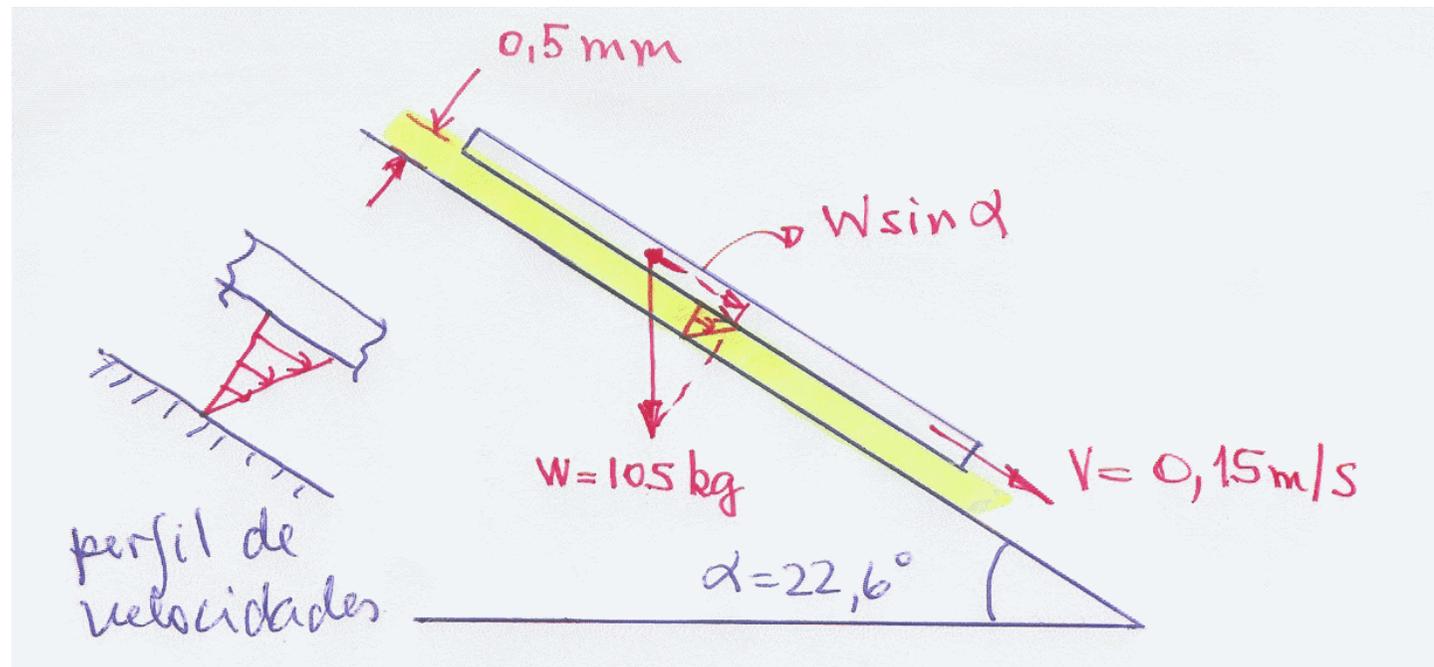


Aula de Exercício

Forças de Arrasto, Cap 6

*Propriedades de Transporte dos
Fluidos – Tabelas A-8 a A-11*

6-5 Uma prancha de madeira de 1×1 m pesando 105 kg escorrega para baixo numa rampa inclinada coberta por óleo. A distância entre a prancha e a rampa é constante e igual a 0,5 mm. Se o ângulo de inclinação da rampa com a horizontal for de $22,6^\circ$, a velocidade da prancha sobre a rampa será de 0,15 m/s. Estime um valor para a viscosidade dinâmica do óleo.



EXEMPLO 6-1

Uma placa plana lisa tem comprimento total $L = 0,75$ m. A placa deve ser testada em ar e água ambos com velocidade $U = 4,5$ m/s. A temperatura do ar e da água é de 20° C e a pressão igual à pressão atmosférica. Determine:

- Se o escoamento no final da placa é laminar ou turbulento para cada fluido.
- A velocidade de ar necessária para tornar os escoamentos semelhantes, isto é, para que ambos tenham o mesmo número de Reynolds, Re_L .

