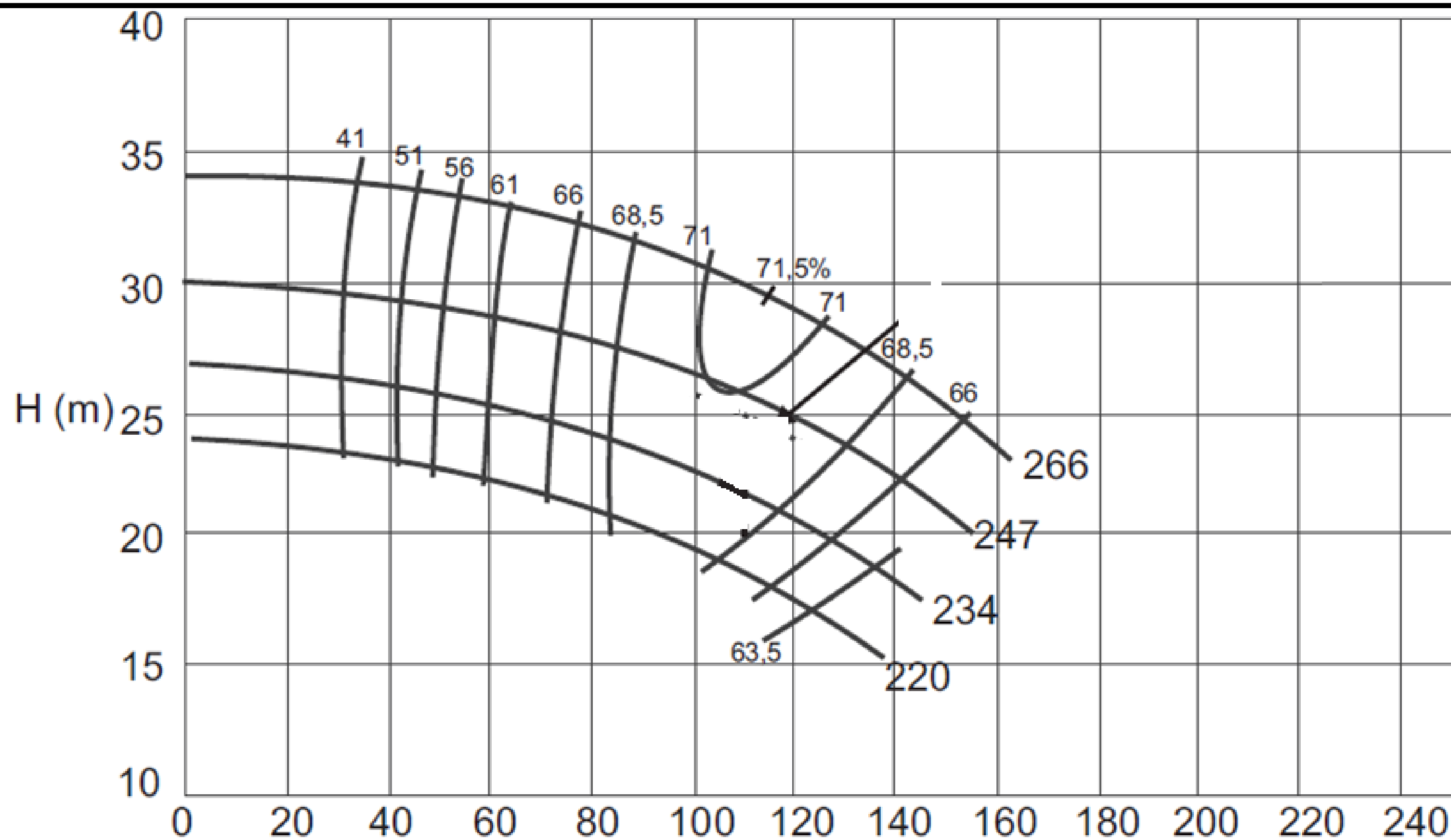
Décima terceira aula de teoria da disciplina ME5330

