



Quizz #1 – Processos de Transporte no Ambiente

Prof. Michael Mannich

Problema 1.

Expresse a concentração na água como se pede (defina uma temperatura e salinidade para sua análise):

- a) 10 mgO₂/L → mol/L
- b) 10 mgCO₂/L → mgC/L
- c) 60 mg/L → ppm

Problema 2.

Expresse a concentração no ar como se pede:

- a) 410 ppmv de CO₂ a 22°C e 910 hPa → mg/m³
- b) 2000 ppbv de CH₄ a 15°C e 1,13 bar → µg/m³
- c) 180 µg/m³ de NO₂ a 20°C e 1 atm → ppmv ou ppbv

Problema 3.

Para um processo 1-D, considere um lançamento pontual de M=1kg de um determinado constituinte passivo e conservativo em água, em x=0. O campo de velocidade é u=0,5 ms⁻¹ e a difusividade é D=0,005 m²s⁻¹.

- a) Faça um gráfico da concentração máxima em mg/L ao longo de x.
- b) Faça um gráfico da distribuição de concentração ao longo de x em 3 instantes de tempo.
- c) Faça um gráfico da variação da concentração ao longo do tempo em 3 posições de medição.
- d) Discuta os resultados de b e c.

Problema 4.

Para o problema 1D de fonte pontual, lançamento instantâneo e domínio infinito:

- a) Mostre que por analogia com a distribuição gaussiana de probabilidade que

$$\sigma = \sqrt{2Dt}$$

- b) Mostre que para $C(\pm\sigma, t) \cong 0.61C_{max}(t)$ quando $x_0=0$.
- c) Mostre que para $C(\pm 2\sigma, t) \cong 0.14C_{max}(t)$ quando $x_0=0$.
- d) Mostre que o fluxo de massa difusivo por unidade de área [M/L²T]

$$q(x, t) = -D \frac{\partial C}{\partial x}$$

em uma posição x é dada por

$$q(x, t) = \frac{M(x - x_0)}{2At\sqrt{4\pi Dt}} \exp \left[-\frac{(x - x_0)^2}{4Dt} \right]$$

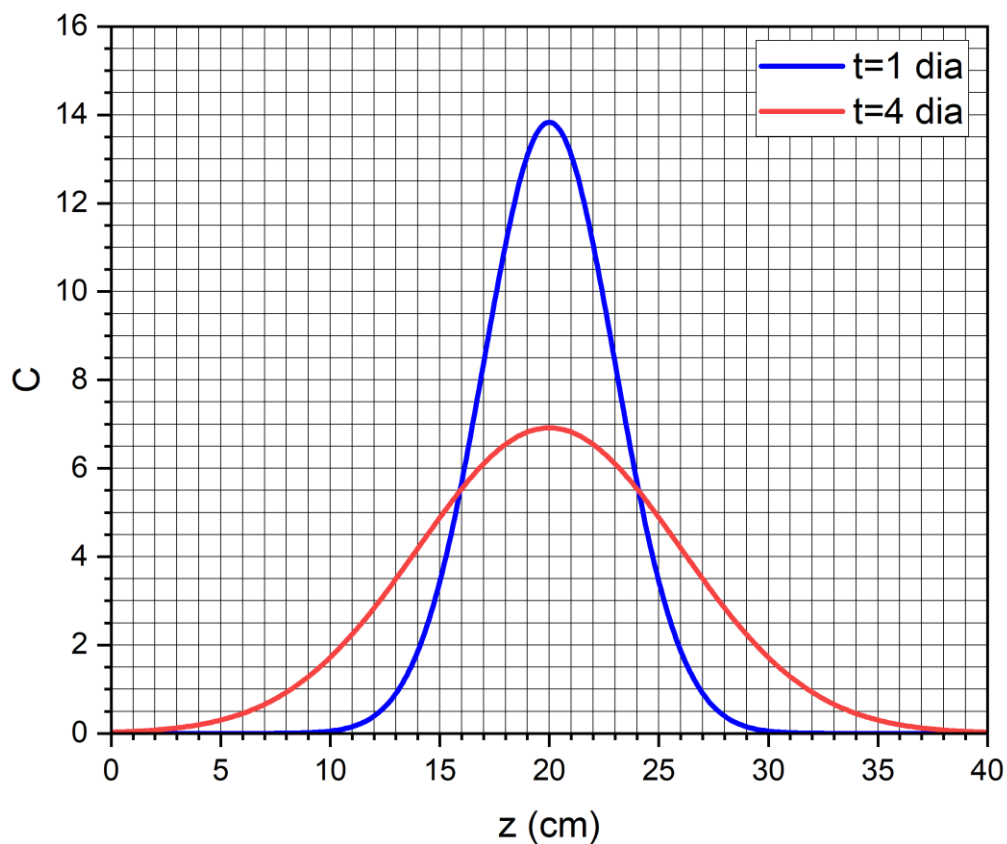
Problema 5.