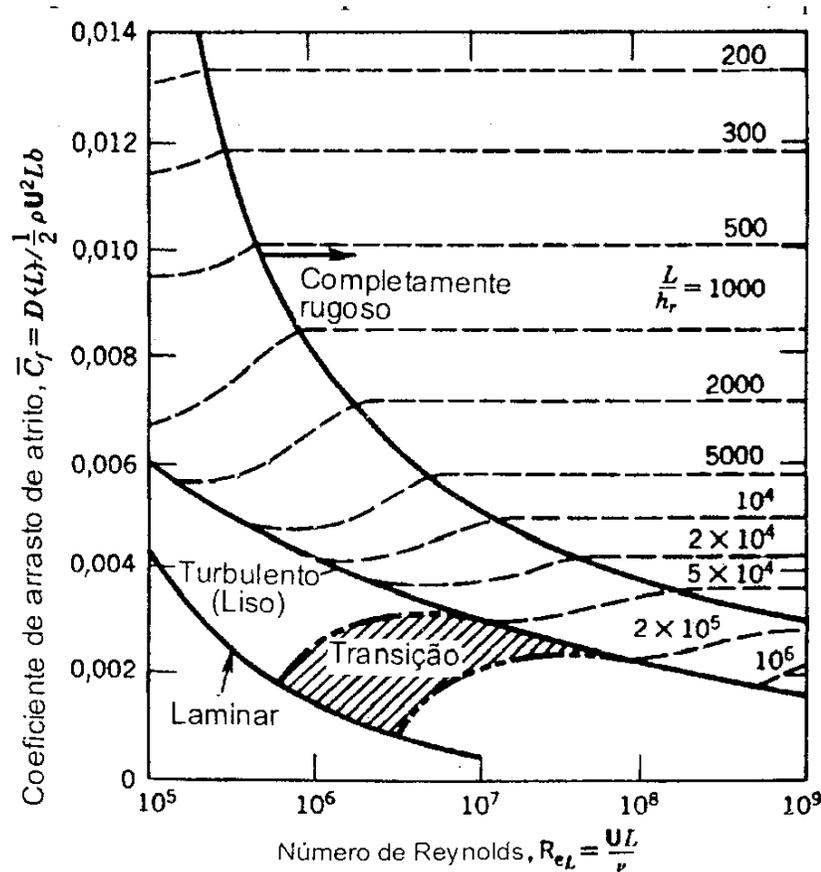
Tabela 6-1 Resumo das relações da camada limite para uma placa plana lisa

Laminar	$Re_x < 5 \times 10^5$
$u/U = f(y\sqrt{U/\nu x})$	Veja Tabela 6-2
$\delta/x = 5,0 Re_x^{-1/2}$	
$\tau_p = 0,332 \rho U^2 Re_x^{-1/2}$	
$C_{fx} = 0,664 Re_x^{-1/2}$	
$\bar{C}_f = 1,328 Re_L^{-1/2}$	
Turbulento	$5 \times 10^5 < Re_x < 10^7$
$u/U \cong (y/\delta)^{1/7}$	
$\delta/x = 0,371 Re_x^{-1/5}$	
$\tau_p = 0,0296 \rho U^2 Re_x^{-1/5}$	
$C_{fx} = 0,0592 Re_x^{-1/5}$	
$\bar{C}_f = 0,074 Re_L^{-1/5}$	

Filme

EXEMPLO 6-2

- Calcule o arrasto total, por unidade de largura, devido ao atrito (D_F) na placa plana lisa descrita no Exemplo 6-1.
- Estime a espessura da camada limite na extremidade final da placa quando for testada em ambos ar e água.
- Compare os valores de C_f e do arrasto devido ao atrito que a placa experimenta quando testada em ar e água para o mesmo número de Reynolds.



Efeito da Rugosidade Relativa no Coef. Arrasto da Placa Plana

6-3E Na extremidade da camada limite localizada a 7 ft acima de uma praia plana de areia a velocidade do vento é 18 ft/s. Estime a velocidade a 0,5 ft acima da praia.

