

## 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. 2ª Ed. 2017

BARBOSA, M. **Reator 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.** 3ª Ed. Editora McGraw-Hill Science, Engineering & Mathematics, 2002.

LEVENSPIEL, O.; KUNII, D. **Fluidization Engineering.** 2ª 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. 6ª Ed. RJ. 2017.

