

DIMENSIONAMENTO DE UM LEITO FIXO PECULIAR ATRAVÉS DE SOLUÇÃO NUMÉRICA

João Paulo Regliski Vieira ¹

Samuel Cremonini Barros ²

Leandro Blass ³

Resumo:

O objetivo deste trabalho é o de dimensionar uma coluna de recheio peculiar utilizada para ensino em matérias de engenharia química utilizando solução numérica. A ideia deste projeto surgiu devido ao fato de que em uma aula sobre operações unitárias, nenhum discente havia medido a altura do leito e desta maneira, outros parâmetros do sistema, como a porosidade não poderiam ser calculados.. Porém, uma solução, seria a utilização de método numérico, que iria aproximar a um valor quase real com uma boa precisão. Para tal, fez-se testes para determinar qual era o melhor método numérico dentre os apresentados. As iterações foram feitas no software livre scilab e os resultado obtidos obtiveram uma precisão de 10^{-5} , mostrando a relevância estatística do resultado. Esse trabalho aliou o conhecimento adquirido em matérias específicas da engenharia química utilizando ferramentas baseadas no cálculo numérico. Outras aplicações por exemplo são de dimensionar equipamentos para empresas de pequeno porte (que utilizam apenas um particulado e a granel, como arroz, soja e milho).

Palavras-chave: porosidade, coluna recheada, método numérico, scilab

Modalidade de Participação: Iniciação Científica

DIMENSIONAMENTO DE UM LEITO FIXO PECULIAR ATRAVÉS DE SOLUÇÃO NUMÉRICA

¹ Aluno de graduação. joaorv02@gmail.com. Autor principal

² Discente. Scremoninibarrosgmail.com. Co-autor

³ Docente. leandroblasseunipampa.edu.br. Orientador

DIMENSIONAMENTO DE UM LEITO FIXO PECULIAR ATRAVÉS DE SOLUÇÃO NUMÉRICA

1 INTRODUÇÃO

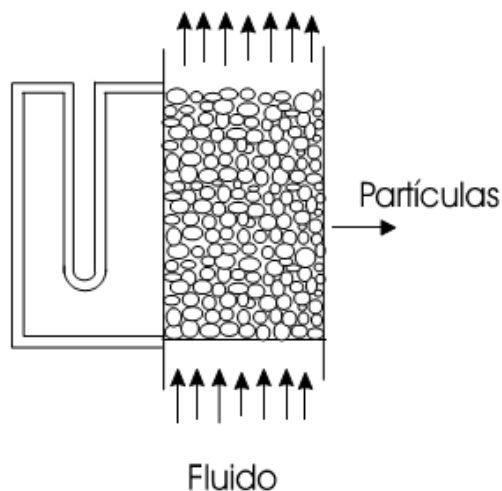
O leito de partículas (leito fixo) é utilizado no escoamento de fluidos. Em muitas operações industriais a fase fluida escoar através de uma fase sólida particulada (fase sólida estacionária). As também chamadas colunas empacotadas são usadas para reações com catalisadores, adsorção de um soluto, absorção, leito de filtração, dentre outros (FOUST, 1982).

Um leito fixo tem como objetivo, principalmente, promover o contato íntimo entre as fases envolvidas no processo, sendo elas: fase fluida gasosa e/ou líquida com a fase estacionária/partículas ou entre diferentes fases fluidas. Em um leito fixo o fluido passa através de um leito de partículas, em baixas velocidades, apenas passando através dos espaços vazios existentes entre as partículas estacionárias (GOMIDE, 1980).

O material de empacotamento pode ser: esferas, partículas irregulares, cilindros, diversos tipos de materiais disponíveis para comercialização.

Algumas aplicações de Leitos Fixos de Partículas são os processos de adsorção de gases, colunas de destilação com recheio, extrações líquido-líquidos, leitos de reação catalítica e filtros de resinas de troca iônica.

Figura 1- Desenho esquemático do funcionamento de um leito fixo.



Fonte: do autor, 2018.

Com a equação de Ergun, é possível determinar algumas características desse leito, como a porosidade e a perda de carga, mostrado na equação (1) (Massarani, 2002).

$$\frac{\Delta P}{h} = \frac{150(1-\varepsilon)^2 \mu q}{\varepsilon^3 D_p^2} + \frac{1,75(1-\varepsilon)^2 \rho q^2}{\varepsilon^3 D_p} \quad (1)$$

Em uma prática de laboratório sobre meios porosos no laboratório 2107 da Unipampa Campus Bagé buscou-se experimentalmente calcular a porosidade do leito (ε) a partir da equação de Ergun, (a porosidade representa a fração de vazios que existe no mesmo, tendo valores geralmente na faixa de 0.35 a 0.75). Todavia, para tal precisaria da altura do leito, que não foi medida naquela ocasião. Logo, o objetivo daquele experimento não foi possível

naquele momento, pois a porosidade depende da altura do leito, como mostrado na equação (2).

$$\varepsilon = \frac{4m_s}{\rho_s \pi D_p^2 h} \quad (2)$$

Porém, sabendo que a altura do leito é função da porosidade, era possível estimar a altura desse leito e posteriormente a porosidade por método numérico. Esse trabalho tem como objetivo calcular a porosidade desse leito (laboratório) que não foi possível outrora. E também, no momento que acontecia o trabalho, surgiu uma grande aplicação, que seria o dimensionamento de colunas de recheio (leitos) para empresas de pequeno porte que trabalham geralmente com um particulado, como por exemplo, arroz, milho, soja. Porque sabendo as propriedades dessa partícula, daria para estimar uma altura necessária a ser projetada para essa operação unitária.