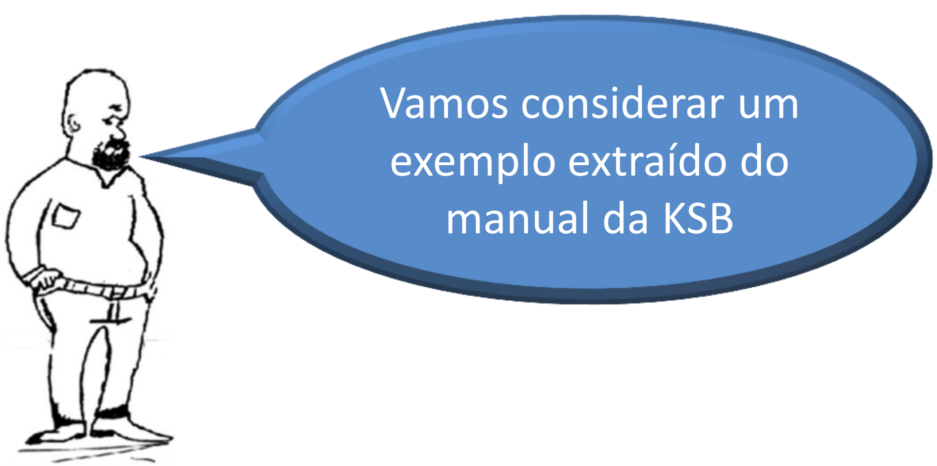
Raimundo (Alemão) Ferreira Ignácio

19/11/2013

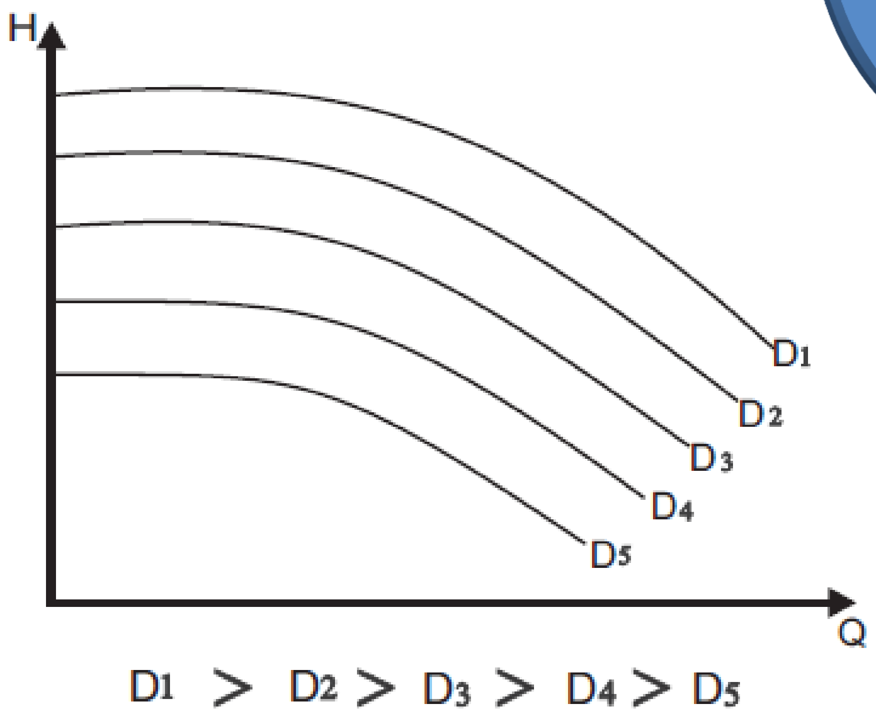

Até este ponto sempre escolhemos o diâmetro do rotor imediatamente maior ao ponto de projeto marcado junto as curvas do fabricante, agora vamos estudar a determinação do diâmetro do rotor exato!
Legal, assim gastamos menos material!


Verdade, já que teremos uma redução do diâmetro do rotor,


H (m)
40
35
30
25
20
15
10
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
200
220
240
41
51
56
61
66
68,5
71
71,5%
71
68,5
66
63,5
266
247
234
220


