

QFL4520 – Química Ambiental II

Parte IV – Transporte de Espécies no Meio Ambiente

Prof. Dr. Reinaldo Camino Bazito



Universidade de São Paulo
Instituto de Química

Literatura específica indicada:

“Chemical Fate and Transport in the Environment”

Harold F. Hemond
Elizabeth J. Fechner-Levy
2nd edition
Academic Press

Transporte Físico em Águas Superficiais

Rios

Lagos

Estuários

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

Advecção (gravidade)

Equação de Chezy:

$$V = C\sqrt{RS},$$

C = coef. fricção de Chezy [$L^{1/2}/T$]

R = raio hidráulico [L]

(razão área seccional/perímetro úmido)

S = inclinação da superfície da água

Equação de Manning:

$$V = \frac{1.49 R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

n = coef. rugosidade de Manning

R = raio hidráulico [L]

(razão área seccional/perímetro úmido)

S = inclinação da superfície da água

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

TABLE 2-1 Manning Roughness Coefficients (n)^{a,b}

Channel characteristics	Value
Smooth concrete	0.012
Ordinary concrete lining	0.013
Vitrified clay	0.015
Straight unlined earth canals in good condition	0.020
Winding natural streams and canals in poor condition—considerable moss growth	0.035
Mountain streams with rocky beds, and rivers with variable sections and some vegetation along banks	0.040–0.050

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

EXAMPLE 2-1

A 2-m wide rectangular culvert made of ordinary concrete is constructed to carry storm water flow away from a new housing development. The slope of the culvert is 0.001. After a heavy rainstorm, an 8-in. deep flow of water is measured in the culvert. Assume uniform, steady flow and estimate the velocity of this storm water.

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

Eq. [2-2] can be used to estimate the water velocity in the culvert. First, estimate the hydraulic radius, in units of feet:

$$\begin{aligned} R &= \frac{\text{width} \cdot \text{depth}}{\text{width} + 2 \cdot \text{depth}} \\ &= \frac{(2 \text{ m} \cdot 3.281 \text{ ft/m}) \cdot (8 \text{ in.} \cdot 1 \text{ ft/12 in.})}{(2 \text{ m} \cdot 3.281 \text{ ft/m}) + 2 \cdot (8 \text{ in.} \cdot 1 \text{ ft/12 in.})} \\ &= 0.55 \text{ ft.} \end{aligned}$$

Then use Table 2-1 to obtain a value of 0.013 for the Manning roughness coefficient for ordinary concrete lining in a channel.

The velocity of the storm water flow can then be estimated from Eq. [2-2] as

$$V(\text{ft/sec}) = \frac{1.49 \cdot (0.55)^{2/3} \cdot (0.001)^{1/2}}{0.013} = 2.4 \text{ ft/sec.}$$