2 METODOLOGIA

O sistema dessa problemática é um leito fixo tendo como particulado o pedregulho grosso. Esse leito se encontra no laboratório 2107 da Universidade Federal do Pampa – Campus Bagé.

Figura 2 - Módulo de leito fixo no qual foi obtido a altura do mesmo por solução numérica.



Fonte: do autor, 2018.

Os métodos numéricos foram desenvolvidos no software Scilab, que é uma ferramenta computacional de fácil implementação além de ser um software livre (Amaral, 2013).

Em relação aos métodos numéricos, foram utilizados os métodos da bisseção, secante e Newton, para poder compará-los e concluir qual seria o melhor método numérico dentre esses três citados acima que descreveria esse sistema.

O método da bisseção é um método que usa da média das iterações. Trata-se de um método simples e robusto, relativamente lento quando comparado a métodos como o método de Newton ou o método da secante. Por este motivo, ele é usado frequentemente para obter uma primeira aproximação de uma solução, a qual é então utilizada como ponto inicial para métodos que convergem mais rapidamente.

Podemos recomençar com um novo intervalo e melhorar a aproximação da raiz, como mostrado na equação (3).

$$x_{k+1} = \frac{a_k + b_k}{2} \quad k = 0, 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

O método de Newton usa da prática de traçar retas tangentes tendo como objetivo o de encontrar as raízes de uma equação não linear. Sua equação esta representada pela equação (4). É um método que converge rapidamente e geralmente é o mais utilizado, porém, como precisa da derivada da função, em ocasiões onde a função é complicada, torna-se um método não muito requerido.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)}{f'(x_n)} \quad k = 0, 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

O método das secantes utiliza das retas secantes para aproximar cada vez melhor a raiz da equação não linear. Ela requer dois valores iniciais, x_0 e x_1 , que devem ser preferencialmente escolhidos próximos da raiz como mostrado na equação (5). Esse método converge geralmente mais rapidamente que o da bisseção e demora mais que o de Newton.

$$x_{n+1} = x_n - \frac{f(x_n)(x_n - x_{n-1})}{f(x_n) - f(x_{n-1})} \quad k = 1, 2, \dots, n \quad (5)$$

Foi utilizado o Scilab para fazer os programas numéricos, o VCN para estimar a altura aproximada do leito (raiz), e também para o método de Newton foi necessário calcular a derivada da função no software Wolfram Alpha porque não havia o comando específico no Scilab (o mesmo possuía o comando que retorna a derivada no ponto da equação, mas o que se buscava era apenas a derivada da equação).

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Foram implementados um código para cada método, as estimativas iniciais satisfazem Bolzano, utilizou-se o VCN para encontrar a raiz como forma de verificação e estratégia de se estabelecer uma boa estimativa inicial. A Figura 4 representa o código desenvolvido em Scilab para o método da bisseção:

Figura 4 - Código para encontrar a altura do leito pelo método da bisseção no Scilab.

```

1 function [y]=f(h,e,g,j)
2     e=0.2136 //massa do solido no equipamento
3     q=3.77e-3 //velocidade do particulado (m/s)
4     d=2.57e-3 //diâmetro do particulado (m)
5     dl=0.075 //diâmetro do leito (m)
6     mi=9.61e-4 //viscosidade dinamica do fluido (no caso a água)
7     ro=997.17 //densidade do fluido (água a 22°C)
8     deltap=231.937 //queda de pressão do leito (Pa)
9     g=1.75*ro*(q^2)/d; j=150*mi*q/(d^2)
10    y=j*((1-(e/h))^2)/((e/h)^3) + (g*(1-(e/h))/((1-(e/h))^3)) - (231.94/h) //equação de ergun
11 endfunction
12 a = 0.5; b = 0.6
13 if (f(a)*f(b))>0 then disp(f(a)*f(b), " digite outro valor para a ou b")
14 else
15     disp(f(a)*f(b), " satisfaz bolzano f(a)*f(b)= ")
16 end
17 tol = 1e-5; c = 0.5*( a + b ); k=0;
18 while (abs(a - b)> tol)
19     if (f(a)*f(c))< 0 then b = c;
20     else a = c;
21 end
22 c = 0.5*( a + b ); disp(c); printf ( " n° da iteracao = %i ", k ); k=k+1;
23 end

```

Fonte: do autor, 2018.

A Figura 5 representa o código desenvolvido em Scilab para o método de Newton.