$U = 5.59 \text{ m/s}$; $d = 2.13 \text{ m}$ qual é a velocidade u se $y = 0.152 \text{ m}$?
 Propriedades: $\nu = 15.09 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ & $\rho = 1.20 \text{ kg/m}^3$

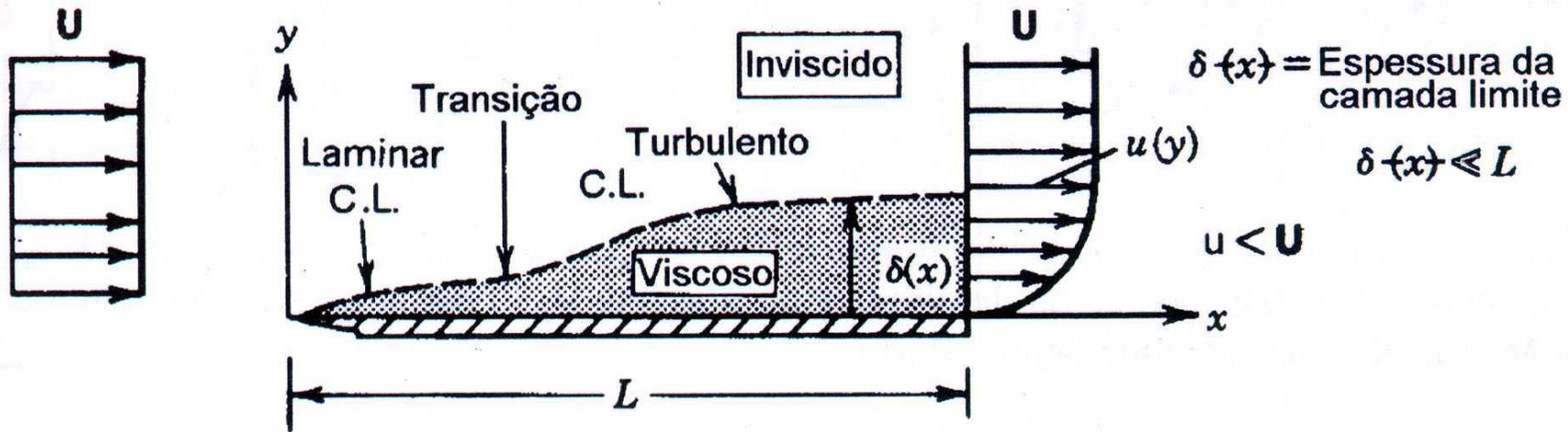
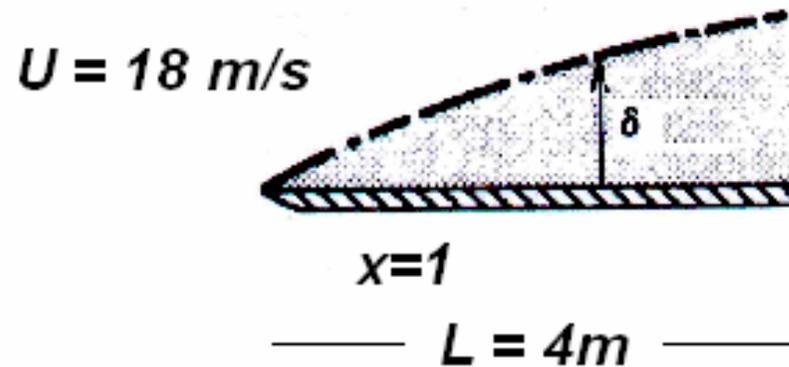


