



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

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 | 6 |
| 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 | Resultados Esperados | 15 |
| 5 | Cronograma | 17 |
| | REFERÊNCIAS | 19 |

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 o autor 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 uma abordagem microscópica, ao se considerar esses mecanismos, e macroscópica, ao se desconsiderar (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: gravitaiconal 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 a 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 a 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 |
|----------------------------|---------------|
| Algodão | |
| Bomba de ar para bicicleta | |
| Garrafa PET | - |
| Graxa | |
| Latas redondas | - |
| Mangueira | |
| Parafuso de rosca sem fim | |
| Placas de madeira | - |
| Porcas | |

3.2 Montagem

- Realizar quatro furos nas bordas das placas de madeira (30×30 cm), para que seja possível acoplar os quatro parafusos que irão unir o sistema;
- Em uma das placas de madeira realizar um furo central com aproximadamente $1/4$ in, que servirá como encaixe para a mangueira responsável pelo canal de alimentação do filtro;
- As membranas filtrantes serão formadas por latas preenchidas com algodão e vedadas com graxa, para que não ocorra nenhum tipo de vazamento. Um furo central deve ser realizado em cada membrana, para a passagem do fluido;
- Uma mangueira irá conectar o protótipo ao recipiente que armazenará o fluido, sendo que no centro deste canal de escoamento deverá ser conectado uma bomba de ar, que terá a função de pressurizar o sistema impedindo que o fluido tenha um escoamento reverso, que não é desejado.

Os testes serão realizados fazendo com que o fluido contaminado armazenado em um recipiente localizado em um nível acima do filtro tipo prensa (para que seja possível o escoamento por gravidade), escoe pelo filtro montado e que o fluido obtido deste processo seja um fluido descontaminado.

4 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

5 CRONOGRAMA

Tabela 5.1 – Cronograma planejado

| Atividades | Semanas | | | | | |
|--------------------------------------|---------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Revisão de literatura | X | X | X | | | |
| Preparação e separação dos materiais | X | X | | | | |
| Montagem do experimento | X | X | X | | | |
| Coleta de dados | | | X | X | X | |
| Apresentação do projeto | | | | | | X |

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>>.