Como parte de um estudo de qualidade da água, você foi contratado para determinar a difusividade de um novo corante fluorescente. Para tanto, o estudo



laboratorial com o traçador foi realizado em um tanque com altura $h=40$ cm. Foram despejados 100 g de traçador em uma profundidade de 20 cm (uniformemente distribuídos na seção transversal do tanque) e medições foram realizadas ao longo do tempo. Os perfis verticais de concentração no tanque são apresentadas no gráfico.

- Determine o coeficiente de difusão do traçador baseado na evolução da pluma do traçador.
- Estime o tempo que a distribuição vertical será afetada pelas paredes do tanque.
- Qual a unidade da concentração utilizada no gráfico?



Problema 6.

Um tubo infinitamente longo de diâmetro 10 cm está cheio de um fluido estacionário. A massa ($M=0,1$ g CO_2) é introduzida instantaneamente em $t=0$ e uniformemente no centro do tubo ($x=0$). Determine o tempo para que a concentração (massa/massa) de CO_2 seja de 1 ppm em $x=50$ cm, para:

- Difusão molecular no ar.
- Difusão molecular na água.

Dados:

$$\rho_{AR} = 1,23 \text{ kg m}^{-3} \quad D_{\text{CO}_2, AR} = 0,14 \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1} \quad \rho_{H_2O} = 1000 \text{ kg m}^{-3} \quad D_{\text{CO}_2, H_2O} = 1,71 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \text{ s}^{-1}$$

Obs.: Resolva o problema de forma iterativa ou apresente o método de solução.

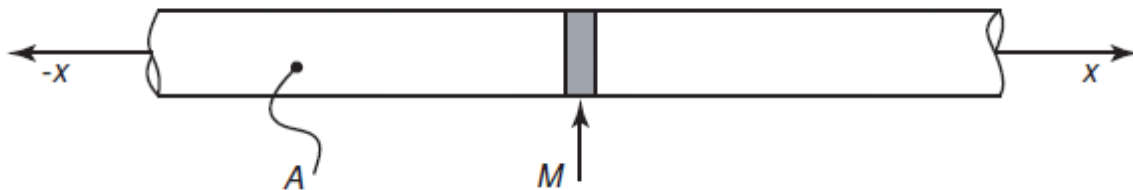


Problema 7.

Para a equação da difusão de um lançamento pontual e instantâneo determine uma equação para o tempo $t_{\max}$ que ocorre a concentração máxima em uma posição $x=r$. Faça um gráfico para $D=M=A=1$ e $r=2$. Determine o valor de $t_{\max}$ e obtenha o mesmo graficamente.

Problema 8.

