

ANÁLISE DA DIFUSÃO RADIAL DE UM TRAÇADOR EM UM REATOR DE LEITO FLUIDIZADO UTILIZANDO MÉTODOS NUMÉRICOS E ANALÍTICOS

Bianca Magalhães Malucelli
biancamagalhaesmalucelli@gmail.com

Igor Fernando Miranda
Igorfernandomiranda445@gmail.com

Luiza Helena dos Santos Bach
luizabach@hotmail.com

Miguel Rodrigues Pereira
migrodper@gmail.com

Introdução. O leito fluidizado é amplamente utilizado em processos industriais devido às suas propriedades fluidas e à capacidade de promover mistura intensa, eficiente transferência de calor e alta taxa de transferência de massa. Em um leito fluidizado, partículas sólidas suspensas em um fluxo ascendente de gás ou líquido assumem comportamentos fluidos. A eficiência da transferência de massa nesses sistemas é essencial para alcançar homogeneidade e otimizar reações. Neste contexto, este estudo visa analisar o perfil de concentração radial de um traçador em um reator de leito fluidizado, utilizando métodos numéricos e analíticos, para entender o comportamento da difusão radial unidimensional.

Metodologia. O experimento simula um reator de leito fluidizado em que partículas de traçador são injetadas centralmente para avaliar a dispersão radial sem convecção. Adotou-se um modelo unidimensional e transiente, com dispersão radial e em ausência de convecção, em um leito fluidizado cilíndrico de raio fixo. O traçador é considerado inerte ao meio, e a concentração inicial é fixa no tubo de injeção, espalhando-se com o tempo até atingir o equilíbrio nas paredes do reator. A modelagem matemática do sistema se baseia na equação de continuidade e na segunda lei de Fick, gerando uma equação diferencial parcial. Para resolver essa equação, aplicou-se o método implícito de Crank-Nicolson para a solução numérica, enquanto a solução analítica foi obtida por uma função de Bessel de primeira ordem. A simulação foi implementada em Scilab para calcular o perfil de concentração do traçador ao longo do raio do reator, observando o comportamento em função de variações no coeficiente de difusão.

Resultados e Discussões. Os resultados demonstraram que o traçador, ao ser injetado, apresenta a maior concentração inicial no tubo de injeção e gradualmente se dissipa radialmente até atingir a parede do reator atingindo a concentração $0,005 \text{ g/m}^3$ do traçador na condição de estado estacionário. No leito fluidizado, a energia cinética do fluido proporciona alta mistura, facilitando a redução da camada limite e promovendo uma difusão mais eficiente. A alta movimentação das partículas sólidas em suspensão também colabora para uma distribuição uniforme das concentrações ao longo do leito,



maximizando a transferência de massa e a eficiência da difusão. Ambos os métodos, numérico e analítico, indicaram uma tendência de estabilização do sistema em regime estacionário, em que a concentração do traçador se distribui de maneira uniforme. Observou-se que o coeficiente de difusão exerce grande influência na taxa de dispersão radial do traçador; valores maiores de difusão aumentam a velocidade de equilíbrio do sistema, promovendo uma distribuição mais homogênea em menor tempo. Quando o coeficiente de difusão é reduzido, a dispersão ocorre de forma mais lenta, resultando em gradientes de concentração mais acentuados e uma dispersão menos uniforme. O método analítico apresentou aproximação mais rápida ao regime estacionário em comparação ao numérico, refletindo uma leve diferença nas concentrações iniciais de cada abordagem.

Conclusão. Os resultados indicam que as concentrações do traçador convergem ao regime estacionário, onde se atinge a homogeneidade radial. A análise comparativa dos métodos numérico e analítico revelou que pequenas alterações no coeficiente de difusão podem provocar gradientes de concentração mais ou menos intensos, dependendo da sua magnitude. O reator de leito fluidizado, ao oferecer alta área superficial e intensa mistura devido à suspensão das partículas, demonstra um comportamento de difusão eficaz. Esses fatores tornam o leito fluidizado ideal para aplicações que exigem alta transferência de massa e distribuição uniforme de concentrações.

Palavras-Chave. Leito fluidizado; difusão radial; métodos numéricos; reator; transferência de massa.

Referências.

ARFKEN, G.B.; WEBER, H.J.; HARRIS, F.E. **Física matemática: Métodos Matemáticos para Engenharia e Física.** GEN LTC. 2^a Ed. 2017

BARBOSA,M. **Rreator de leito fluidizado: Revisão de literatura e dimensionamento de reator aplicado em contexto industrial no tratamento do glicerol.** UFSCar. Centro de Ciências da Natureza. SP. 2022.

CENGEL, Yunus A. **Heat Transfer.** 3^a Ed. Editora McGraw-Hill Science, Engineering & Mathematics, 2002.

LEVENSPIEL, O.; KUNII, D. **Fluidization Engineering.** 2^a Ed. Editora Butterworth—Heinemann. Boston, 1991.

SANTOS,I.J. **Modelagem e simulação de um reator de leito fluidizado trifásico por meio de uma abordagem variacional.** Unicamp. Faculdade de Engenharia Química. SP. 2002.

WELTY, J.R.; RORRER, G.L.; FOSTER, D.G. **Fundamentos de transferência de momento, de calor e de massa.** GEN LTC. 6^a Ed. RJ. 2017 .