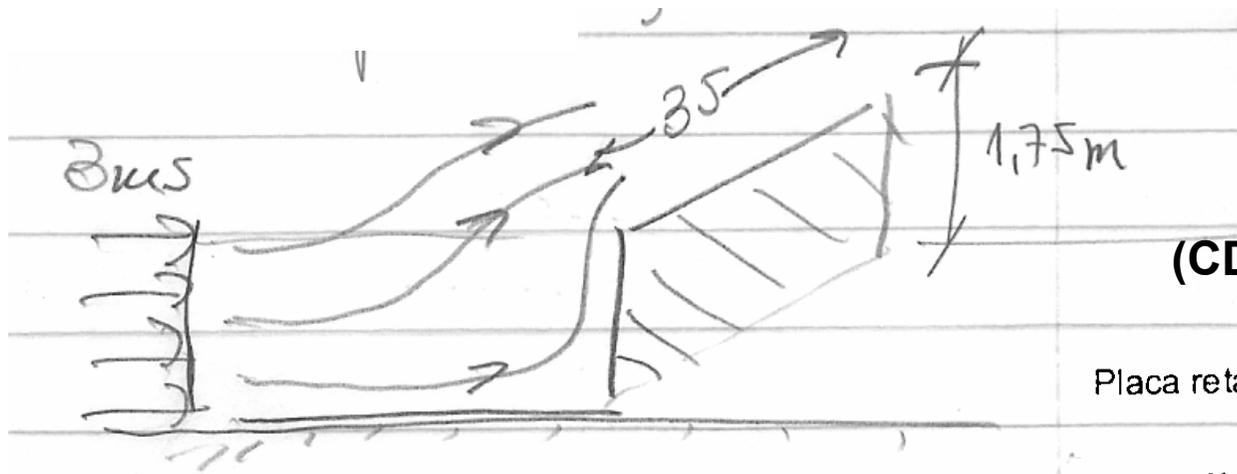
Figura 6.2 Camada limite hidrodinâmica sobre uma placa plana.

6-7 Ar nas condições padrão ao nível do mar e a 30°C escoava sobre uma placa plana. A velocidade do ar aproximando-se da placa, a velocidade da corrente livre, é 18 m/s . Determine a espessura da camada limite e a tensão de cisalhamento na parede τ_p , a $x = 1\text{ m}$ da borda de ataque da placa se o escoamento for turbulento a partir dessa borda devido à introdução de um pequeno fio atravessando a placa. Se a placa tiver comprimento total de 4 m , calcule o arrasto de atrito por unidade de largura sobre todo o comprimento da placa para escoamento turbulento (ambos os lados expostos à corrente livre).

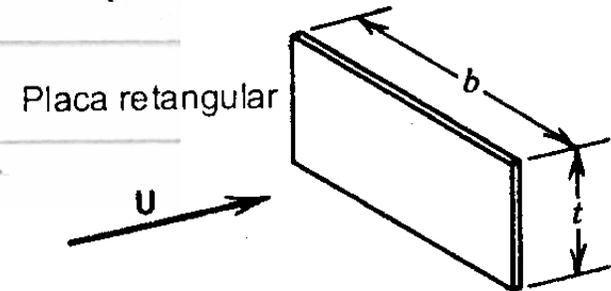


EXEMPLO 6-3

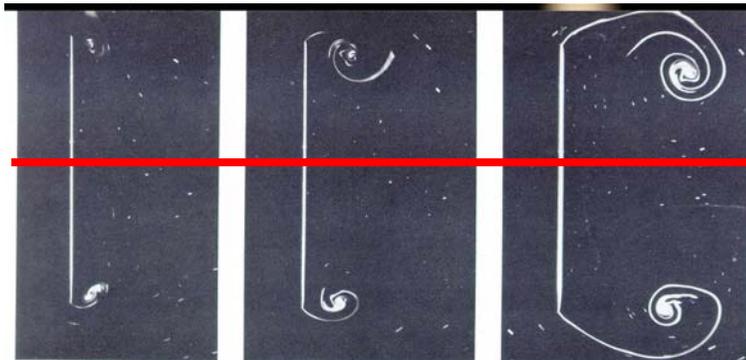
Um agente de propaganda foi contratado para instalar um quadro de 1,75 m de altura por 35 m de largura. Estima-se que a velocidade máxima do vento que o quadro pode experimentar seja de 3 m/s. A fim de projetar-se os suportes deste quadro calcule a força de arrasto máxima no quadro. ($v_{ar} = 14,6 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$, $\rho_{ar} = 1,23 \text{ kg/m}^3$.)



