

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE DIFUSÃO DO ETANOL¹ DETERMINATION OF THE ETHANOL DIFFUSION COEFFICIENT

Anderson Luís Gay², Gabriela Zorzetto Do Nascimento³, Mônica Lima Gonçalves⁴, Fernanda Da Cunha Pereira⁵

¹ Trabalho da disciplina de Fenômenos de Transporte III - Transferência de Massa do curso de Engenharia Química da UNIJUI

² Aluno do curso de Engenharia Química da UNIJUI, andersonluis_@hotmail.com.

³ Aluna do curso de Engenharia Química da UNIJUI, gabi_zorzetto@hotmail.com.

⁴ Aluna do curso de Engenharia Química da UNIJUI, monicalima.g@hotmail.com.

⁵ Professora doutora do curso de Engenharia Química da UNIJUI, fernanda.cunha@unijui.edu.br

INTRODUÇÃO

A transferência de massa é um fenômeno de transporte ocasionado por uma diferença na concentração de uma determinada espécie química em um certo meio, ou seja, essa ocorre de um soluto em um determinado solvente. Entretanto, o fluxo de matéria, o qual poderá ser de massa ou mols, ocorrerá da maior concentração para a menor. (CREMASCO, 2009)

Através da primeira lei de Fick certifica-se que o coeficiente de difusão é o inverso da resistência que deve ser vencida pelo soluto para ocorrer o fenômeno. Logo, este é definido por Cremasco (2009, p.45) como a "mobilidade do soluto no meio e é governado pela interação soluto-meio". A difusão molecular pode ocorrer em gases, líquidos ou sólidos. De acordo com Incropera (2008, p.560), a transferência de massa "é fortemente influenciada pelo espaçamento molecular, a difusão ocorre mais facilmente em gases do que em líquidos, e mais facilmente em líquidos do que nos sólidos."

Entre as diversas formas de realizar o cálculo do coeficiente de difusão, uma das mais utilizadas e, portanto, a qual também será aplicada neste trabalho é a Equação (1) de Chapman-Enskog. Além da temperatura (T), pressão (P), massas molares das duas espécies químicas (MA e MB), o coeficiente de difusão da mistura binária vai depender também da velocidade relativa das moléculas, do diâmetro eficaz de colisão e ainda da frequência de colisões (σ_{AB} e Ω_D).

$$D_{AB} = 1,858 \times 10^{-3} \frac{T^{3/2}}{P \sigma_{AB}^2 \Omega_D} \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}} \quad (1)$$

Outra forma de calcular o coeficiente de difusão é a partir de um coeficiente de difusão conhecido para outros valores de temperatura e pressão. O cálculo é feito utilizando-se a Equação 2, conhecida como correlação de Fuller (1966).

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

$$\frac{D_{AB}(T_2, P_2)}{D_{AB}(T_1, P_1)} = \frac{P_1}{P_2} \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^{1,5} \quad (2)$$

Este estudo tem como ideia principal determinar experimentalmente o coeficiente de difusão do etanol, com o intuito de realizar um comparativo com os valores encontrados a partir das correlações vistas nas Equações 1 e 2. Trata-se de uma atividade desenvolvida na disciplina de Fenômenos III - Transferência de Massa do Curso de Engenharia Química da UNIJUI - Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul.

METODOLOGIA

Para a determinar o coeficiente de difusão molecular experimental, com o auxílio de uma pipeta graduada, transfere-se 5 mL de etanol 95 % com densidade 0,810 g/mL para um tubo capilar. Este foi fixado em um papel milimetrado, deixando que o etanol fique em contato com o ar do ambiente. Foi realizado o monitoramento da altura do líquido no tubo capilar durante aproximadamente 5 dias, duas vezes ao dia, anotando além da altura, a hora e a temperatura medida.

Para calcularmos o DAB experimental podemos caracterizar o processo de difusão como pseudo-estacionário, ou seja, este ocorre em regime permanente com variação lenta da superfície de contorno, chegando a Equação 3. Ao observarmos esta equação, verificamos que a mesma apresenta-se na forma de uma função de primeiro grau sem o termo independente, na qual o coeficiente angular da reta é representado pelo DAB.

$$\left(\frac{z_t^2 - z_{t0}^2}{2} \right) = D_{AB} \frac{C(y_{A1} - y_{A2})M_A}{y_{B,médio}\rho_A} t \quad (3)$$

Desta forma, para a quantificação experimental, foi necessário correlacionar a diferenças quadráticas de alturas em relação ao início do experimento ($z_t^2 - z_{t0}^2$) e o tempo transcorrido (t). Sendo necessário o monitoramento da temperatura para calcularmos as propriedades do fluido utilizado.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir do monitoramento da altura e da temperatura do líquido duas vezes ao dia durante cinco dias, pode-se construir a Tabela 1 com os valores obtidos em cada uma das medições realizadas. Tornando-se possível calcular os valores obtidos da variação na altura do líquido no tubo capilar ao passar do tempo, juntamente com o Z².

Tabela 1 - Valores experimentais obtidos durante o monitoramento do líquido no tubo

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

capilar durante cinco dias

Leitura	Δ Altura (mm)	Hora	Data	Temperatura (C°)	Z ² (cm ²)	Z _t ² -Z _{to} ² (cm ²)	Tempo (s)
1	0	18:30	23/04/18	25,4	54,76	0	0
2	3	13:40	24/04/18	24,7	56,25	1,49	69000
3	3	20:43	24/04/18	26,3	57,76	3	94380
4	4	9:30	25/04/18	24,5	57,76	3	140400
5	5	16:30	25/04/18	25,9	57,76	3	165600
6	5	21:00	25/04/18	26,7	57,76	3	181800
7	7	10:00	26/04/18	24,6	57,76	3	228600
8	8	18:00	26/04/18	26,7	57,76	3	257400
9	9	10:30	27/04/18	25	57,76	3	316800
10	10	16:00	27/04/18	26,3	57,76	3	336600

Fonte: Elaborada pelos autores, 2018/RS.

