

08 a 11 de Outubro de 2018
Instituto Federal Fluminense
Búzios - RJ

DETERMINAÇÃO DA CONVERSÃO NÃO IDEAL ATRAVÉS DO MODELO DE SEGREGAÇÃO PARA O REATOR TUBULAR (PFR)

Mariana Oliveira Marques¹ – marianamarques809@yahoo.com.br

Thalles de Assis Cardoso Gonçalves – thalles.ifnmg@gmail.com

Mayara Mendes Costa¹ – mayaramendescosta19@gmail.com

Hugo Lopes Ferreira¹ – hugolopesferreiras2@gmail.com

Robson Antônio de Vasconcelos¹ – robson.vasconcelos@ifnmg.edu.br

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais *Campus* Montes Claros – Montes Claros, MG, Brasil

Resumo. Os reatores são equipamentos de extrema importância nas indústrias químicas. Uma vez que os reatores são os principais responsáveis para a obtenção de um novo produto. E conhecer a não idealidade de um reator é de extrema importância, pois estes podem interferir significativamente na conversão de uma reação. O presente trabalho analisa a não idealidade de reatores tubulares através das conversões não ideais. Através da distribuição do tempo de residência, o modelo de segregação foi utilizado para prever a conversão não ideal para diferentes volumes do reator tubular.

Palavras-chave: Reator tubular, Distribuição do Tempo de Residência, Segregação.

1. INTRODUÇÃO

A finalidade do reator em uma unidade industrial é possibilitar a reação entre os reagentes para a obtenção do produto desejado, e o mesmo é projetado visando atender a capacidade de produção, e uma boa eficiência de conversão da reação (FARIAS, 2012).

O reator tubular (PFR) consiste em um tubo cilíndrico e é normalmente operado em estado estacionário. Segundo Fogler (2009), na modelagem do reator tubular, supõe que a concentração varie continuamente na direção axial do reator.

E para entender o comportamento das moléculas dentro do reator, é possível prever de acordo com o estudo da distribuição do tempo de residência.

Uma vez que a modelagem é uma ferramenta bastante utilizada na Engenharia Química, devido à possibilidade que oferece em prever condições operacionais, sem interferir no sistema operante. Uma vez que a representação dos processos através de equações matemáticas é conhecida como modelagem de processo.

Tendo em vista a importância da modelagem nos reatores químicos, este trabalho estuda o modelo da função da distribuição do tempo de residência e a conversão não ideal pelo modelo de segregação, para o reator PFR do módulo didático do laboratório de Cinética e Cálculo de Reatores, do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG) Campus Montes Claros.

2. REFERENCIAL

No reator PFR, os reagentes são continuamente consumidos à medida que eles escoam ao longo do reator. Uma vez que o reator tubular com área de seção transversal constante e variável, o escoamento depende apenas de seu volume total.

E o volume, V , do reator poder ser determinado pela equação 01, que é necessário para reduzir a vazão molar de entrada, F_{A0} , para algum valor específico de uma vazão, F_{A1} , e $-r_A$ é a velocidade de reação.

$$V = \int_{F_{A1}}^{F_{A0}} \frac{dF_A}{-r_A} \quad (01)$$

E para obter a conversão X , especificada do reator PFR, pode ser utilizado a Equação 02.

$$V = F_{A0} \int_0^X \frac{dX}{-r_A} \quad (02)$$

Como nem sempre fluido escoar uniformemente ao longo dos reatores, ou seja, não tem comportamento ideal. Estuda-se a não idealidade o fluido ao longo do reator através da Distribuição de Tempo de Residência.

2.1 Distribuições de tempos de residência

No reator tubular, pode haver caminhos preferenciais no decorrer do mesmo. Devido os caminhos preferenciais, as moléculas que percorrem a direção axial permanecem menos tempo no reator do que aquelas que escoam nas regiões de alta resistência ao escoamento. Segundo Fogler (2009), em um reator de escoamento empistonado, todos os átomos do material que deixam o reator têm permanecido em seu interior exatamente o mesmo tempo.

