

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA PERDA DE CARGA EM UM LEITO FIXO DE SÍLICA GEL

Joselma Araújo de Amorim, joselmaaraujo@yahoo.com.br¹
Cicero Herbert Teixeira Andrade, eng_herbert@yahoo.com.br¹
Herbert Melo Vieira, herbert_melo@yahoo.com.br¹
Marcio Gomes da Silva, mgcefet@gmail.com²
José Mauricio Gurgel, jm.gurgel@uol.com.br¹

¹Universidade Federal da Paraíba, LES, DEM, Brasil.

²Centro Federal Tecnológico da Paraíba, CEFET-PB, Paraíba, Brasil.

Resumo: A adsorção é um fenômeno de superfície no qual um soluto é removido de uma fase fluida e acumulado na superfície de uma fase sólida. Este fenômeno é bastante encontrado em processos adsorptivos, nos quais, são realizados em leitos adsorptivos, podendo ser utilizado em várias aplicações industriais, tais como: utilização na indústria alimentícia e farmacêutica, buscando evitar a absorção da umidade do ar nesses produtos, como também, na separação de produtos químicos e gases. No caso dos processos de desumidificação, o adsorvente mais usado é a sílica gel (SiO_2), devido ao seu alto desempenho na remoção do vapor d'água presente no ar úmido. Essa alta capacidade de adsorção é devido a sua estrutura microporosa que possui uma grande área superficial. Em muitos trabalhos a perda de carga em leitos adsorptivos é desconsiderada. Devido a isto, este artigo tem o objetivo de investigar o efeito da perda de carga no leito adsorptivo de sílica gel.

Palavras-chave: Adsorção, Perda de carga e Leito fixo

1. INTRODUÇÃO

O estudo do escoamento de fluidos em leito fixo adsorptivo é bastante importante devido a varias aplicações industrial, tais como: nos processos de desumidificação do ar utilizado nas indústrias farmacêuticas e alimentícias, na indústria química, através da separação de gases e em processos de secagem. O dessecante mais utilizado industrialmente em processos de desumidificação é a sílica gel, devido a sua grande capacidade de retenção de água, que é de aproximadamente 40% do seu peso, como também, na utilização de temperaturas de regeneração mais baixas, em torno de 150 °C, quando comparado com a temperatura de regeneração da zeólita, que é de aproximadamente 350 °C (Yang, 2003).

Do ponto de vista industrial, o estudo da perda de carga é um fator importante no escoamento de fluidos em leitos fixos adsorptivos, e devem ser levado em consideração no projeto e operação de equipamentos industriais.

Na literatura, podemos encontrar diversos estudos com escoamento de fluidos através de leito fixo adsorptivo, os quais, na grande maioria das vezes não consideram a perda de carga no leito, o que é um erro, pois segundo Carvalho (2005), o estudo da perda de carga é muito importante, pois quando ocorre de forma excessiva provoca um alto custo no bombeamento do fluido, podendo prejudicar a eficiência dos processos de transferência de calor e massa e a inviabilidade econômica do processo. De acordo com Chahbani e Tondeur (2001), os primeiros estudos relacionados com perda de carga foram realizados por Zwiebel (1969) e Zwiebel e Schnitzer (1973), os quais foram limitados a misturas diluídas, onde foi possível desconsiderar o efeito da velocidade de adsorção, permitindo adquirir expressões analíticas para a perda de carga e velocidade, verificando um adiantamento da frente de concentração quando era considerada a perda de carga. Kikkiniades and Yang (1993) estudaram o efeito da perda de carga em leitos adsorptivos, e através dos resultados numérico e experimental observaram também um adiantamento nas curvas de concentração, quando considerou a perda de carga no leito. Lu et al (1992) estudaram o influência da concentração no interior da partícula com a regeneração de gases em leitos fixos preenchido com adsorventes de “poros grandes”.

Devido a estes estudos, é de suma importância estudar a perda de carga em leitos fixos adsorptivos, quando submetidos à certa condição de escoamento.

