



Gabriela Nunes

Gustavo Henrique de Souza Paiva

Karen Leticia Sanchez Costa

Larissa Souza Castro

Marcus Bruno Fernandes Silva

Marina Leticia Alves Ferreira

PLANTA PILOTO DE FILTRO PRENSA

LAVRAS – MG

2017

GABRIELA NUNES
GUSTAVO HENRIQUE DE SOUZA PAIVA
KAREN LETICIA SANCHEZ COSTA
LARISSA SOUZA CASTRO
MARCUS BRUNO FERNANDES SILVA
MARINA LETICIA ALVES FERREIRA

PLANTA PILOTO DE FILTRO PRENSA

Pré-projeto entregue e apresentado à Professora Iara
Hernandez Rodriguez como requisito da disciplina
GNE340.

Professora Iara Hernandez Rodriguez
Orientadora

LAVRAS – MG

2017

SUMÁRIO

1	Introdução	3
1.1	Referencial Teórico	3
1.1.1	Tipos de filtro	3
1.1.2	Meios filtrantes	4
1.1.3	Fluidodinâmica da filtração	5
1.1.4	Filtração com formação de torta: teoria simplificada da filtração	7
1.2	Aplicabilidade	8
1.3	Objetivo	10
2	Motivação	11
3	Descrição do Projeto	13
3.1	Materiais Utilizados	13
3.2	Montagem	13
4	Procedimento Experimental	15
4.1	Primeiro teste	15
4.2	Segundo teste	15
4.3	Terceiro teste	16
4.4	Quarto teste	17
4.5	Quinto teste	18
5	Resultados Esperados	19
6	Conclusão	21
	REFERÊNCIAS	23

1 INTRODUÇÃO

1.1 Referencial Teórico

Reaproveitar materiais e fazer de seu novo uso algo útil, não só é tendência, como algo necessário, pois com o avanço tecnológico e crescimento populacional, a preocupação com os recursos naturais tende a aumentar. Reutilizar recipientes metálicos para construir um filtro, além de evitar deposição de materiais no meio ambiente, como poluentes, pode ser uma alternativa de baixo custo para tratamento de água, antes de despejá-la em efluentes, unindo desenvolvimento de tecnologia de baixo custo e funcionalidade com preservação do meio ambiente.

Um dos procedimentos mais simples de separação de sólidos e líquidos é a filtração, aplicada em muitas etapas de processos da indústria química. Entra no filtro a mistura a ser separada e como produtos, saem o filtrado (líquido clarificado) e a torta de filtragem (sólido com um pouco de líquido). Ao longo do processo, a própria torta se torna o meio filtrante, e como no início ela está sendo formada, para que seja efetiva a filtração, os volumes iniciais retornam ao filtro. Durante a filtração, características como altura, permeabilidade e porosidade da torta, variam, também há variação de pressão ao longo do processo, alterando a vazão. As variáveis devem ser controladas para cálculo da velocidade da filtração e consequentemente o tempo gasto, sempre buscando otimizar o processo (Isenmann, 2012) .

1.1.1 Tipos de filtro

- Filtro de pressão

São filtros que funcionam em batelada, ou de forma contínua, operam pressurizados e costumam ter uma ou mais camadas de material granular. São usados geralmente em estações de tratamento de água. O filtro prensa é deste tipo, tem como vantagens a necessidade de uma menor área para sua implantação, São produzidos líquidos límpidos por meio da circulação

do filtrado, as tortas resultantes apresentam baixa umidade e pode ser automatizado. Porém, tem as desvantagens de difícil lavagem e manutenção, as placas podem sofrer fissuras e romper-se e a técnica é muito sensível às variações das características dos resíduos (Cremasco, 2014).

