústrias que possuem perdas de pigmentos e partículas na corrente de efluente, principalmente em processos que utilizam modificação química para diminuição do tamanho das partículas. Esses processos costumam provocar o aumento da distribuição do tamanho das partículas diminuindo a eficiência do processo de separação através de hidrociclones, que são normalmente utilizados. O resultado é a produção de um efluente contendo concentrações de partículas acima do desejado. Além da perda, material, essa corrente de efluente costuma provocar problemas nas unidades de tratamento de efluentes convencionais. A utilização do processo de microfiltração submersa se apresenta como alternativa, pois gera uma corrente concentrada de partículas ao mesmo tempo em que produz água de reuso. Nesse trabalho investigou-se a utilização da microfiltração submersa para concentração e recuperação de amido modificado e produção de água de reuso, verificando a viabilidade técnica desse processo.

**PALAVRAS-CHAVE:** Microfiltração, Recuperação de Amido, Indústria Alimentícia.

### INTRODUÇÃO

Durante o processo produtivo de pigmento modificado, necessita-se de uma significativa quantidade de água que é incorporada juntamente com produtos químicos, consequentemente durante esse processo observa-se uma significativa geração de efluentes e perdas significativas de pigmentos. O uso dos processos de separação por membranas (PSM) se apresenta como uma técnica promissora para recuperação desses pigmentos que poderão retornar ao processo produtivo, reduzindo de forma significativa a presença deste pigmento na corrente de efluente gerada.

No final da década de cinquenta e começo da década sessenta, diversos estudos demonstraram pela primeira vez a viabilidade técnica e econômica dos processos de separação por membrana (PSM). O processo de microfiltração, um dos primeiros a ser comercializado entre os PSM, vêm encontrado nichos de mercado tanto na substituição de filtros convencionais, como em aplicações que necessitem a remoção absoluta de particulados e microrganismos. Os processos de microfiltração (MF) e (UF) permitem a permeação do solvente e retêm os solutos de elevada massa molar, colóides, microrganismos ou partículas finas suspensas (BAKER, 2004).

Dentre os principais motivos para o crescimento deste mercado, deve-se considerar a necessidade do aumento da competitividade por parte das indústrias, levando a substituição de processos convencionais por processos mais eficientes e compactos, assim como o crescente rigor no controle ambiental, levando a redução na emissão de efluentes e na captação de água.

Diante deste contexto, o uso dos processos de separação com membranas mostra-se como um processo potencial na recuperação e redução dos pigmentos gerados nas indústrias.

O processo de lavagem do pigmento modificado requer uma grande quantidade de água, gerando uma grande quantidade de efluente e perdas do pigmento que se incorpora a essa corrente e não poderá ser removido na unidade de tratamento de efluentes. O tratamento das correntes de efluente gerada ocorre mediante tratamento secundário e este tratamento não é capaz de reduzir a coloração devido aos pigmentos, sendo necessário o uso de tratamentos terciários.

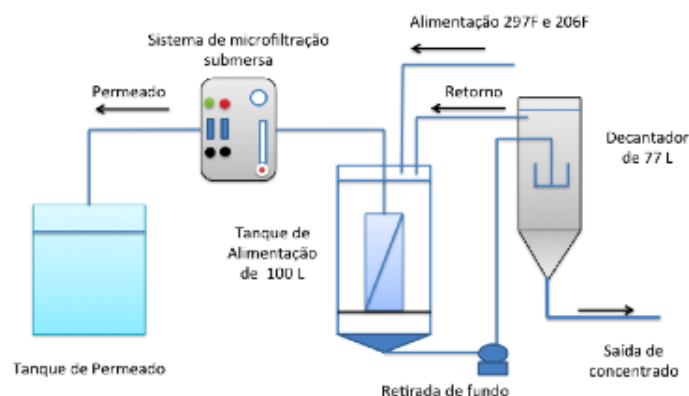
O uso do processo de microfiltração poderá recuperar este corante e ao mesmo tempo retorná-lo ao processo produtivo e fechar o circuito da água tratada. Desta forma, será minimizado o descarte do pigmento na corrente de efluente a ser tratado, bem como promover a sua reutilização no processo reduzindo dessa forma os gastos com a matéria-prima e propiciando o reuso da água.