Este trabalho tem como objetivo investigar o efeito da perda de carga em um leito fixo adsorptivo preenchido com sílica gel.

1.1. – Equação de Ergun

Na literatura é possível encontrar diferentes correlações para prever a perda de carga em leitos fixos, existindo correlações diferentes para determinadas condições de escoamento e tipos de recheios. A perda de carga é influenciada por parâmetros como: velocidade do fluido, tamanho da partícula do adsorvente e dimensões do leito. Dentre as várias equações propostas para representar a perda de carga no leito adsorvente, uma das mais utilizadas devido à sua confiabilidade, para estimar a perda de carga em meios granulares, é a Equação de Ergun citada por Ruthven (1984). O autor propôs uma correlação a partir dos dados experimentais submetidos ao escoamento em leito fixo com partículas esféricas e não esféricas. De modo que a correlação utilizada para um fluido compressível (gás ideal) é expressa por ele da seguinte forma:

$$\Delta P = \rho_f (\varepsilon u)^2 \left(\frac{L}{2R_p} \right) f \quad (1)$$

Onde: ΔP refere-se a perda de carga na coluna e f é o fator de atrito de fricção.

$$f = \left(\frac{1 - \varepsilon}{\varepsilon^3} \right) \left[\frac{150(1 - \varepsilon)}{Re} \right] + 1,75 \quad (2)$$

Segundo Kabeel (2009), leitos fixos granulares causam uma alta perda de pressão resultando numa grande turbulência no fluxo do fluido. Esta perda de carga depende principalmente do comprimento do leito, como também do tamanho das partículas, da viscosidade, da velocidade do fluxo.

2. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O equipamento utilizado na determinação da perda de carga foi montado no Laboratório de Energia Solar (LES). O fluido utilizado no escoamento foi o ar atmosférico. Esse fluido foi comprimido através de um compressor radial (1) do tipo CRO-300 com potência de 0,5 CV, escoando por um medidor de vazão (2) da marca Alicat Scientific, modelo M-100SPM-D/10M, seguindo então para o leito fixo adsorvente (3), cujo diâmetro é de 0,020 m (D) e 1m de comprimento (L), preenchido com sílica gel esférica de 4 mm de diâmetro (d_p), no qual foi acoplado um manômetro digital (4) da marca Instrutherm, modelo MPD – 79, para determinar a perda de carga no leito adsorvente, como esta sendo mostrado na Figura 2.1.

Desse modo, determinou-se a perda de carga para cada valor de vazão obtido, como também, verificou-se o comportamento da temperatura com o aumento da perda de carga na coluna e comparou-se a correlação empírica de Ergun com os valores da perda de carga no leito adsorvente obtidos experimentalmente.

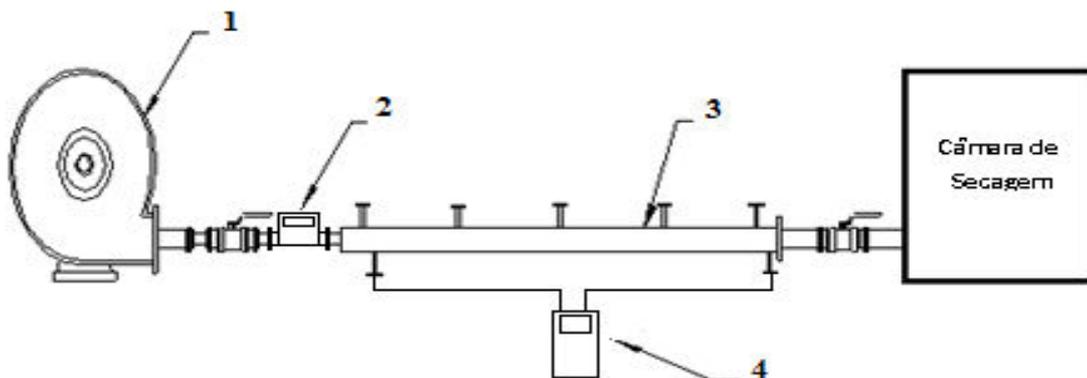


Figura 2.1: Detalhamento da montagem experimental

3. RESULTADOS

A partir dos dados experimentais obtidos em laboratório foram geradas curvas de perda de carga (ΔP) em função da vazão do fluido (Q). Na tabela 3.1, são mostrados os valores de alguns parâmetros necessários para a obtenção da perda de carga na equação de Ergun.

