

AVALIAÇÃO EXPERIMENTAL DO COMPORTAMENTO HIDRODINÂMICO DE UM REATOR ELETROQUÍMICO DE PLACAS PLANAS

I. M. G. Souza, L. P. Souza, B. Ramos, A. C. S. C. Teixeira

Grupo de Pesquisa em Processos Oxidativos Avançados
(AdOx)/Departamento de Engenharia Química/Escola
Politécnica/Universidade de São Paulo

email: isabelamgs@usp.br

Objetivos

O presente trabalho buscou avaliar o comportamento hidrodinâmico de um reator eletroquímico de placas planas que utiliza eletrodo de difusão gasosa (EDG) para eletrogeração de peróxido de hidrogênio (H_2O_2) *in situ*. A partir da determinação dos principais parâmetros que caracterizam a distribuição de tempos de residência (DTR) (tempo de residência médio – t_m ; variância – σ^2 ; distorção – s^3 ; tempo espacial – τ), avaliaram-se os possíveis efeitos que causam o afastamento do comportamento do reator em estudo em relação ao comportamento ideal.

Métodos e Procedimentos

Os ensaios de DTR foram realizados no reator eletroquímico ($V = 150$ mL) por meio da metodologia traçador-pulso. Neste método, uma solução concentrada de cloreto de potássio ($[KCl]_0 = 3$ mol L^{-1}) foi escolhida como traçador. Utilizou-se uma bomba centrífuga (BOMAX NH-30PX-T) para deslocamento do fluido de transporte (água da torneira) à vazão de 50 L h^{-1} , que proporciona melhor geração de H_2O_2 , como identificado previamente; a vazão foi ajustada por meio de uma válvula agulha e lida em um rotâmetro. Em seguida, um pulso de 1 mL da solução do traçador foi injetado na entrada do reator com auxílio de uma seringa. Medidas de condutividade foram realizadas à saída do reator por meio de um condutivímetro em linha (Figura 1) e monitoradas ao longo do tempo para posterior conversão dos valores em termos de concentração. Todo o procedimento foi realizado em triplicata e em pH livre.

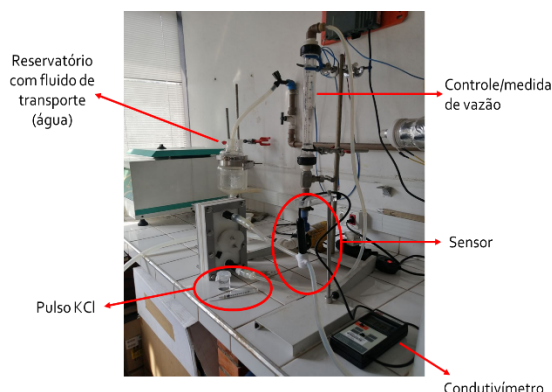


Figura 1: Aparato experimental utilizado na determinação da DTR com metodologia traçador-pulso. Traçador: $[KCl]_0 = 3$ mol L^{-1} ; Vazão: 50 L h^{-1} .

A análise das condutividades permitiu determinar as concentrações do traçador ao longo do tempo e calcular a distribuição de tempos de residência ($E(t)$) e a distribuição cumulativa do traçador ($F(t)$) para o reator em estudo. Os cálculos dessas funções foram realizados pelas Equações 1 e 2, respectivamente ^{[1],[2]}:

$$E(t) = \frac{C(t)}{\int_0^{\infty} C(t) dt} \quad (1)$$

$$F(t) = \int_0^t E(t) dt \quad (2)$$

A partir do cálculo da distribuição do tempo de residência, pode-se determinar o tempo médio de residência (t_m):

$$t_m = \int_0^{\infty} tE(t)dt \quad (3)$$

A partir de $E(t)$ e t_m , pode-se calcular a variância (σ^2) e a distorção (s^3) da distribuição:

$$\sigma^2 = \int_0^{\infty} (t - t_m)^2 E(t)dt \quad (4)$$

$$s^3 = \frac{1}{\sigma^{3/2}} \int_0^{\infty} (t - t_m)^3 E(t)dt \quad (5)$$

Por sua vez, define-se o tempo espacial (τ) como a razão entre o volume (L) do reator e a vazão do escoamento (L h⁻¹):

$$\tau = \frac{V}{Q} \quad (6)$$

Resultados

Os valores calculados a partir das Equações 1-6 são apresentados na Tabela 1:

Tabela 1: Parâmetros da DTR calculados para o reator eletroquímico

t_m (min)	σ^2	s^3	τ (min)
0,37	0,07	0,18	0,18

De acordo com a Figura 2, observa-se através da curva $E(t)$ um único pico, bastante elevado, que lembra um pulso. Por outro lado, uma cauda muito longa remete à formação de possíveis zonas mortas [3], corroborado por um maior valor do tempo médio em relação ao tempo espacial ($t_m - \tau = 0,19$) (Tabela 1). Contudo, é possível observar através da curva $F(t)$ que o retorno de moléculas não ocorre para o interior do reator, caracterizando uma curva exponencial e cumulativa, o que denota inexistência da retromistura no sistema [4]. Por fim, ao analisar os parâmetros σ^2 e s^3 é possível inferir que ocorre baixo afastamento da distribuição com relação aos valores médios para ambos os parâmetros (Tabela 1).

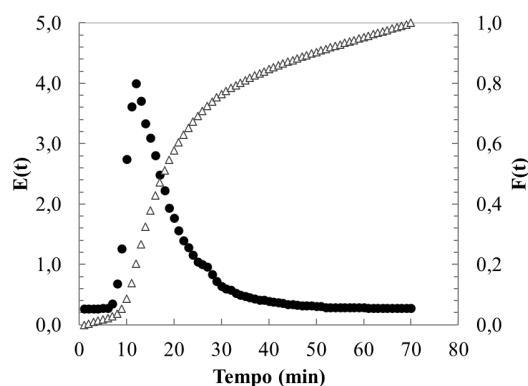


Figura 2: Gráficos de $E(t)$ e $F(t)$ em função do tempo para o reator eletroquímico.

Conclusões

A análise de DTR utilizando metodologia traçador-pulso mostrou-se adequada para a avaliação do escoamento no reator eletroquímico estudado. Observa-se que uma fuga da idealidade é basicamente expressa pelo efeito das possíveis zonas mortas presentes no reator.

Referências Bibliográficas

- [1] FOGLER, H. Scott. Elementos de Engenharia das Reações Químicas. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2009.
- [2] LEVENSPIEL, Octave. Engenharia das Reações Químicas. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2000.
- [3] SCHMAL, Martin. Cinética e Reatores: Aplicação na Engenharia Química: Teoria e Exercícios. Rio de Janeiro: Synergia, 2010.
- [4] SOUZA, Larissa P.; RAMOS, Bruno; TEIXEIRA, Antonio C.S.C. Projeto, prototipagem e avaliação experimental do comportamento hidrodinâmico de reatores fotoquímicos circulares. I WENDEQ, 2021.

Agradecimentos

Os autores agradecem à FAPESP (projetos 2018/21271-6 e 2019/24158-9) e à CAPES (Código de Financiamento 001), bem como ao Prof. Dr. Marcos R. V. Lanza (IQSC-USP) pelo apoio científico.