- Filtro a vácuo

Ainda, segundo Cremasco (2014), os filtros a vácuo podem ser alimentados no fundo ou no topo do equipamento. Caracteriza-se por conduzir tortas secas de pequena espessura, e operar continuamente sob baixa queda de pressão. É utilizado na indústria sucroalcooleira, no modelo contínuo de tambor rotativo a vácuo, por exemplo. Suas tortas apresentam maior quantidade de umidade residual se comparado ao filtro prensa, o meio filtrante requer lavagem constante e consome bastante energia, mas em compensação, a unidade precisa de pequena área de implantação, a torta é facilmente removível, tem fácil controle operacional e manutenção de baixo custo.

1.1.2 Meios filtrantes

Para escolher um meio filtrante, precisam ser analisadas anteriormente características que serão essenciais na otimização da filtração. É importante que ao entrar em contato com a suspensão que será tratada, o meio filtrante não sofra fissuras, rompimentos ou ataques químicos. Ter boa e adequada distribuição dos poros faz com que o curso da filtração não seja comprometido, seja fácil fazer a limpeza e o custo seja baixo (Cremasco, 2014).

Após o início da operação, a torta se tornará meio filtrante, por isso, para obter filtrado límpido, é importante voltar os primeiros volumes ao processo, visto que nas primeiras porções de filtrado há traços de particulado.

Alguns meios utilizados que merecem ser citados são algodão, polímeros sintéticos, metais, e no caso de filtros granulares, cascalho, areia, antracito e carvão ativado (Cremasco, 2014).

1.1.3 Fluidodinâmica da filtração

Existem dois tipos de filtração granular: rápida e lenta. Na filtração rápida, as partículas apresentam-se diluídas na suspensão e não apresentam interação com o material filtrante, de modo a não obstruir os poros do material granular. Na filtração lenta, a remoção de partículas em suspensão depende de interações entre os sólidos e o meio filtrante (forças repulsivas e atrativas, e mecanismos como a difusão e exclusão por tamanho, sendo a abordagem microscópica caracterizada por considerar esses mecanismos; e a macroscópica, por desconsiderá-los) (Cremasco, 2014).

A descrição generalizada pode ser visualizada na Tabela 1.1:

Tabela 1.1 – Descrição da fluidodinâmica da filtração (Cremasco, 2014)

Equação da continuidade da fase fluida	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon) + \vec{\nabla} \cdot (\rho \epsilon \mathbf{u}) = -\phi$
Equação da continuidade da fase particulada	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_p \epsilon_p) + \vec{\nabla} \cdot (\rho_p \epsilon_p \mathbf{u}_p) = \phi$
Equação do movimento da fase fluida	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho \epsilon \mathbf{u}) + \vec{\nabla} \cdot (\rho \epsilon \mathbf{u} \mathbf{u}) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{T} - \beta(\mathbf{u} - \mathbf{u}_p) + \rho \mathbf{b}$
Equação do movimento da fase particulada	$\frac{\partial}{\partial t}(\rho_p \epsilon_p \mathbf{u}_p) + \vec{\nabla} \cdot (\rho_p \epsilon_p \mathbf{u}_p \mathbf{u}_p) = \vec{\nabla} \cdot \mathbf{T}_p - \beta(\mathbf{u} - \mathbf{u}_p) + \epsilon_p(\rho_p - \rho) \mathbf{b}$

Na Tabela 1.1 o termo de campo \mathbf{b} será definido a medida que se adotar qual filtro será utilizado na operação: gravitacional ou rotativo, por exemplo. Já

a grandeza ϕ refere-se ao fluxo de captura, por meio do material, nas partículas presentes na suspensão a ser filtrada. Deve-se considerar essa grandeza quando há filtração lenta em filtro granular, na filtração granular rápida e filtração com ou sem formação de torta deformável essa grandeza não deve ser considerada (Cremasco, 2014). Conforme o autor, esse parâmetro pode ser representado das seguintes formas:

Abordagem microscópica

$$\phi = D_{ef} \nabla^2 (\rho_p \varepsilon_p) \quad (1.1)$$

Abordagem macroscópica

$$\phi = \left(\frac{\rho_p \varepsilon_p}{\delta} \right) \mathbf{u} \lambda \quad (1.2)$$

O tensor tensão da fase fluida, \mathbf{T} , é descrito pela componente de pressão, p , nesta fase:

$$\mathbf{T} = p \mathbf{I} \quad (1.3)$$

O coeficiente β , parâmetro de arraste, é referente à parcela da contribuição Darcyniana do escoamento:

$$\beta = \frac{\mu \varepsilon}{k(\varepsilon)} \quad (1.4)$$

onde $k(\varepsilon)$ pode ser obtido por correlações encontradas na literatura.