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

Tempo de percurso

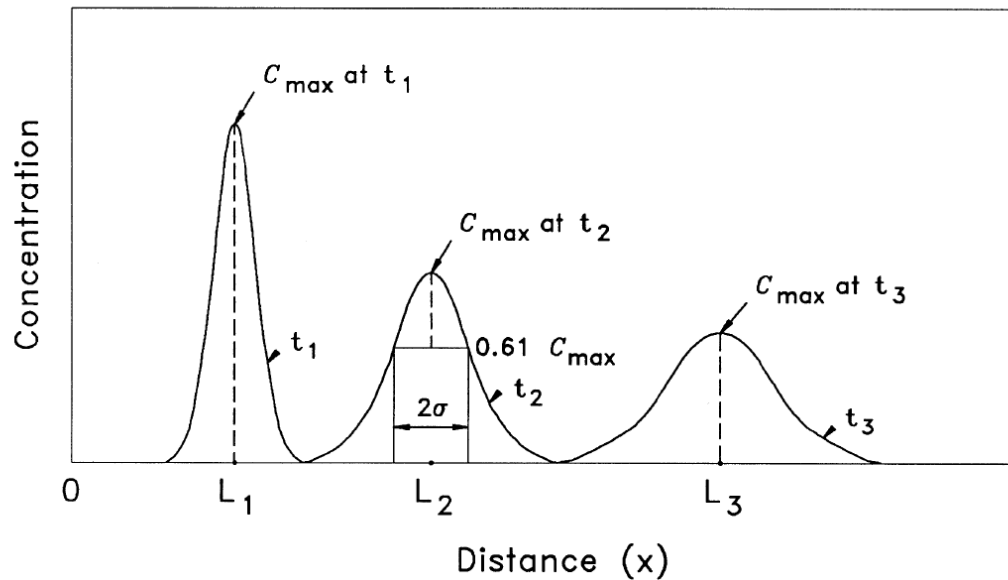
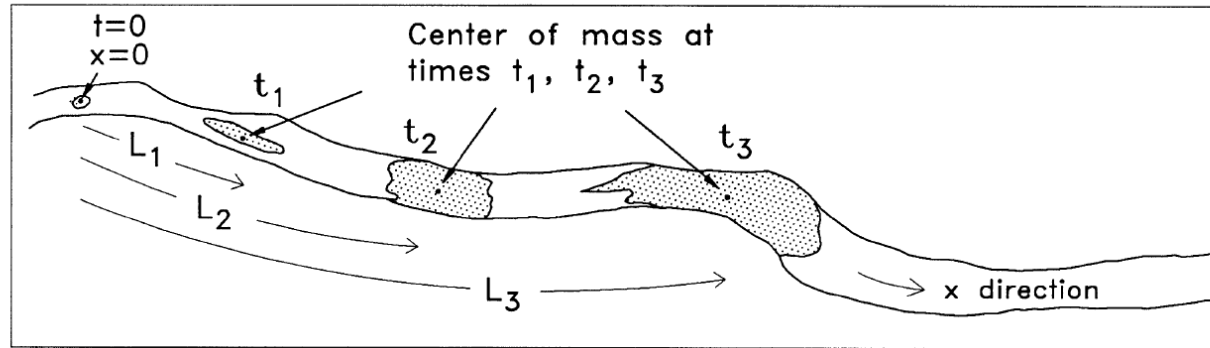
$$\tau = L/V,$$

L = comprimento do trecho do rio

V = velocidade

$$\tau = \int_{x_1}^{x_2} \frac{1}{V(x)} dx,$$

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios



Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

Descarga

$$Q = A \cdot V,$$

A= área seccional do rio

V = velocidade da água

Fluxo de substância no rio:

$$J_{\text{tot}} = Q \cdot C,$$

Transporte Físico em Águas Superficiais: Rios

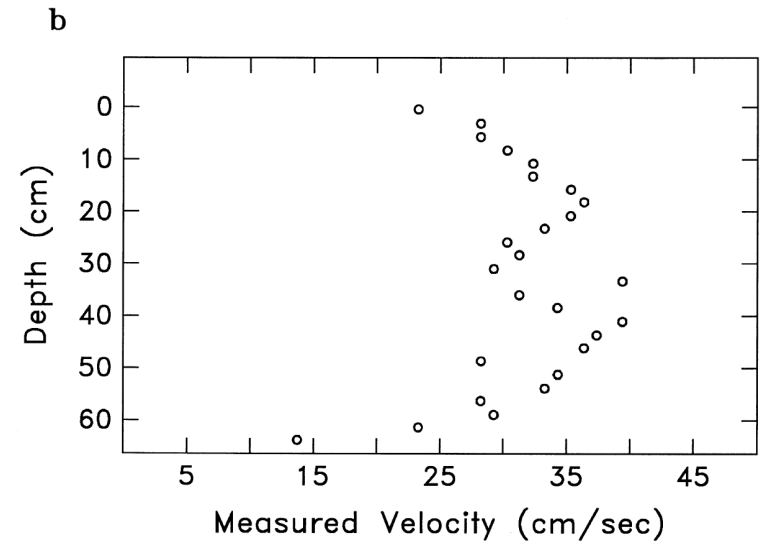