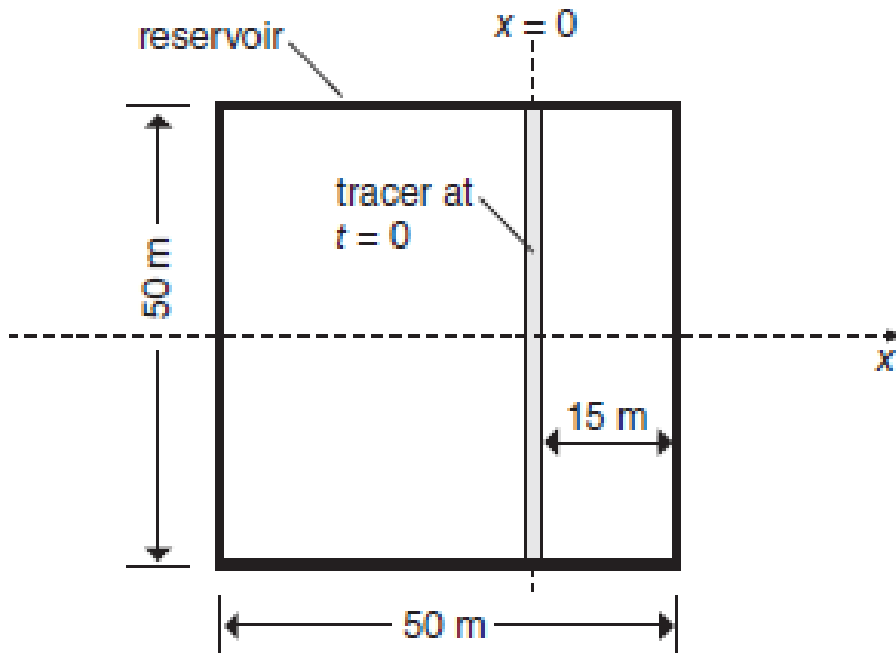
Um pesquisador injeta 5 mL de uma solução de Rhodamina num tubo (veja figura). A solução contém 20% de Rhodamina (densidade de Rhodamina é 1150kg/m^3). A injeção pode ser considerada instantânea e uniforme através da área ($A=0,8\text{cm}^2$) indicado no perfil do tubo no local $x=0$ no tempo $t=0$. O coeficiente de difusividade de Rhodamina em água é $D = 0,13 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{s}$.



- Calcule a massa M de Rhodamina injetada
- Qual é o desvio padrão da distribuição de concentração depois de 1s, depois de 1min, depois de 1h e depois de 1dia?
- Qual é a concentração máxima depois de um dia?
- Elabore um gráfico da concentração máxima sendo uma função de tempo no intervalo $t = [0, 24 \text{ h}]$
- Quanto tempo demora até que a concentração na região $x = \pm 1 \text{ m}$ atinja não menos de 95% da concentração máxima nesta região sendo que isso poderia ser um critério para assumir a distribuição uniforme?
- O que mudará nas soluções das questões anteriores se Rhodamina fosse uma substância não conservativo com um decaimento linear por causa de processos bioquímicos? (responda sem realizar cálculos)

Problema 9.

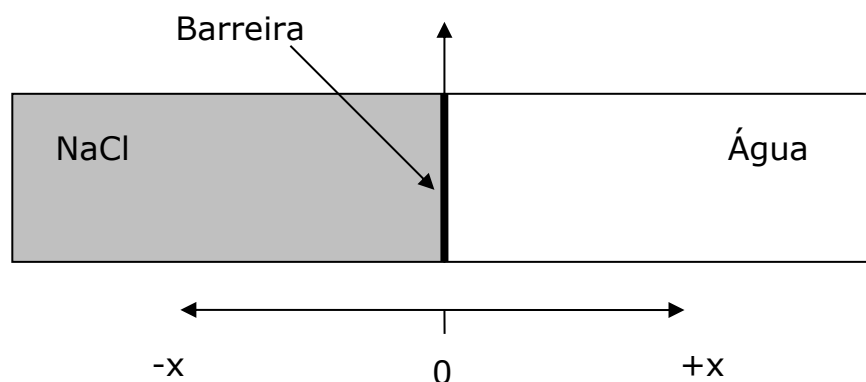
Um lago que tem 50 m de largura, 50 m de comprimento e 5 m de profundidade é tratado com um algicida usando um pequeno barco que atravessa o lago de um lado ao outro. O barco despeja 100 kg de algicida em um caminho que está a 15 m de uma das laterais do lago, conforme mostrado na Figura. O coeficiente de difusão do algicida no lago é estimado em $50 \text{ m}^2/\text{d}$. Se o algicida é liberado aproximadamente instantaneamente e está bem misturado ao longo da profundidade do lago, estime a concentração no meio do lago após 30 dias. Utilize pelo menos 3 imagens. Compare o resultado com o valor da concentração quando o sistema estiver totalmente misturado. Qual teria sido o erro caso você tivesse considerado apenas a fonte real?



Problema 10.