A descrição da fluidodinâmica da filtração depende de qual tipo de filtro será utilizado, e também do conhecimento de informações, como: características físicas e químicas das fases, reologia da suspensão e da natureza do meio filtrante (Cremasco, 2014).

1.1.4 Filtração com formação de torta: teoria simplificada da filtração

A operação de filtração de suspensões que resulta na formação de tortas caracteriza-se por exibir variação de porosidade da matriz porosa (torta) ao longo do tempo e da sua estrutura, causada pela percolação do fluido, ocasionando o meio poroso deformável.

A formulação para a fluidodinâmica advém da análise da Tabela 1.1, considerando-se nula a contribuição do fluxo de captura. São consideradas as seguintes hipóteses (Massarani, 2001):

- o tensor tensão da fase fluida é descrito pela componente de pressão;
- o valor da velocidade da fase particulada ser bem menor do que o valor da velocidade da fase fluida, assim a velocidade relativa U , fica sendo a velocidade do fluido.

Além disso, são estabelecidas as seguintes hipóteses para a filtração com formação de torta (Cremasco, 2014):

- a fase fluida comporta-se como fluido newtoniano e incompressível;
- escoamento unidimensional de onde resulta, para a velocidade relativa:

$$U = u = q/\varepsilon$$

onde u é a velocidade intersticial da fase fluida, q é a velocidade superficial da fase fluida e ε é a porosidade do meio filtrante.

Correlacionando os resultados da filtração com as condições operacionais, expressas pela queda de pressão no filtro, considerando que a torta e o meio filtrante são meios porosos percolados em série pelo fluido, e que a velocidade superficial do fluido e a massa de sólido seco na torta estão relacionadas ao volume de filtrado

V , ao tempo t , à área de filtração A e à concentração de sólidos na suspensão C , obtém-se a equação da filtração (Massarani, 2001):

$$\frac{dt}{dV} = \frac{\mu}{\text{Área}(\Delta p)} \left[\langle \alpha \rangle S_p \rho \gamma \frac{V}{\text{Área}} + R_m \right] \quad (1.5)$$

Onde μ é a viscosidade do fluido, Δp é queda de pressão do filtro, $\langle \alpha \rangle$ é a resistividade média, S_p é a fração mássica absoluta do sólido, ρ é a massa específica do fluido, R_m é a resistência do meio filtrante e γ é definido por:

$$\gamma = 1 + (1 - \varepsilon_p) \frac{V_t}{V} \quad (1.6)$$

Onde ε_p é a porosidade da partícula e V_t é o volume da torta.

1.2 Aplicabilidade

As aplicações do filtro prensa envolvem situações onde há a intenção de separar sólidos e líquidos, de forma que, após o processo de filtração, pode-se reutilizar tanto o líquido filtrado como também o sólido retido. Esse tipo de filtro apresenta vantagens que são favoráveis ao meio ambiente e melhoram a sustentabilidade da empresa, como baixo custo de manutenção, menor consumo de energia, produção de uma torta seca de fácil manuseio e transporte e reaproveitamento da água. O filtro prensa é utilizado em diversos seguimentos, atendendo aplicações para “lodos de tratamento de água potável e industrial de águas subterrâneas, de superfície e de rios, efluentes industriais, mineração, cerâmica, metalurgias, tintas e pigmentos, celulose e indústria química, alimentícia, de bebidas e farmacêutica, além dos setores de biocombustíveis, derivados de petróleo, sucroalcooleiro e fertilizantes” (Rubim, 2012).