O desconhecimento dos fenômenos da incrustação durante a operação dos equipamentos de membranas ainda é uma limitação ao crescimento do número de aplicações em larga escala destes sistemas, pois esta causa um declínio de fluxo de permeado, requer limpeza e substituição de membranas com frequência, acarretando em uma elevação do custo do processo de tratamento. Esses fenômenos de incrustação são minimizados de acordo com o uso adequado dos módulos, manipulando as condições operacionais como pressão operacional e a densidade de empacotamento. O processo de Microfiltração na forma submersa (MFS) permite processar soluções com grande quantidade de sólidos. Neste sistema, a membrana é submetida a aeração, com velocidade do ar controlada, que dificulta a deposição de sólidos na superfície da membrana, mantendo o fluxo estável por mais tempo. Adicionalmente, o controle das variáveis operacionais permitirá a operação adequada do processo de microfiltração, resultando em valores de fluxos estáveis e economicamente viáveis.

Diante deste contexto, este trabalho tem como objetivo avaliar o uso da microfiltração submersa para recuperação de pigmento branco modificado e reuso simultâneo da água.

## **METODOLOGIA**

O equipamento de MFS foi instalado na indústria onde o pigmento modificado é produzido, sendo alimentado com a água de lavagem do pigmento (Figura 1). O sistema opera em ciclos de filtração e limpeza, semi-automatizados por temporizadores e solenoides. O equipamento é composto por tanque de membrana, tanque de permeado, módulo de MF submerso, quadro elétrico, manômetro, rotâmetro, válvulas agulha, decantador, bomba diafragma e compressor. Os produtos testados foram os pigmentos 110 F, 297F e 206F.



**Figura 1: Sistema piloto de MFS.**

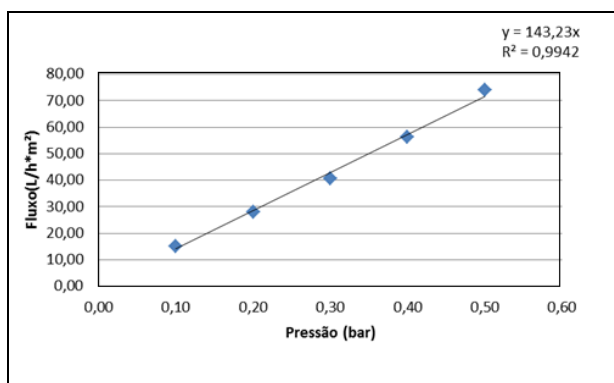
Os testes foram realizados na configuração de batelada. A corrente contendo um determinado produto era encaminhada para o tanque de alimentação, o produto do fundo do tanque de alimentação era encaminhado para um decantador, uma vez que, devido à aeração dos módulos de membranas, não era possível utilizar o tanque de membranas como decantador. O sobrenadante do decantador retornava ao tanque de membranas e o decantador operava com a saída de concentrado fechada, sendo utilizada apenas para retirar amostras para análise. O tanque de membranas possuía um sensor de nível ligado a uma válvula solenoide, que permitia a alimentação do tanque, com mais produto de maneira a garantir que o módulo de membrana ficasse totalmente submerso.

As membranas utilizadas na fabricação dos módulos foram na forma de fibra oca. Essas fibras possuem 1,0 mm de diâmetro externo, com poros em sua camada seletiva externa em torno de 0,4  $\mu\text{m}$ . A filtração é realizada de fora para dentro das fibras. Entre as fibras, o módulo submerso (Figura 2) possui dispositivos aeradores que dificultam a deposição de sólidos na superfície das fibras, mesmo as mais internas.



**Figura 2: Módulo de MF submerso.**

O módulo utilizado possuía uma área de membranas de 3,5  $\text{m}^2$  e foi previamente caracterizado tendo apresentado o valor de permeabilidade hidráulica de 143,23  $\text{L}/\text{hm}^2\text{bar}$  como mostra a Figura 3.