Tabela 3.1. Propriedades e dados experimentais para a Equação de Ergun:

Parâmetros	Valores	Símbolos
Adsorvente	Sílica Gel Azul	-
Adsorbato	Vapor d'água presente no ar	-
Comprimento do leito fixo	1 m	L
Diâmetro do leito fixo	0,02m	R
Porosidade	0,4	ϵ

A Figura 3.1 mostra a perda de carga obtida experimentalmente e de forma empírica calculada através da equação de Ergun em função da vazão. Pode-se observar uma boa aproximação nas quatro primeiras medidas da perda de carga, quando comparados com os dados experimentais e os dados fornecidos pela equação de Ergun, não ocorrendo o mesmo para as duas últimas. Essas diferenças podem ser atribuídas a vários fatores que podem ter ocorrido durante o experimento, um deles é o aquecimento do compressor radial, modificando as condições do fluido no final do processo.

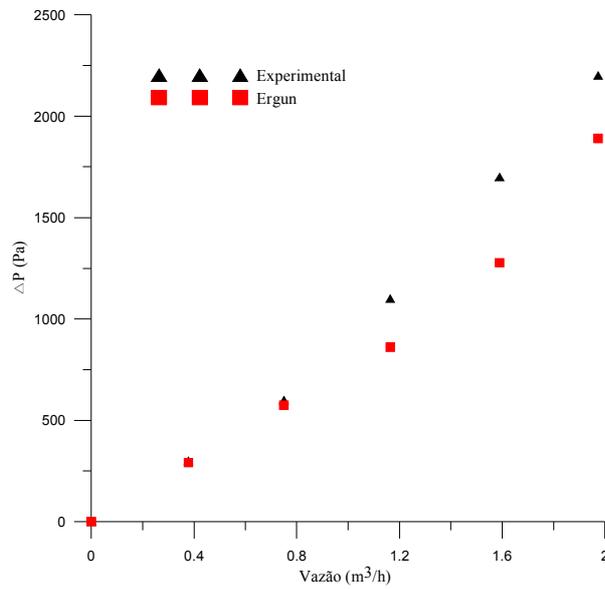


Figura 3.1: Comparação entre a perda de carga experimentalmente e a calculada através da equação de Ergun.

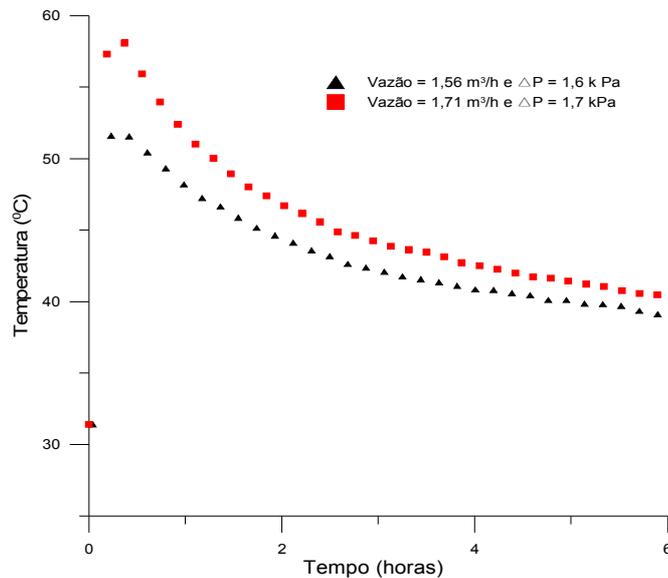


Figura 3.2: Valores experimentais da temperatura em função do tempo para dois valores de vazões.