**Tab. 6.4 - $Re \sim 10^5$
(C_D baseado área frontal)**



$\frac{b}{t} = 1$	$C_D = 1,18$
5	1,20
10	1,30
20	1,50
∞	2,00



**Plano
de Simetria**

63. Impulsive motion of a flat plate normal to itself. The Reynolds number is 88 based on breadth. White dye generated on the plate by electrolysis of water shows a

spiral vortex sheet shed from each edge. The plate has moved 0.079, 0.26, and 0.93 breadths. Taneda & Honji 1971

EXEMPLO 6-4

10~

0,45 m

As colunas de suportes para uma doca são formadas de cilindros circulares engastados no fundo do rio. A profundidade da água é de 6 m e o escoamento em torno dos pilares tem velocidade máxima de 1,5 m/s. Se o diâmetro de um pilar for de 0,2 m, determine o arrasto máximo no pilar. A temperatura da água é de 10 °C e os pilares são muito rugosos.

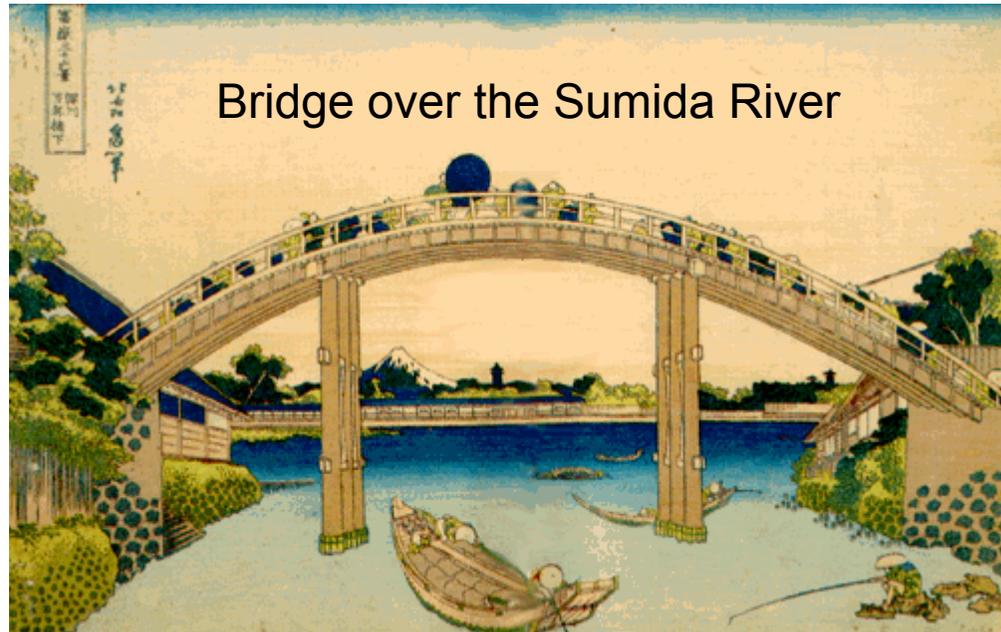
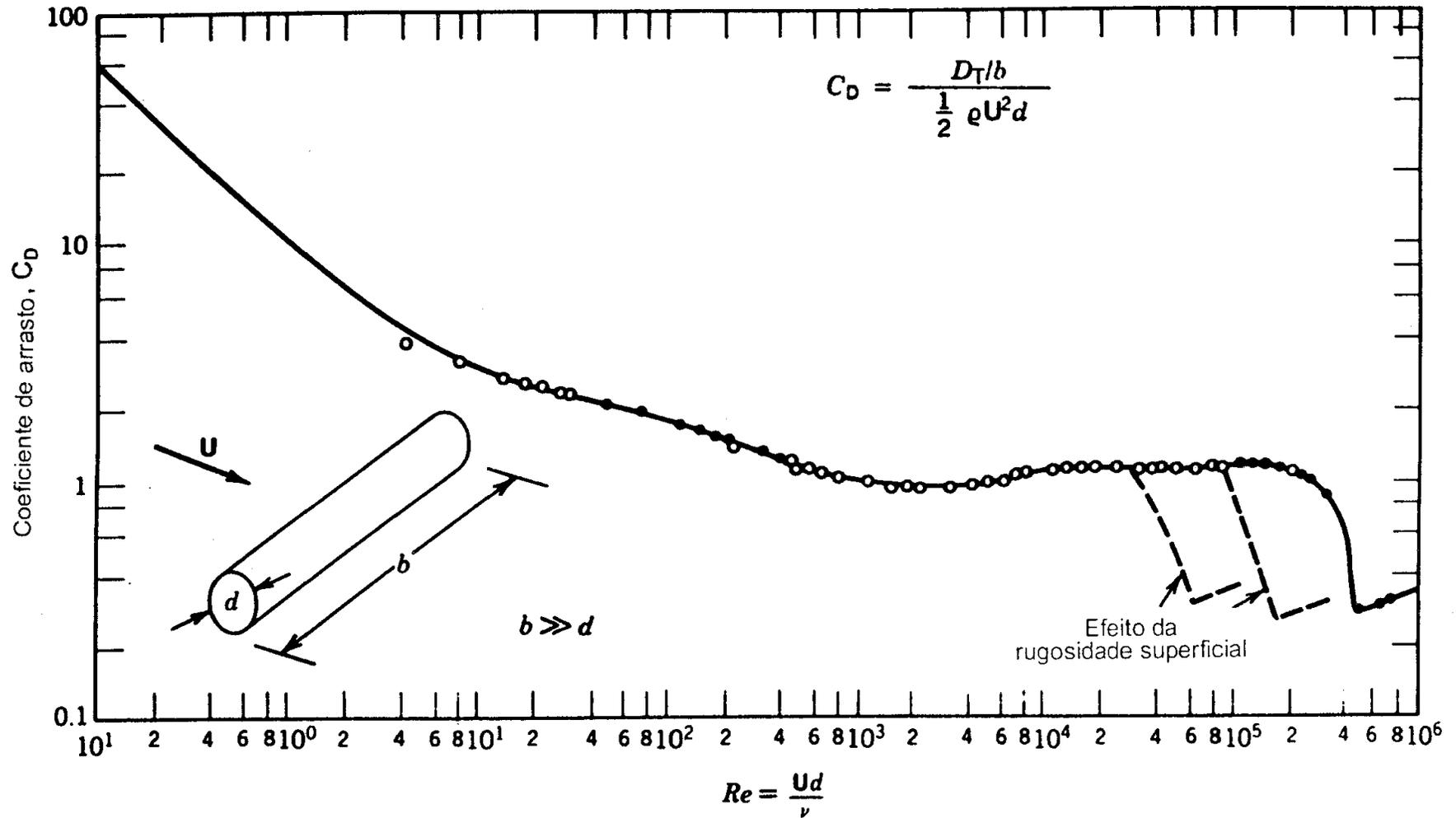