A difusão de uma solução salina de NaCl em água de igual densidade é medida em um estudo de difusão unidimensional sem advecção em um longo canal de laboratório. Nesses experimentos, a turbulência é gerada com a velocidade de escoamento média $u=0$ ao longo da direção x . No ponto médio do canal, $x=0$, uma barreira separou o NaCl na direção negativa da solução aquosa na direção positiva. A barreira é removida no início do experimento, $t=0$, mantendo uma concentração constante C_0 de NaCl em $x=0$. Concentrações discretas $C(x,t)$ de NaCl, ao longo da direção positiva x , em relação à concentração inicial C_0 , são dadas por:

	t=100 s		t=200 s			t=600 s			t=1200 s		
x (cm)	30	60	30	60	100	30	60	100	30	60	100
C/C ₀	0,52	0,22	0,65	0,36	0,15	0,78	0,52	0,36	0,81	0,68	0,43



Considere o NaCl como uma substância conservativa.

a) Deduza a solução analítica para o problema da difusão.



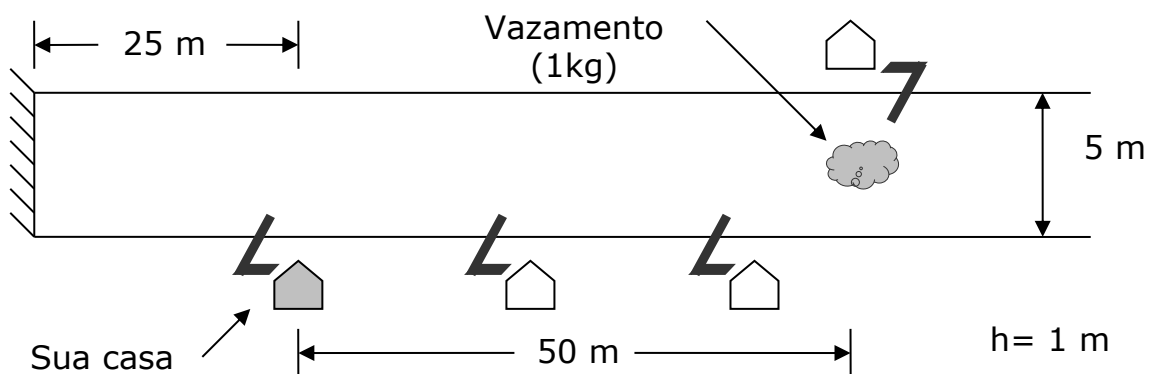
b) Estime o coeficiente de difusão turbulenta para esse teste resolvendo o problema por mínimos quadrados e faça um gráfico de C/C_0 vs $x/\sqrt{t}$ dos resultados do teste e da função analítica com o coeficiente estimado.

Problema 11.

Você tem uma casa e um trapiche em um canal para barcos 25 m do fim do canal. Um dia seu vizinho teve um vazamento acidental de combustível (1 kg). A difusividade no canal é $D=0,01 \text{ m}^2\text{s}^{-1}$, valor elevado devido ao tráfego de embarcações no canal. A velocidade da corrente no canal é desprezível, de forma que o processo dominante de transporte é a difusão. Assuma que o combustível se espalha rapidamente ao longo da seção transversal.

- Qual a concentração na sua casa 10 hrs após o vazamento?
- Qual a concentração máxima na sua e quando ocorre?
- Supondo o limite de concentração segura de $0,2 \text{ g/m}^3$ em que instante após o vazamento essa concentração é atingida?

Obs.: (a) Adote a condição de que o combustível atingiu sua casa quando a borda da pluma de dispersão for $\pm 2\sigma$ do centro. (b) Resolva analiticamente e graficamente.



Problema 12.

Os resultados de um experimento de difusão tridimensional de um lançamento instantâneo e pontual para determinar o coeficiente de difusão de um composto químico são apresentados na tabela. As concentrações foram medidas a 5 cm da fonte de lançamento.

- Selecione um conjunto de coordenadas interessante, faça um gráfico dos dados e determine o valor de D por regressão linear.
- Considerando o problema, o que é mais importante para medir com precisão, o tempo ou a concentração? Discuta.
- Quais são suas recomendações para melhorar a precisão da estimativa de D neste tipo de experimento?



Tempo (d)	Concentração ($\mu\text{g}/\text{cm}^3 \pm 0,03$)
0,5	0,02
1,0	0,50
1,5	2,08
2,0	3,66
2,5	4,81
3,0	5,50
3,5	5,80
4,0	5,91
4,5	5,81
5,0	5,70
5,5	5,54
6,0	5,28
6,5	5,05
7,0	4,87
7,5	4,65
8,0	4,40
8,5	4,24
9,0	4,00
9,5	3,84
10,0	3,66