Um seguimento em que os filtros prensa se destacam é no tratamento de água e esgoto, onde são utilizados na desidratação mecânica do lodo gerado na ETA e na ETE, ou ainda em processos produtivos de lixiviação, cristalização, decantação

ou outros. Nessa atividade, eles são considerados os mais eficientes em comparação com outros equipamentos por seus produtos sólidos apresentarem a menor umidade residual, o que é vantajoso pela diminuição de custos com destinação e transporte, além de ser desejável um baixo teor de umidade nos resíduos a serem depositados em aterros (Rubim, 2012).

Na indústria alimentícia também existem várias aplicações para os filtros prensa. Pode citar-se o refino de óleos vegetais, um processo onde “os ácidos graxos livres são neutralizados com uma base, resultando em sabão. A mistura é centrifugada, lavada com água e centrifugada mais uma vez, quando então é clareada com diatomáceas. A separação dessas diatomáceas é feita num filtro prensa, com elemento filtrante de poros reduzidos” (Novazzi et al., 2008).

No ramo de bebidas há também algumas aplicações bem comuns dos filtros prensa. A primeira delas é na produção de cerveja, onde a filtração é feita para a separação de células de leveduras e de partículas de proteínas coaguladas em suspensão, que tornam a cerveja turva. Uma outra aplicação é na produção de refrigerantes, nesse caso os filtros prensa atuam na purificação do xarope, a fim de reter as impurezas presentes em suspensão. E, finalmente, os filtros prensa são também vistos na produção de sucos de frutas, onde são empregados na separação do bagaço e da polpa desses vegetais (Novazzi et al., 2008).

Outro segmento em que os filtros prensa são utilizados é a indústria de metais. Nelas, os filtros prensa aparecem principalmente quando se objetiva reduzir bastante o volume final de sólidos. Um exemplo é a galvanoplastia, um processo em que as peças passam por um banho eletrolítico para melhoria da sua resistência, nesse caso, o filtro prensa é utilizado para separar a água do lodo galvânico, formado por resíduos gerados no processo. Já nas siderúrgicas, segundo Renato Merne, Gerente Industrial e Especialista em Tecnologia Ambiental/Automação da Tecitec, fabricante de filtros prensa, eles “são empregados para filtrar a água utilizada nos

lavadores de gases dos fornos de fundição do ferro gusa, separando desta forma os sólidos existentes” (Dias, 2008).

Em suma, é notável a existência de inúmeros outros exemplos de aplicações dos filtros prensa em diferentes tipos de indústrias, de forma que a compreensão do seu funcionamento pelos estudantes de Engenharia Química é de grande importância.

1.3 Objetivo

O projeto terá como objetivo a montagem de um filtro prensa a partir de materiais acessíveis, tal como sua operação na filtração de um fluido contendo partículas indesejáveis.

2 MOTIVAÇÃO

Buscando aplicar os conhecimentos adquiridos na disciplina Operações Unitárias I, será construído um filtro prensa, através da reutilização de materiais, geralmente descartados. O projeto também tem motivação sustentável, visto que além de reutilizar material e evitar seu descarte no meio ambiente, o filtrado sairá mais limpo, para que ao ser descartado, não seja tão agressivo ao meio ambiente.

3 DESCRIÇÃO DO PROJETO

3.1 Materiais Utilizados

Tabela 3.1 – Materiais utilizados no projeto

Materiais	Custos (R\$)
Algodão	14,00 pacote
Bomba de ar para bicicleta	19,00 cada
Garrafa PET	-
Graxa	7,00 cada
Latas redondas	-
Mangueira	4,00 cada
Parafuso de rosca sem fim	2,00 metro
Placas de madeira	-
Porcas	8,00 pacote

3.2 Montagem

Primeiramente, foram realizados quatro furos nos cantos das placas de madeira, que é onde os parafusos seriam acoplados para unir o sistema. Em uma das placas de madeira, foi feito um furo central de $\frac{1}{4}$ in, para encaixe da mangueira de alimentação do filtro. Na montagem da membrana filtrante (latas preenchidas com algodão), foram feitos furos de $\frac{1}{4}$ in no centro de cada lata, por onde a solução a ser filtrada entraria no meio filtrante (algodão).