A Figura 3.2, mostra o comportamento da temperatura do fluido com o aumento da perda de carga. Onde observou-se um aumento da temperatura do fluido muito rápido no início do processo, para ambas as perdas de carga. Esse aumento é consequência do fenômeno de adsorção que provoca uma geração de calor no interior dos grãos, o qual é arrastado pelo ar. À medida que os grãos vão se aproximando do seu estado de saturação, o calor gerado no processo diminui. Em determinado momento, o calor gerado se iguala ao calor dissipado por convecção e o ar atinge picos de temperaturas diferentes para cada perda de carga. Após certo tempo, os grãos se resfriam até a temperatura fornecida pelo ventilador, atingindo a saturação do leito adsorptivo. É possível observar também, que com o aumento da vazão e da perda de carga, ocorre um aumento de 27 °C na temperatura de pico e por consequência, uma demora no resfriamento da coluna.

4. CONCLUSÃO

No presente trabalho, foi realizado um estudo experimental da perda de carga em leito adsorptivo. Desse modo, pôde-se concluir que houve uma boa aproximação dos valores de perda de carga obtidos experimentalmente, com os obtidos analiticamente pela equação de Ergun para as quatro primeiras vazões. Como também, um aumento de 27 °C na temperatura de pico com o aumento da perda de carga.

5. REFERÊNCIAS

- Chahbani, M. H. and Tondeur, D., (2001), "Pressure drop in fixed-bed adsorbers", Chemical Engineering Journal, Vol. 81, pp. 23-34.
- Lu, Z. and Loureiro, J. M., Le Van, M. D., (1992), "Effect of intraparticle forced convection on gas desorption from fixed beds containing 'Large-pore' adsorbents, Ind. Eng. Chem. Es. 31, 1530-1540.
- Kikkinides, E. S., R. T. Yang, 1993, "Effects of bed pressure drop on isothermal and adiabatic adsorber dynamics, Chem. Eng. Sci. 48 (9), 1545-1555.
- Kabeel, A. E., (2009), "Adsorption-desorption operations of multilayer desiccant packed bed for dehumidification applications", Renewable Energy, 34, 255-265.
- Ruthven, D. M. ; "Principles of Adsorption Processes". Wiley Interscience, New York, 1984.
- Yang, R. T., 2003, "Adsorbents: Fundamentals and Applications, Wiley & Sons, New Jersey.
- Zwiebel, I. and Schniter, J.J., AIChE Symp. Ser. 69 (134) (1973) 18-24.
- Zwiebel, I. , Fixed bed adsorption with variable gas velocity due to pressure drop, Ind. Eng. Chem. Fundam. 8 (1969) 803 – 807.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF PRESSURE DROP IN FIXED BED OF SÍLICA GEL

Joselma Araújo de Amorim, joselmaaraujo@yahoo.com.br¹
Cicero Herbert Teixeira Andrade, eng_herbert@yahoo.com.br¹
Herbert Melo Vieira, herbert_melo@yahoo.com.br¹
Marcio Gomes da Silva, mgcefet@gmail.com²
José Mauricio Gurgel, jm.gurgel@uol.com.br¹

¹Federal University of Paraíba - UFPB, Solar Energy Laboratory - University Campus I, João Pessoa - PB

²Federal Office for Education, Science and Technology of Paraíba - IFPB, João Pessoa - PB

Abstract: Adsorption is a surface phenomenon in which a solute is removed from a fluid phase and accumulated on the surface of a solid phase. This phenomenon is very much found in adsorption processes, in which are made of adsorption beds, which can be used in various industrial applications such as: use in food and pharmaceutical industries, seeking to prevent the absorption of moisture from the air in these products, but also the separation of chemicals and gases. In the case of dehumidification process, the most commonly used adsorbent is silica gel (SiO₂), due to its high performance in the removal of water vapor present in moist air. This high adsorption capacity is due to its microporous structure that has a large surface area. In many studies the loss in adsorption beds is negligible. Because of this, this article aims to investigate the effect of pressure drop in the bed sorption of silica gel.

Keywords: Adsorption , Pressure drop and fixed bed.