Figura 6-15 Coeficiente de Arrasto para o Cilindro

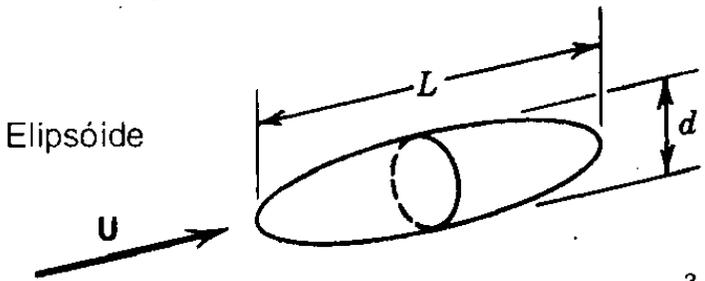


EXEMPLO 6-5

Uma aeronave viaja à velocidade de cruzeiro de 75 nós (126,6 ft/s) contra um vento frontal de 12,4 nós. A temperatura do ar é -20°F . A aeronave é um elipsóide de razão de eixos 4:1 com diâmetro máximo de 30 ft. Estime:

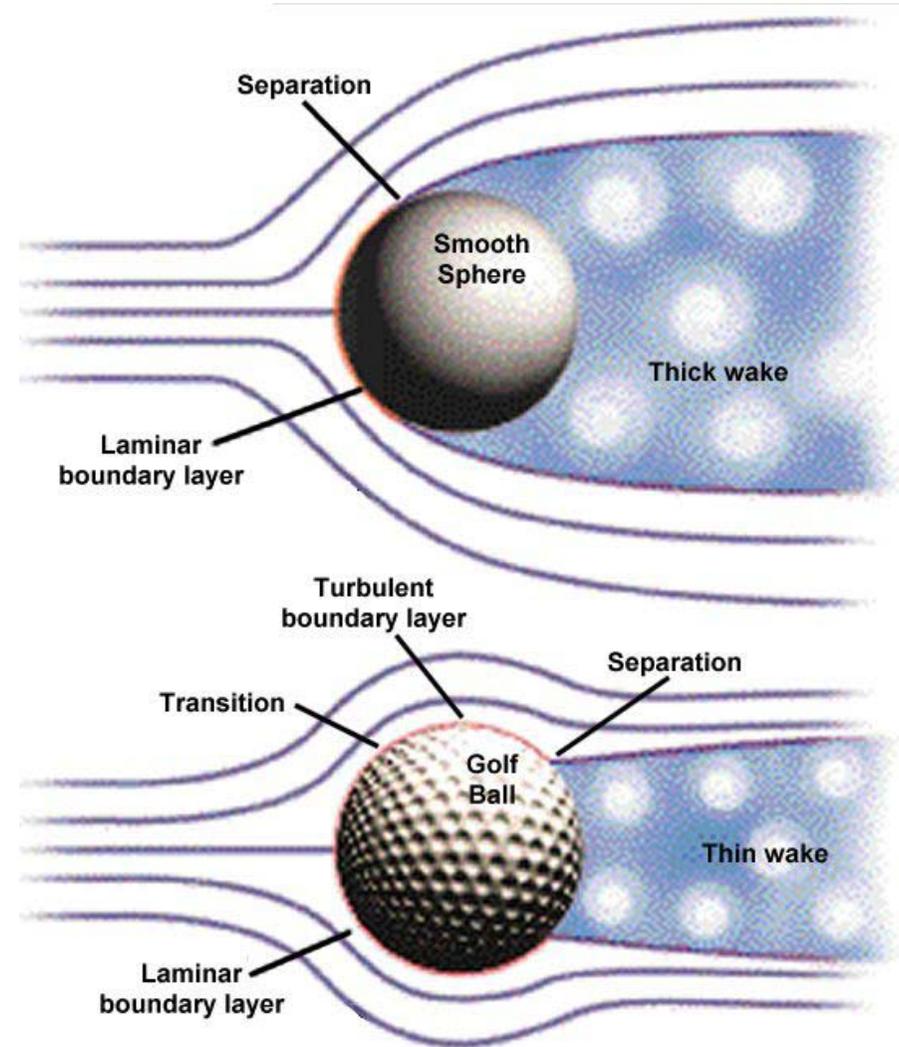
- O arrasto total sobre a aeronave.
- O arrasto de pressão sobre a aeronave (Nota: a área da superfície de um elipsoide é $4\pi ab$, onde a e b são os semi-eixos maior e menor, respectivamente).
- O arrasto total sem o vento.
- Compare a potência que deve ser fornecida ao fluido para mover a aeronave em (a) e (c).

**Tab. 6.4 - $Re \sim 10^5$
(C_D baseado área frontal)**



U	Laminar	Turbulento ³	
		$Re_L \approx 10^6$	$Re_L \approx 10^7$
$\frac{L}{d} = 1$	$C_D = 0,47$	0,100	0,090
2	0,25	0,055	0,040
4	0,20	0,065	0,041
8	0,23	0,100	0,078

6-8E Um arremessador num jogo de beisebol é cronometrado enquanto arremessa uma bola a 90 mph através do ar a 60 °F. Se o diâmetro da bola for de 2,80 in., calcule a força de arrasto sobre ela supondo que os efeitos da rugosidade na superfície são desprezíveis.