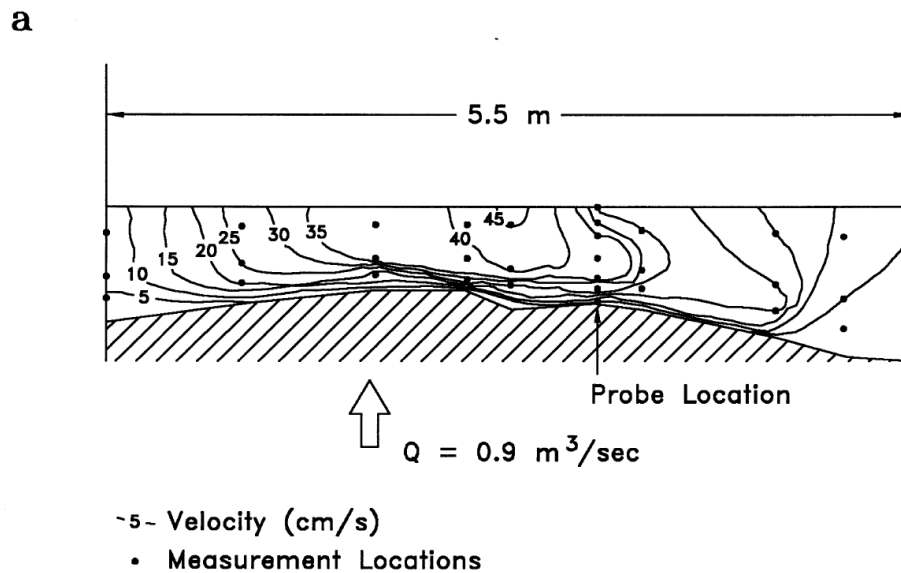
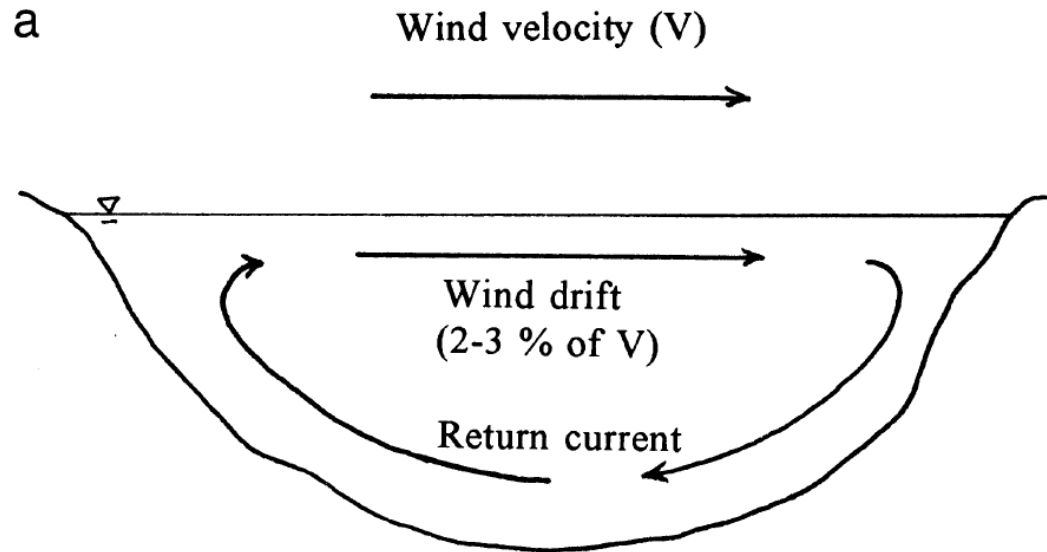
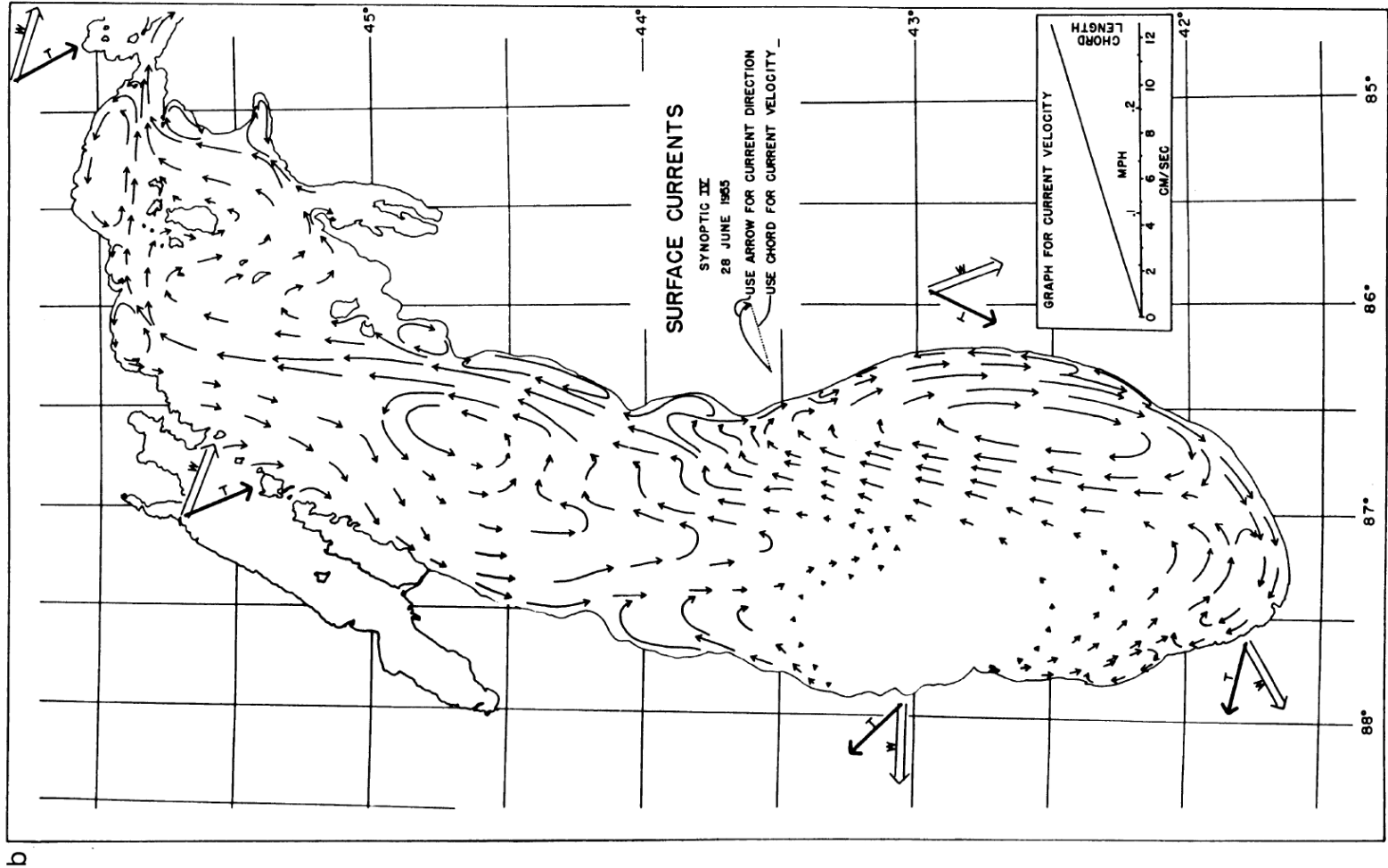