Figura 5 - Código para encontrar a altura do leito pelo método de Newton no Scilab.

```

1 function [y]=f(h,e,g,j)
2     e=0.2136 //massado sólido no equipamento
3     q=3.77e-3 //velocidade do particulado (m/s)
4     d=2.57e-3 //diâmetro do particulado (m)
5     dl=0.075 //diâmetro do leito (m)
6     mi=9.61e-4 //viscosidade dinamica do fluido (no caso a água)
7     ro=997.17 //densidade do fluido (água a 22°C)
8     deltap=231.937 //queda de pressão do leito obtido da curva de fluidização (Pa)
9     g=1.75*ro*(q^2)/d
10    j=150*mi*q/(d^2)
11    y=j*((1-(e/h))^2)/((e/h)^3) + (g*(1-(e/h))/((1-(e/h))^3)) - (231.94/h) //equação de ergun
12 endfunction
13 function y=derivada(h) //derivada da função y em função de h
14    y=(1/((h-0.2136)^3)*h^2)*(2970.81*h^7 - 2749.78*h^6 + 9993.981*h^5 - 173.712*h^4 +
15    211.22*h^3 - 149.067*h^2 + 31.7468*h - 2.26037)
16 endfunction
17 tol=1e-5; h=0.55 //chute inicial
18 e=(abs(h-h1))
19 while e>=tol //Critério da parada
20     h1=(h-(f(h)/derivada(h))); e=(abs(h-h1)); h=h1; disp(h,"valor da iteração=")
21     else disp(e,"valor do erro até a última iteração=")
22 end

```

Fonte: do autor, 2018.

A Figura 6 representa o código desenvolvido em Scilab para o método da secante.

Figura 6 - Código para encontrar a altura do leito pelo método da secante no Scilab.

```

1 function [y]=f(h,e,g,j)
2     e=0.2136 //massado sólido no equipamento
3     q=3.77e-3 //velocidade do particulado (m/s)
4     d=2.57e-3 //diâmetro do particulado (m)
5     dl=0.075 //diâmetro do leito (m)
6     mi=9.61e-4 //viscosidade dinamica do fluido (no caso a água)
7     ro=997.17 //densidade do fluido (água a 22°C)
8     deltap=231.937 //queda de pressão do leito obtido da curva de fluidização (Pa)
9     g=1.75*ro*(q^2)/d; j=150*mi*q/(d^2)
10    y=j*((1-(e/h))^2)/((e/h)^3) + (g*(1-(e/h))/((1-(e/h))^3)) - (231.94/h) //equação de ergun
11 endfunction
12 tol=1e-5; h=0.5 //chute inicial
13 h1=0.6 //chute inicial
14 e=(abs(h-h1))
15 while e>=tol //Critério da parada
16     h2=h1 - (f(h1)*(h1-h))/(f(h1)-f(h)); e=(abs(h-h1)); h=h1; h1=h2
17     disp(h1,"valor da iteração=")
18     else
19     disp(e,"valor do erro até a última iteração=")
20 end

```

Fonte: do autor, 2018.

E, com a altura do leito, foi possível calcular a porosidade do mesmo (o que se buscava no experimento de meios porosos e não tinha sido possível naquele momento).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi possível dimensionar a altura do leito fixo do laboratório da universidade sem os dados da porosidade com o auxílio de métodos numéricos como o da bisseção, de Newton e da secante, chegando a um valor de altura de 0.5214216m com uma precisão de 10^{-5} . E com essa altura, foi possível determinar a porosidade desse leito naquele experimento, obtendo um valor de 0.5904513, que é um valor dentro da faixa da porosidade, que é uma razão do volume de vazios pelo volume total e geralmente é obtida para leitos dentro da faixa de 0.35 a 0.75. Dentre esses métodos, foi verificado que o método que convergiu de forma mais eficiente foi o da secante, pois precisou de menos iterações. Vale salientar que esperávamos que fosse o método de Newton, porém isso possivelmente se deve ao fato da equação ser muito complicada podendo, por causa da derivada (necessária para o método de Newton), gerar mais iterações.

Esse trabalho foi importante porque foi possível atingir um objetivo tendo como auxílio ferramentas numéricas que nos proporcionou o conhecimento de cálculo numérico partindo dos fundamentos das aulas teóricas, sendo aplicado na prática com o desenvolvimento dos códigos para a resolução do problema proposto nas aulas de cálculo numérico.

Em relação à construção dos códigos, vale salientar que deveria ser dado mais espaço para a linguagem de programação nas áreas de engenharia dos cursos da UNIPAMPA, pois a mesma é muito importante na resolução de problemas físicos que descrevem a natureza e proporciona um melhor entendimento do estudo de caso.

REFERÊNCIAS

AMARAL, T. et.al (2013). **“O ensino de cálculo numérico utilizando o scilab”** – VI Congresso Internacional de Ensino da Matemática – Canoas, RS.

FOUST, A. S. et.al. (1982). **“Princípios das Operações Unitárias”** – Ed LTC, Rio de Janeiro – RJ, 2ª edição.

GOMIDE, R. (1980). **“Operações Unitárias”**, vol. 3 – Ed do Autor, São Paulo.

MASSARANI, G. **“Fluidodinâmica em Sistemas Particulados”**, 2ª edição e-papers, Rio de Janeiro, 2002.