Foram conectadas as duas placas por meio dos parafusos de rosca sem fim, de modo a deixar um espaço para colocar as membranas filtrantes. As latas foram preenchidas com algodão e tampadas, empilhando e encaixando-as entre as duas placas de madeira, de modo que as membranas filtrantes ficassem prensadas entre as placas de madeira. Uma mangueira foi conectada ao furo central da placa de madeira, por onde seria feita a alimentação. Foi utilizada uma garrafa PET para colocar a solução a ser filtrada.

4 PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

4.1 Primeiro teste

No primeiro teste, a mangueira utilizada para conectar a garrafa PET e o filtro prensa, não permitia escoamento de toda a solução, por possuir em sua extremidade um conector que servia como filtro e não permitia a entrada das partículas da solução. Foi retirado o conector, porém a conexão entre a mangueira e a garrafa não estava totalmente vedada e não havia pressão suficiente para que a solução entrasse na mangueira e chegasse ao filtro. Neste teste pouca solução chegava ao filtro e saía apenas pela primeira membrana.

Figura 4.1 – Execução do primeiro teste

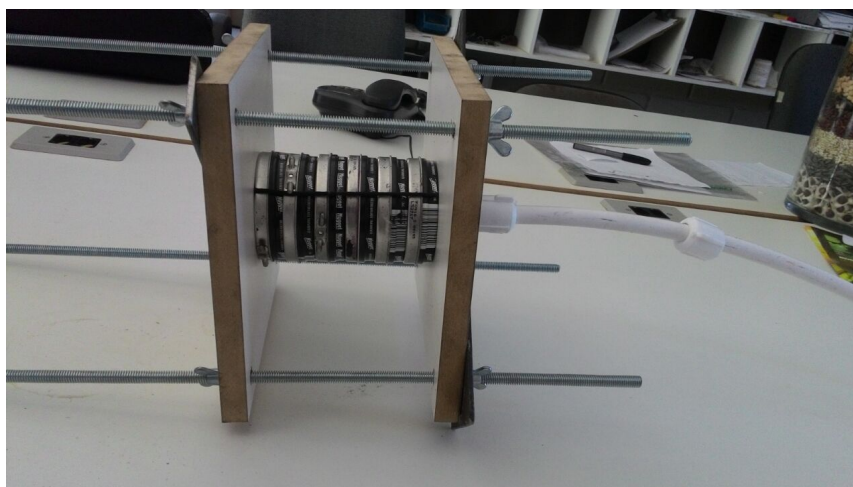


4.2 Segundo teste

Neste teste, utilizou-se outra garrafa, com intenção de promover mais pressão ao sistema através da compressão da mesma. A solução foi para o filtro

sem vazão constante, pressão suficiente, e ainda havia vazamento na entrada do filtro. O filtrado estava saindo em grande parte antes da primeira membrana (entre a placa de madeira e a primeira membrana filtrante) e também antes da madeira. Logo, a solução não estava passando nas membranas filtrantes e não estava sendo filtrada.

Figura 4.2 – Segundo teste executado



4.3 Terceiro teste

Foi trocada a mangueira do primeiro teste, por uma de maior diâmetro externo e menor diâmetro interno, promovendo melhor encaixe do bico da garrafa na mangueira, reduzindo as possibilidades de vazamento. Para resolver o problema do teste anterior, a tampa da primeira membrana filtrante foi colada a placa de madeira e vedada, junto à mangueira com silicone, de modo a vedar a saída de solução entre a placa e a primeira membrana. Feito o teste, a solução suja passou sair filtrada por todas as membranas, mas a pressão de saída da solução na garrafa PET ainda foi um problema. Nesse teste e nos anteriores, a solução a ser filtrada usada era água com terra.