A partir da Tabela 1 foi possível plotar o gráfico das diferenças quadráticas das alturas versus tempo e, assim, determinar o coeficiente de difusão experimental através da equação da reta do respectivo gráfico, o qual pode ser observado na Figura 1.

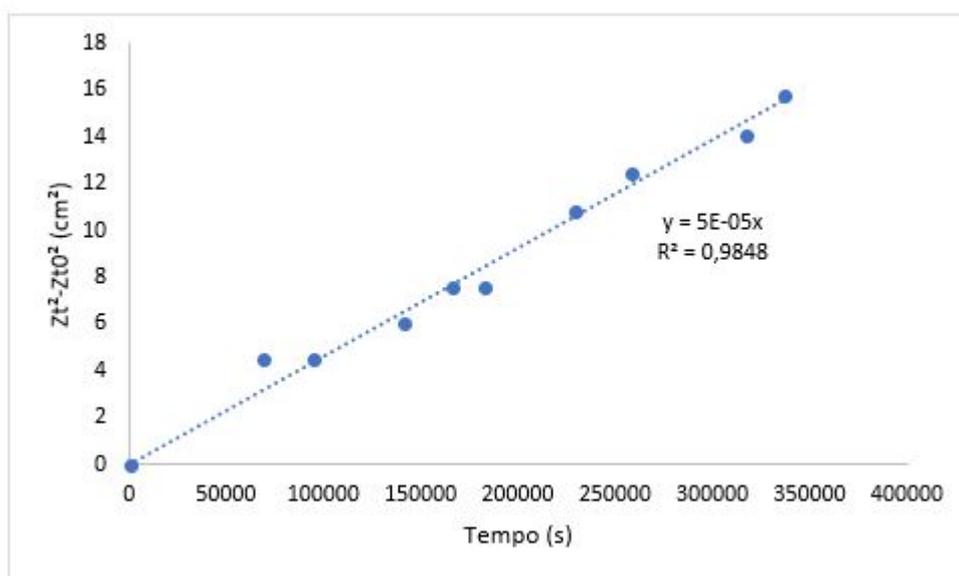
A equação da reta encontrada foi de $y = 5E-05x$, é possível calcular o DAB experimental para o comparativo com o valor teórico. Para o cálculo do DAB teórico assume-se duas hipóteses: primeiro que componente B, no caso o ar, é insolúvel no líquido A (etanol), e por segundo que o ar contido dentro do capilar é estagnado, ou seja, o fluxo de B é nulo.

Calculando-se o DAB teórico através da Equação de Chapman-Enskog encontra-se um valor igual a 0,1175 cm²/s. A partir da correlação de Fuller encontramos o valor de 0,1324 cm²/s como coeficiente de difusão. Para calcularmos o DAB experimental foi utilizada a Equação 3, para a qual foi possível obter o valor de 0,129 cm²/s.

Figura 1 - Gráfico da variação da altura elevada ao quadrado versus tempo

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão



Fonte: Elaborada pelos autores, 2018/RS.

Vimos que os cálculos teóricos se diferenciaram entre si por conta dessas duas equações usarem correlações diferente para se chegar ao resultado, mas são valores próximos. Realizando o cálculo de desvio relativo para o resultado experimental, observamos um desvio de 8,91% em relação ao resultado obtido pela Equação de Chapman-Enskog e 2,64% de desvio comparando com a correlação de Fuller. Podemos observar que os desvios foram pequenos em ambas as equações significando que obtivemos um resultado satisfatório em nosso experimento, já que se aproxima dos valores teóricos.

Também realizamos o mesmo procedimento utilizando água e os valores de DAB teóricos obtidos pelas Equações 1 e 2 foram de 0,234 cm²/s e 0,2608 cm²/s, respectivamente. O resultado encontrado experimentalmente foi igual a 0,102 cm²/s, não sendo um resultado satisfatório, os desvios obtidos foram de 63,6% e 89,8% para as Equações 1 e 2, respectivamente.

A divergência de resultados pode ser consequência da própria coleta dos dados experimentais, já que os dados foram coletados por integrantes diferentes durante os 5 dias. Portanto, uma margem de erro pode ser associada a leitura da variação da altura ou do tempo, acarretando em valores um pouco distantes na hora dos cálculos quando comparados com os obtidos através da literatura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Percebe-se a importância da aplicação da teoria na prática, pois consegue-se observar o fenômeno acontecer e por meio disso aplicar equações matemáticas para tentar descrevê-lo da melhor forma possível, ou seja, recorrendo a literatura para conseguir comparativos e, assim, resultados mais

01 a 04 de outubro de 2018

Evento: XIX Jornada de Extensão

exatos ou até mesmo descobrir erros que podem estar associados à prática. Assim como os demais fenômenos de transporte, conclui-se a grande importância e aplicabilidade dos conceitos estudados em transferência de massa nas atividades desenvolvidas pelos engenheiros nas mais diversas áreas que se pode atuar, como em processos de secagem, evaporação, etc.

Palavras-chave: transferência de massa; difusividade; álcool etílico.

Keywords: mass transference; diffusion; ethyl alcohol

REFERÊNCIAS

- CREMASCO, M. A. **Fundamentos de Transferência de Massa**. 2. ed. São Paulo: Unicamp, 2009.
- INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P. **Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2008