Para o estudo da DTR, podem ser utilizados alguns métodos de aplicação, dentre eles o método de perturbação na forma de um sistema de um pulso ou um degrau. Segundo Fogler (2009), o método degrau geralmente é mais fácil de executar experimentalmente que o teste pulso, mas tem a desvantagem da dificuldade em algumas vezes para manter uma concentração constante de traçador na alimentação.

A técnica de pulso foi escolhida para ser utilizada por ser simples, além de ser a técnica experimental mais utilizada para estudar a DTR. Segundo Oliveira (2016), para o método o traçador, substância química inerte, é injetado na entrada do reator e então as concentrações deste traçador são medidas na corrente do efluente em função do tempo.

O comportamento ideal para um reator empistonado a uma perturbação pulso, ao injetar o traçador no reator, ele tem uma resposta imediata na saída do reator, para um comportamento ideal (LEVENSPIEL, 2000).

O desvio no reator é considerado também como sendo os caminhos preferenciais. E a zona morta causada pelo volume morto. Ambos são utilizados para diagnosticar a não idealidade do reator, e a DTR pode ser usada para prever a conversão em reatores existentes.

A função que descreve, de maneira quantitativa, quanto tempo diferentes elementos de fluido permanecem no reator é chamado de função de distribuição de tempo de residência $E(t)$. Para uma função pulso com vazão volumétrica constante, essa grandeza pode ser definida conforme a Equação 03 (FOGLER, 2009).

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (03)$$

Onde t é o (tempo), a integral no denominador da Equação 03 é a curva e a área sob a curva C , que pode ser representada pela Figura 1.

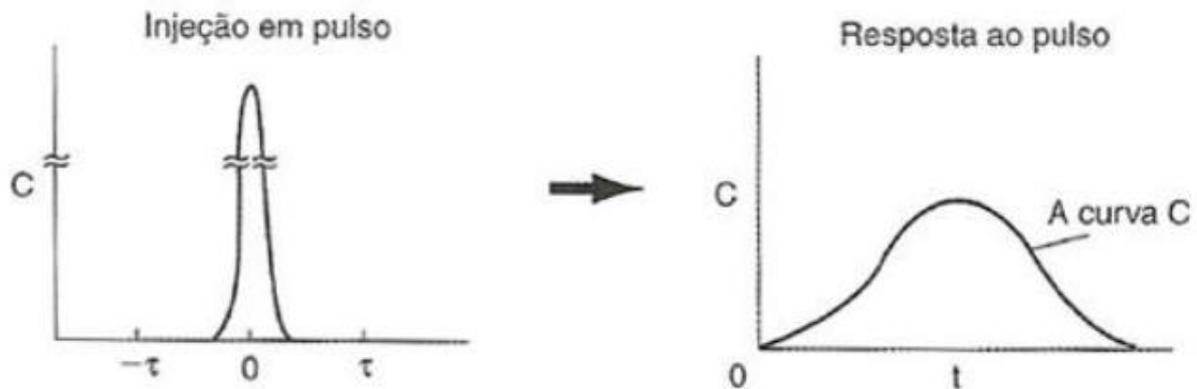


Figura 1- Curvas Típicas de um Experimento com Perturbação Pulso.

Fonte: FOGLER, (2009).

2.2 Modelo de Segregação

No desenvolvimento do modelo de segregação, o escoamento através do reator consiste em uma série contínua de glóbulos. Define-se um glóbulo como uma partícula fluida que contém milhões de moléculas de fluido com o mesmo tempo de residência. Assim, se os diferentes glóbulos de um fluido não se misturam de jeito algum, os elementos permanecem segregados e o fluido é denominado completamente segregado. Uma vez que não há mistura entre os glóbulos do fluido, estes não trocam materiais entre se, mantendo suas identidades (OLIVEIRA, 2016).