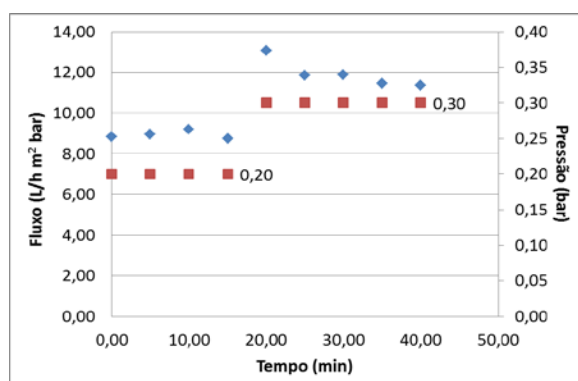
**Figura 3** Gráfico para o cálculo da permeabilidade hidráulica inicial do módulo.

Para cada produto (110F, 297F e 206F) foi realizado o teste de concentração utilizando o módulo previamente caracterizado, e ao término do experimento, o módulo era novamente caracterizado para avaliar o grau de incrustação e posteriormente submetido à lavagem química durante uma hora em uma solução contendo 1000 ppm de hipoclorito de sódio.

Para avaliação do desempenho do processo foi realizado, durante os ensaios, o acompanhamento de alguns parâmetros tais como: volume total de alimentação, volume total de permeado, turbidez do permeado e da alimentação, fluxo de permeado. Foram retiradas amostras da alimentação, do permeado e do concentrado para determinação da concentração de amido, em determinados períodos de tempo. O acompanhamento da concentração de amido também foi realizado através do cálculo do fator de concentração que foi calculado utilizando a razão entre o volume alimentado em um determinado período de tempo e o volume dos tanques de alimentação e do decantador.

## RESULTADOS

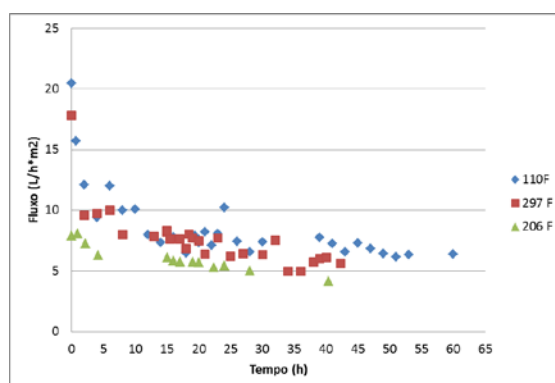
Para avaliar as melhores condições de operação do sistema, foi realizado o ensaio de fluxo crítico, com o produto 110F, nas pressões de 0,2 e 0,3 bar. Os resultados do teste de fluxo crítico são mostrados na Figura 4.



**Figura 4:**Gráfico que mostra o resultado do teste de fluxo crítico.

Os resultados mostrados na Figura 4 indicam que na pressão de 0,3 já se encontra acima da condição de pressão e fluxo crítico, sendo recomendado operar em condições mais brandas de pressão. Para realização dos testes de concentração procurou-se operar o sistema na pressão de 0,2 bar.

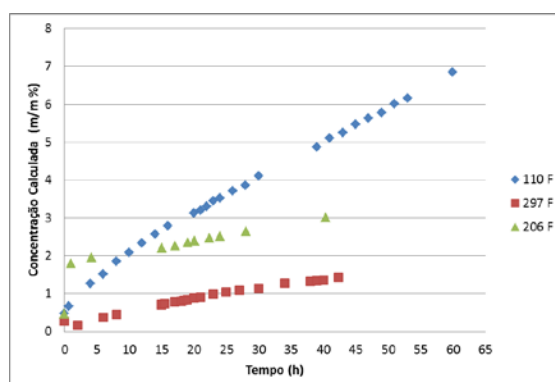
Os resultados de acompanhamento da queda de fluxo de permeado durante a concentração dos produtos são mostrados comparativamente na Figura 5.