FIGURE 2-5 (a) Velocity distribution across a channel cross section in the Aberjona River in Woburn, Massachusetts. A nonuniform velocity distribution results in longitudinal dispersion of chemicals carried by the river. (b) Vertical velocity profile in the Aberjona River at the probe location. Velocity is highest at an intermediate depth, lower at the surface due to air resistance, and zero at the channel bottom [data from Solo-Gabriele (1995)].

Transporte Físico em Águas Superficiais: Lagos

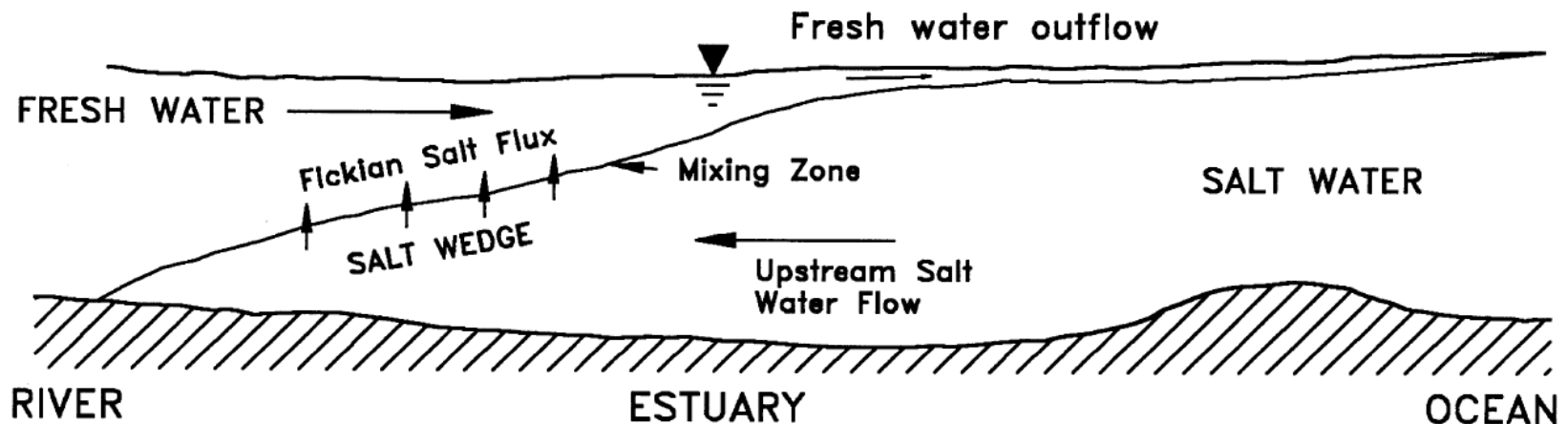


Transporte Físico em Águas Superficiais: Lagos



Transporte Físico em Águas Superficiais: Estuários

a)



Troca Ar-Água

$$C_{\text{equil}} = C_a/H.$$

Sendo:

C_w = Concentração na água

C_{equil} = Concentração na interface

C_a = Concentração no ar

H = constante de Henry

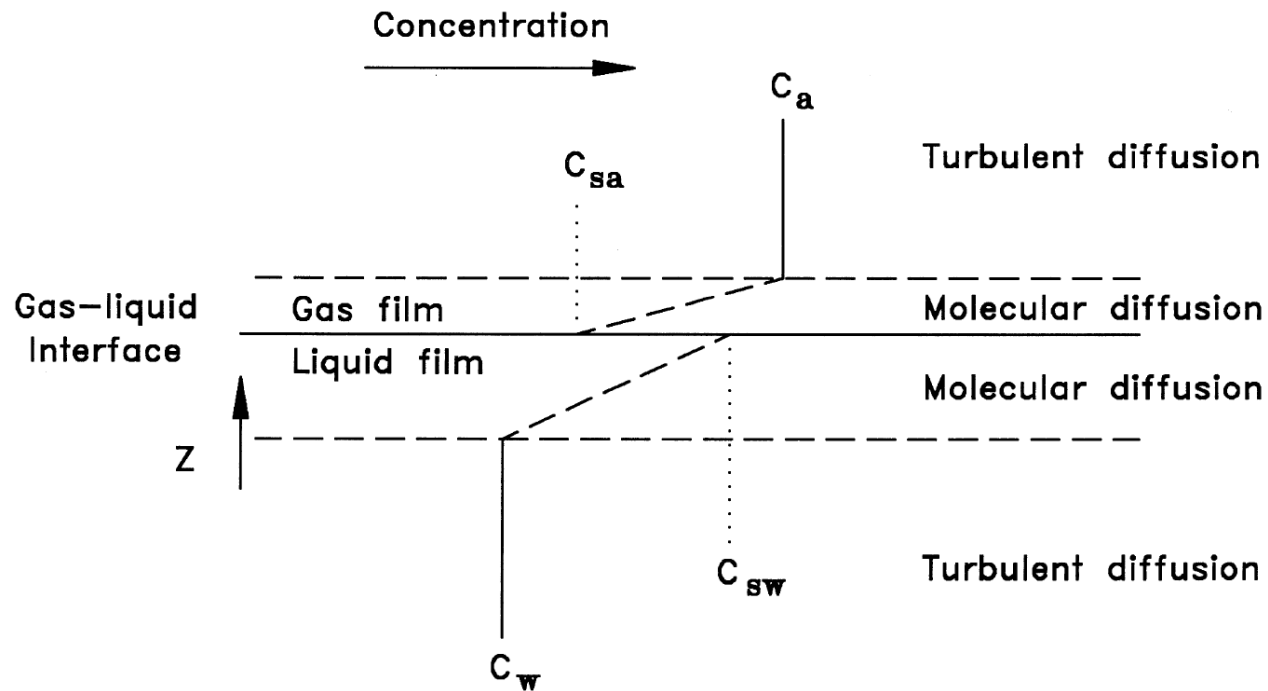
Se $C_w > C_{\text{equil}}$. - substância volatiliza

$$J = -k_w(C_w - C_a/H),$$

k_w = coeficiente de troca gasosa [L/T]