Caso não ocorra a troca de matéria entre os glóbulos, as moléculas só reagem com moléculas de mesmo tempo de residência dentro do glóbulo correspondente a este tempo.

$$\frac{dX}{dt} = X(t)E(t) \quad (04)$$

Integrando a Equação 04 de $t = 0$ a $t = \infty$, a conversão média é:

$$X = \int_0^{\infty} X(t) E(t) dt \quad (05)$$

A integral pode ser resolvida pela regra do trapézio, onde a área sob essa reta é uma estimativa da integral de X, entre os extremos 0 e ∞ , resultando na Equação 05 (CHAPRA, 2011).

3. METODOLOGIA

A realização do experimento e coleta de dados, foi realizado no módulo representado pela Figura 2. Onde o reator tubular modular encamisado formado por seis módulos de comprimento iguais, sendo que cada um deste reator possui um ponto de coleta de amostras em cada um do mesmo. Os módulos foram usados para representar reatores com diferentes comprimentos, sendo os reatores analisados denominados R2, R4 e R6.



Figura 2- Módulo didático do laboratório de Cinética e Cálculo de Reatores, do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – IFNMG – Campus Montes Claros.

Fonte: Próprio autor.

A DTR foi determinada utilizando-se a água como fluido de escoamento e o azul de metileno 1,0 g/L (0,10% em peso) como traçador. Assim, injetou-se rapidamente 0,5 mL de traçador na base do módulo um e iniciou-se a contagem do tempo. Ao todo, coletaram-se onze amostras. Em seguida, determinou-se a concentração do traçador, $C(t)$, através das

leituras da absorvância das amostras em um espectrofotômetro, fazendo-se uso de uma curva de calibração.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de DTRs obtidas no experimento mostra o comportamento das moléculas dentro do reator. A partir das concentrações do traçador, $C(t)$, encontrou a função da DTR, $E(t)$, para os reatores tubulares denominados R2, R4 e R6 para diferentes tempos (s).