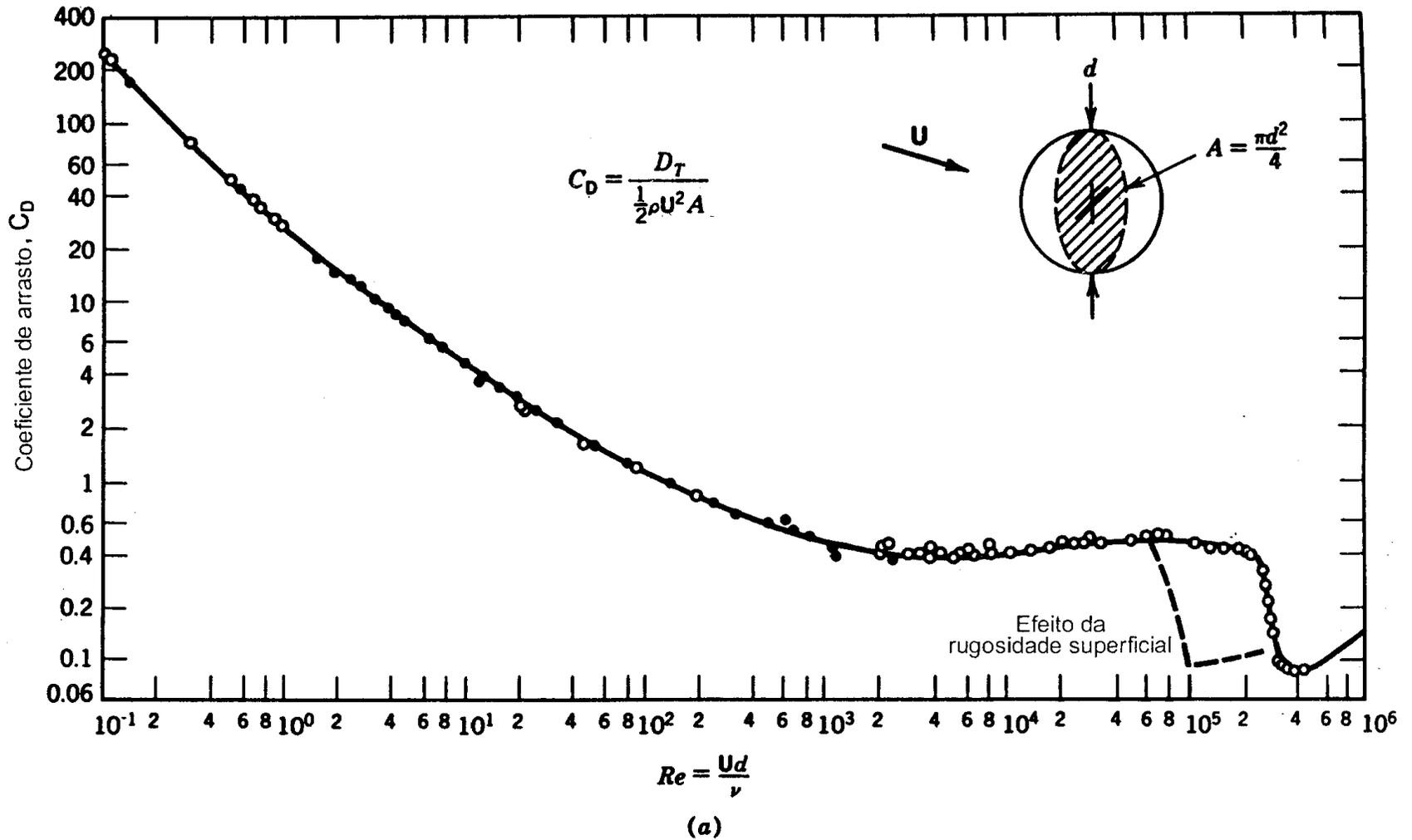


Figura 6-15 Coeficiente de arrasto para escoamento sobre uma esfera e sobre um cilindro infinito⁸. Usado com permissão.
 (a) Coeficiente de arrasto sobre uma esfera lisa. (b) Coeficiente de arrasto por unidade de comprimento sobre um cilindro circular liso posicionado na direção normal ao escoamento.

6-12 A lei de Stokes estabelece que o coeficiente de arrasto total sobre uma esfera é

$$C_D = \frac{24}{Re_d}$$



onde $Re_d < 1$. Mostre que a velocidade terminal, V_t , de uma esfera de diâmetro d caindo num fluido de viscosidade μ e densidade ρ_F é

$$V_t = \frac{gd^2(\rho_S - \rho_F)}{18\mu}$$

onde g é a constante gravitacional e ρ_S a densidade da esfera. O fluido é muito viscoso de forma que $Re_d \ll 1$. Como essa relação poderia ser usada para determinar a viscosidade do fluido?