Troca Ar-Água

Modelo de filme fino



Troca Ar-Água

Modelo de filme fino

Controle no lado aquoso (solventes, etc – $H \gg 0,01$)

$$J = -D_w(C_w - C_a/H)/\delta_w.$$

$$k_w = D_w/\delta_w$$

$$J = \frac{-D_w}{\delta_w} C_w = -k_w C_w.$$

Troca Ar-Água

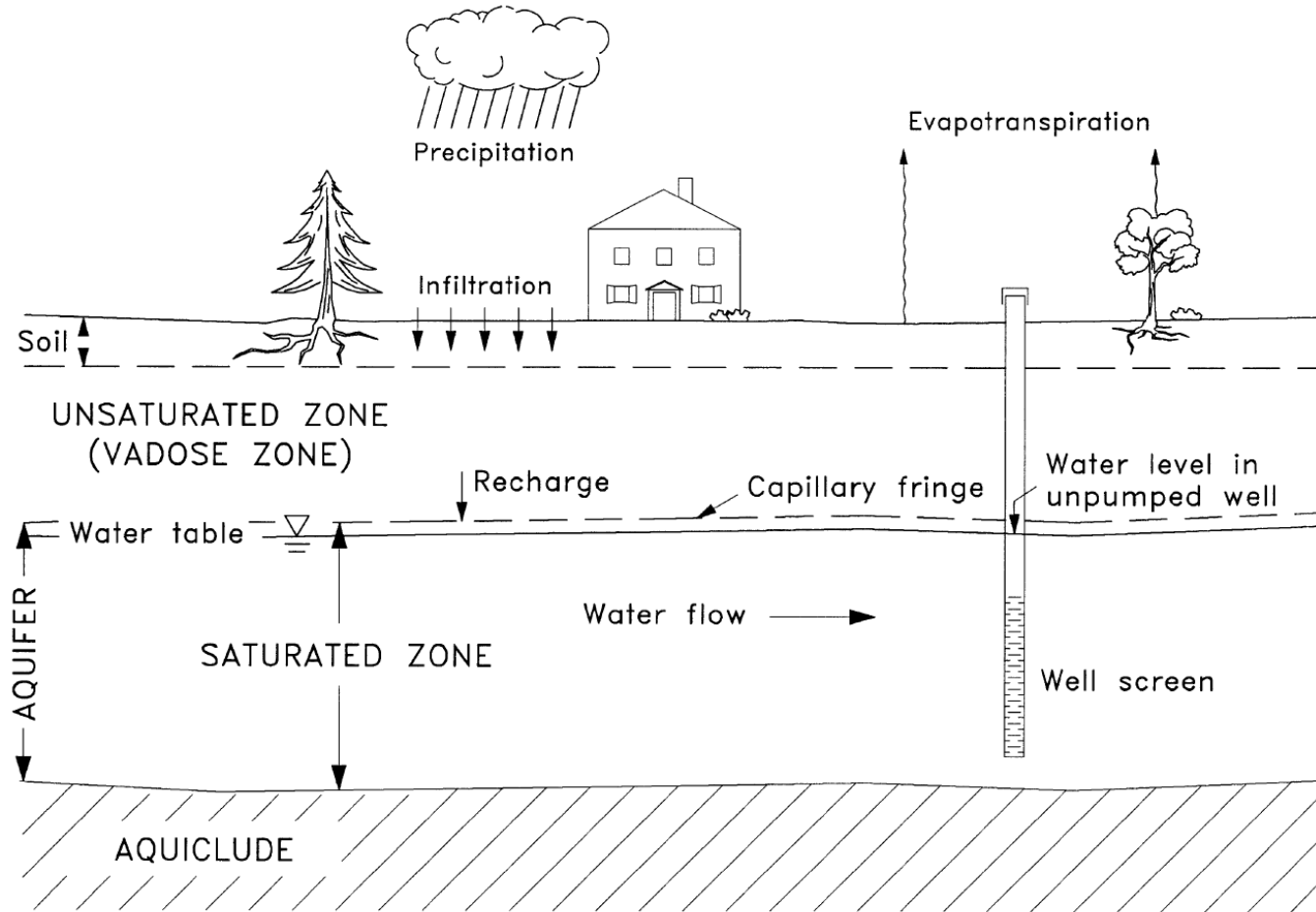
Modelo de filme fino

Controle no lado ar (PAHs, etc – $H \ll 0,01$)

$$J = - (D_a / \delta_a) \cdot (C_w \cdot H - C_a)$$

$$J = - (D_a \cdot H / \delta_a) \cdot (C_w - C_a / H),$$

Transporte Físico em Águas Subterrâneas



Transporte Físico em Águas Subterrâneas