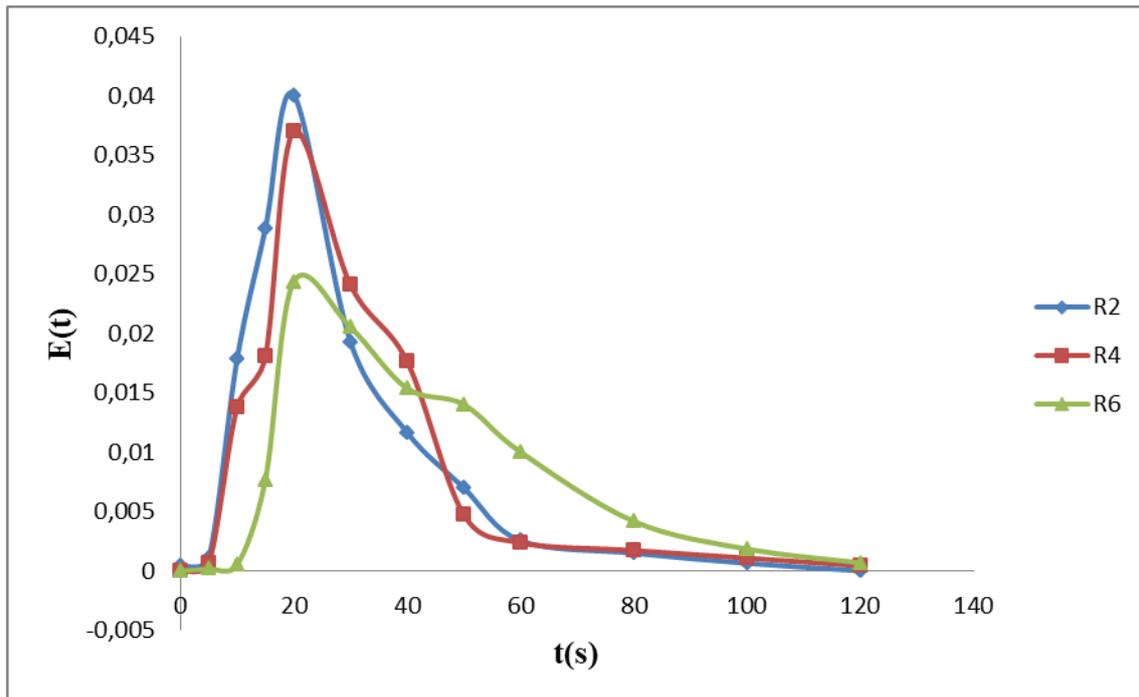


Figura 3- Função da DTR versus Tempo, reator tubular (R2, R4 e R6).

Fonte: Próprio autor.

Os picos representados por cada reator estar conforme o esperado, de acordo o volume de cada Reator. Uma vez que o reator de menor volume, as moléculas saem mais rápido, e o volume intermediário as moléculas demoram um maior tempo para sair, e já o reator com maior volume as moléculas permanecem mais tempo dentro do reator, demorando um maior tempo para sair.

Na curva da DTR do reator tubular nota-se que não tem a formação de uma longa cauda. O que indica que o tempo de permanência das moléculas dentro do reator não é tão longo. Este comportamento se deve ao fluido percorre o caminho axial sem desvio ou retenção ao longo do reator.

Pelo modelo de segregação utilizado, a conversão para o R2 = 20,79%, R4 = 22,33 % e R6 = 28,36 %. Estes resultados se devem provavelmente ao tempo de permanência das moléculas dentro reator ser maior conforme aumenta o volume, pois quanto maior o volume do reator faz com que as moléculas se interajam mais, e isso aumenta a conversão dentro do reator.

5. CONCLUSÃO

Neste trabalho, desenvolveu-se um modelo matemático para a distribuição do tempo de residência e o modelo de segregação para o módulo didático do reator tubular do Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Montes Claros.

Utilizando o azul de metileno como traçador, e a DTR foi obtida através dos dados coletados experimentalmente para os reatores tubulares, em três volumes diferentes.

Ao analisar volumes diferentes no reator PFR, percebe-se que as conversões não ideal aumenta conforme maior volume. Isso ocorre, pois quanto maior o volume, maior é o tempo de contato entre os reagentes.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Federal do Norte de Minas Gerais – Campus Montes Claros pelo apoio.

REFERÊNCIAS

- CHAPRA, S. C; CANALE. R. P. *Métodos numéricos para engenharia*. Tradução técnica: Helena Castro. – 5. Ed. – Dados eletrônicos. Porto Alegre : AMGH, 2011.
- FARIAS, R. R. *Uma Análise das Reações Químicas Homogêneas e Elementares Via Método de Monte Carlo*. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia Departamento de Química e Exatas Colegiado dos Cursos de Graduação em Química. Jequié- 2012.
- FOGLER, H. S. *Elementos de Engenharia das Reações Químicas*. 4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.
- LEVENSPIEL, O. *Engenharia das Reações Químicas*. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2000.
- OLIVEIRA, R. C. *Estudo da não-idealidade de Reatores Tubulares a Partir da Determinação de suas Distribuições de Tempos de Residência e Validação dos Resultados*. Monografia (Graduação) – Curso de Engenharia Química, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas Gerais – IFNMG-Campus Montes Claros. 2016.

DETERMINATION OF NON IDEAL CONVERSION THROUGH THE SEGRAGATION MODEL FOR TUBULAR REACTOR (PFR)

Abstract. *The reactors are extremely important equipment in the chemical industry. Since reactors are primarily responsible for getting a new product. And knowing the non-ideality of a reactor is of extreme importance, as these can interfere significantly in the conversion of a reaction. The present work analyzes the non-ideality of tubular reactors through non-ideal conversions. Through the distribution of residence time, the segregation model was used to predict the non-ideal conversion to different volumes of the tubular reactor.*

Key words: *Tubular Reactor, Distribution of Residence Time, Segregation.*