Figura 4.3 – Execução do terceiro teste



4.4 Quarto teste

Para resolver o problema da pressão, o bico da garrafa foi acoplado de forma fixa à mangueira separadamente e depois conectado a garrafa, tornando o sistema fechado. Também foi feita uma extensão da mangueira para facilitar o manuseio da fonte de solução (garrafa contendo a alimentação). Dessa vez, o filtro funcionou de forma eficiente, o líquido filtrado estava limpo e saindo por todas as membranas filtrantes. A saída de solução impura pela garrafa PET estava com pressão satisfatória, devido à boa vedação do sistema. Nesse teste, a solução usada para ser filtrada foi água misturada com pó de café, fubá, trigo para quibe e canjiquinha. A escolha dessa solução foi para posterior observação das partículas retidas pelo algodão.

Figura 4.4 – Execução do quarto teste



4.5 Quinto teste

Ainda foi feito um último teste para variar-se a solução. A mistura de água, café e fubá passou pelo filtro mas não teve filtração tão efetiva quanto aquela que havia trigo e canjiquinha, já que são partículas maiores e não se dissolvem na água como café e fubá. Para isso, foi proposto que as partículas maiores se uniram na mangueira e formaram um meio filtrante, fazendo com que a solução entrasse já pré-filtrada no sistema.

5 RESULTADOS ESPERADOS

Por meio da confecção do filtro prensa espera-se primordialmente que a solução com substâncias não requeridas tenha propriedades mais satisfatórias, ou seja, que seja mais “limpa”. Em relação ao equipamento espera-se que à medida que a solução passe pelo o filtro, o elemento filtrante (nesse caso o algodão) conterà menos solutos/substâncias indesejáveis. Desse modo, o primeiro filtrante conterà grande quantidade de substâncias retidas enquanto que o último filtrante conterà uma quantidade irrelevante. Além disso, a saída da solução deverá estar desobstruída em todo o procedimento, para que a solução esteja de forma mais homogênea com as substâncias indesejáveis e que não ocorra o impedimento da passagem das mesmas. Ademais, o filtro não poderá modificar a identidade física ou química de tais substâncias

6 CONCLUSÃO

Com esse projeto foi possível alcançar o objetivo proposto, que foi a confecção de um protótipo de filtro prensa eficiente e que fizesse o reuso de materiais para evitar o seu descarte ao meio ambiente. Por meio desse protótipo pode-se concluir que há uma eficácia superior quando faz uso de uma solução com partículas indesejáveis de maior granulometria, uma vez que elas se tornam um meio filtrante. Além disso, teve-se dificuldade em manter a solução homogênea e com vazão constante, o que não foi possível de se obter com mérito nesse projeto. Ademais, esse protótipo é versátil, podendo regular a membrana filtrante, inserindo ou retirando latas preenchidas com algodão à medida do quanto se deseja obter a qualidade do filtrado. A solução por sua vez não pode conter partículas contaminantes, porque não há um processo que faça a purificação das mesmas.

REFERÊNCIAS

- 1 ISENMANN, A. F. **Operações Unitárias na Indústria Química**. 2. ed. Timóteo, MG: Tradução complementada. Edição do autor, 2012. 235 p.
- 2 CREMASCO, M. A. **Operações Unitárias em Sistemas Particulados e Fluidomecânicos**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2014.
- 3 MASSARANI, G. **Fluidodinâmica em sistemas particulados**. 2. ed. Rio de Janeiro, RJ: Blucher, 2001. 152 p.
- 4 RUBIM, C. **Vantagens dos filtros tipo prensa**. Santo André, São Paulo: Revista TAE, 2012. Disponível em: <<http://www.revistatae.com.br/internas.asp?id=4574&link=noticias>>.
- 5 NOVAZZI, L. F.; BERTEVELLO, L. C.; MARIN, M.; FONTANA, G. **Filtração é rica na indústria alimentícia e de bebidas**. São Paulo: Revista Meio Filtrante, 2008. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=432&link=ultima&fase=C>>.
- 6 DIAS, T. A **utilização dos filtros na indústria de metais**. São Paulo: Revista Meio Filtrante, 2008. Disponível em: <<http://www.meiofiltrante.com.br/edicoes.asp?id=388&link=ultima&fase=C>>.