**Figura 5: Fluxo de permeado em função do tempo de operação para os diferentes produtos testados.**

É possível perceber através do gráfico da Figura 5 que houve inicialmente uma acentuada queda do fluxo de permeado nos 5 primeiros minutos do teste. Esse resultado é explicado pelo fenômeno de polarização de concentração no qual rapidamente se forma um gradiente de concentração entre a superfície da membrana e o seio da solução, aumentando assim a resistência para a filtração. Posteriormente é perceptível uma queda gradativa do fluxo de permeado que é resultante da incrustação da membrana, mesmo operando com ciclos de filtração e retrolavagem. Ao final dos testes é perceptível que ocorre uma estabilização do fluxo de permeado em torno de 5 L/h m<sup>2</sup> para todos os produtos testados.

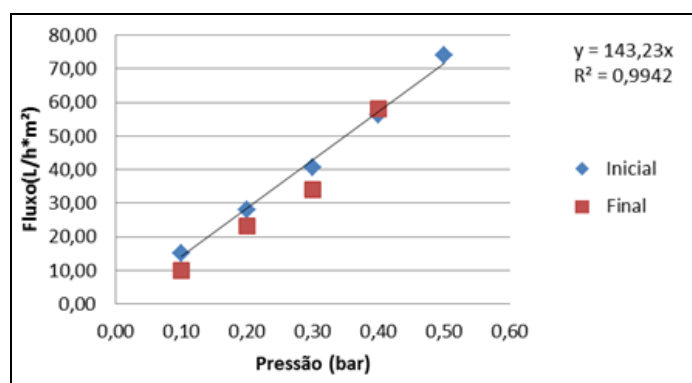
Os resultados de concentração podem ser avaliados em termos do efeito da microfiltração e em termos da utilização do decantador acoplado. Se considerarmos apenas o efeito a microfiltração a concentração seria ocasionada pela redução de volume provocado pela retirada da corrente de permeado, já que não ocorre a passagem de amido para a corrente de permeado. Entretanto ocorre um aumento da concentração de amido no fundo do decantador, provocado pelo efeito de sedimentação. Nessa região a concentração de amido é superior a concentração calculada considerando apenas a microfiltração. A Figura 6 mostra a concentração calculada para as três correntes.



**Figura 6: Concentração calculada utilizando o fator de concentração.**

Os resultados mostrados na Figura 6 mostra que foi possível atingir a concentração de 7 (m/m%) partindo da concentração de 0,3 (m/m%). Fica evidente na comparação dos resultados que a taxa de concentração do amido é diretamente proporcional ao fluxo de permeado. Entretanto, na análise das alíquotas retiradas do fundo do sedimentador ao final do processo obteve-se a concentração em torno de 4 (m/m%) para o 297F e 6 (m/m%) para o 206F. Esse resultado indica que o sedimentador não foi tão adequado, pois poderia se esperar que a concentração do fundo do sedimentador fosse bem superior, indicando necessidades de melhoria no processo de sedimentação.

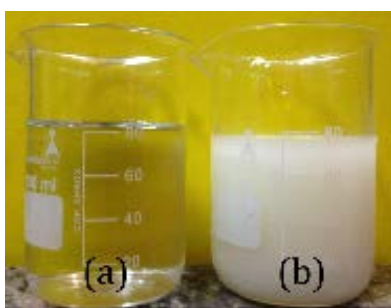
Após o processo de concentração o módulo foi limpo com uma solução de 1000 ppm de hipoclorito, para retirar a incrustação, os resultados são mostrados na Figura 7.



**Figura 7: Comparação entre a permeabilidade inicial e ao final da limpeza química.**

Os resultados mostrados na Figura 7 indicam que após a lavagem química, houve a completa recuperação do valor da permeabilidade inicial.

Em todos os testes realizados, observou-se uma retenção de 99,9% do pigmento modificado, tendo o efluente microfiltrado turbidez de 0,02 NTU (Figura 8).



**Figura 8: Fotografia da água de lavagem do pigmento antes (b) e após a Microfiltração (a).**

## CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos no presente trabalho é possível concluir que a microfiltração submersa é uma concepção de processo promissora para recuperação de pigmentos suspensos com produção simultânea de água de reuso. A pequena diferença entre a concentração calculada e a concentração do fundo do decantador, mostrou que o processo pode ser melhorado incorporando um sedimentador mais adequado.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

1. BAKER, R. W. Membrane Technology and Applications. Second Edition. John Wiley & Sons, 2004. ISBN: 0-470-85445-6.