Vamos considerar um exemplo extraído do manual da KSB

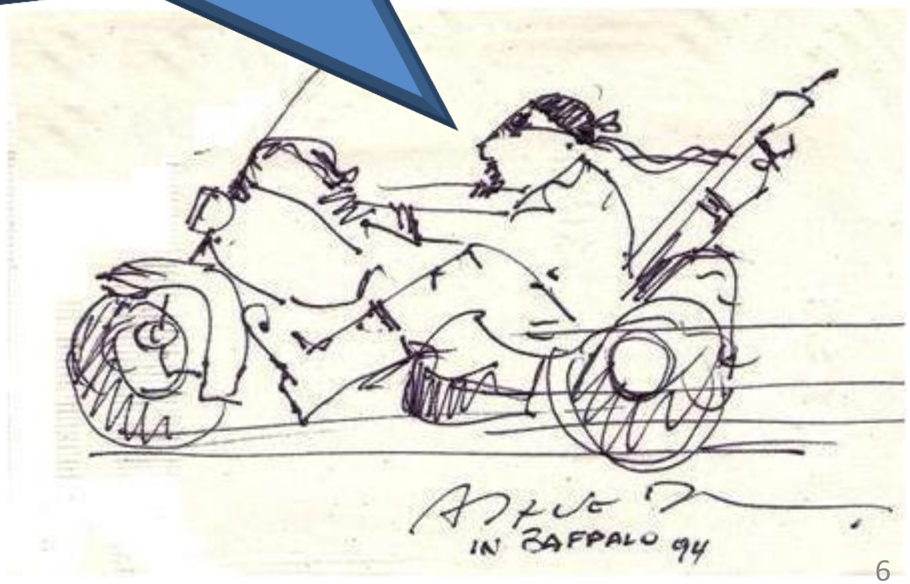

Antes vamos refletir sobre as curvas acima.


H
Q
D1
D2
D3
D4
D5
D1 > D2 > D3 > D4 > D5


Será que os fabricantes ensaiam todos esses rotores?

NÃO!

Os fabricantes partem do diâmetro do rotor máximo e o cortam em função da necessidade. Nas curvas do exemplo, partiu-se de 266 mm e se reduziu para 247, 234 e 220 mm.



E a redução do diâmetro do rotor radial de uma bomba, mantendo a mesma rotação, a curva característica da bomba se altera aproximadamente de acordo com as seguintes equações:

$$\frac{Q_m}{Q_p} = \frac{D_{R_m}}{D_{R_p}}; \frac{H_{B_m}}{H_{B_p}} = \left(\frac{D_{R_m}}{D_{R_p}}\right)^2;$$

$$\frac{N_{B_m}}{N_{B_p}} = \left(\frac{D_{R_m}}{D_{R_p}}\right)^3$$

$$\therefore \frac{D_{R_m}}{D_{R_p}} = \frac{Q_m}{Q_p} = \sqrt{\frac{H_{B_m}}{H_{B_p}}} = \sqrt[3]{\frac{N_{B_m}}{N_{B_p}}}$$

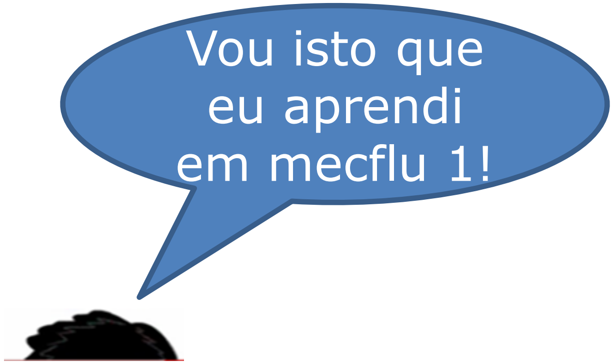
Importante salientar que existem autores que propõem que o expoente da relação de diâmetros na expressão de Q deva ser entre 0,9 e 1,1 e outros autores afirmam que este expoente deve ser 2.

MUITOS DEVEM ESTAR PENSANDO: “MAS NÃO FOI ISSO QUE EU APRENDI EM MECFLU 1”

Influência do Diâmetro do Rotor

Nesta análise é importante se distinguir duas situações diferentes. A primeira delas é quando se trata de bombas geometricamente semelhantes, isto é, bombas cujas dimensões físicas têm um fator de proporcionalidade constante. Neste caso, a análise dos parâmetros adimensionais fornece as relações:

$$\frac{Q_p}{Q_m} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^3 ; \qquad \frac{H_{Bp}}{H_{Bm}} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^2 \quad \text{e} \quad \frac{N_{Bp}}{N_{Bm}} = \left(\frac{D_{Rp}}{D_{Rm}} \right)^5$$



A outra situação é aquela na qual existe uma redução no diâmetro externo do rotor, permanecendo as outras características físicas constantes. Esta alternativa é utilizada pelos fabricantes de bombas para ampliar a faixa de operação de suas máquinas. Desta forma, são montadas bombas com volutas idênticas, porém com rotores de diâmetro diferentes. Deve-se ter em mente que esta redução é limitada, pois a redução grande do diâmetro do rotor faz com que a eficiência da bomba seja bastante reduzida. Na prática esta redução está limitada a cerca de 20% do maior rotor. Neste caso, a análise não pode ser feita diretamente pelos parâmetros adimensionais. Pela recomendação de Karassik e Stepanoff, temos:

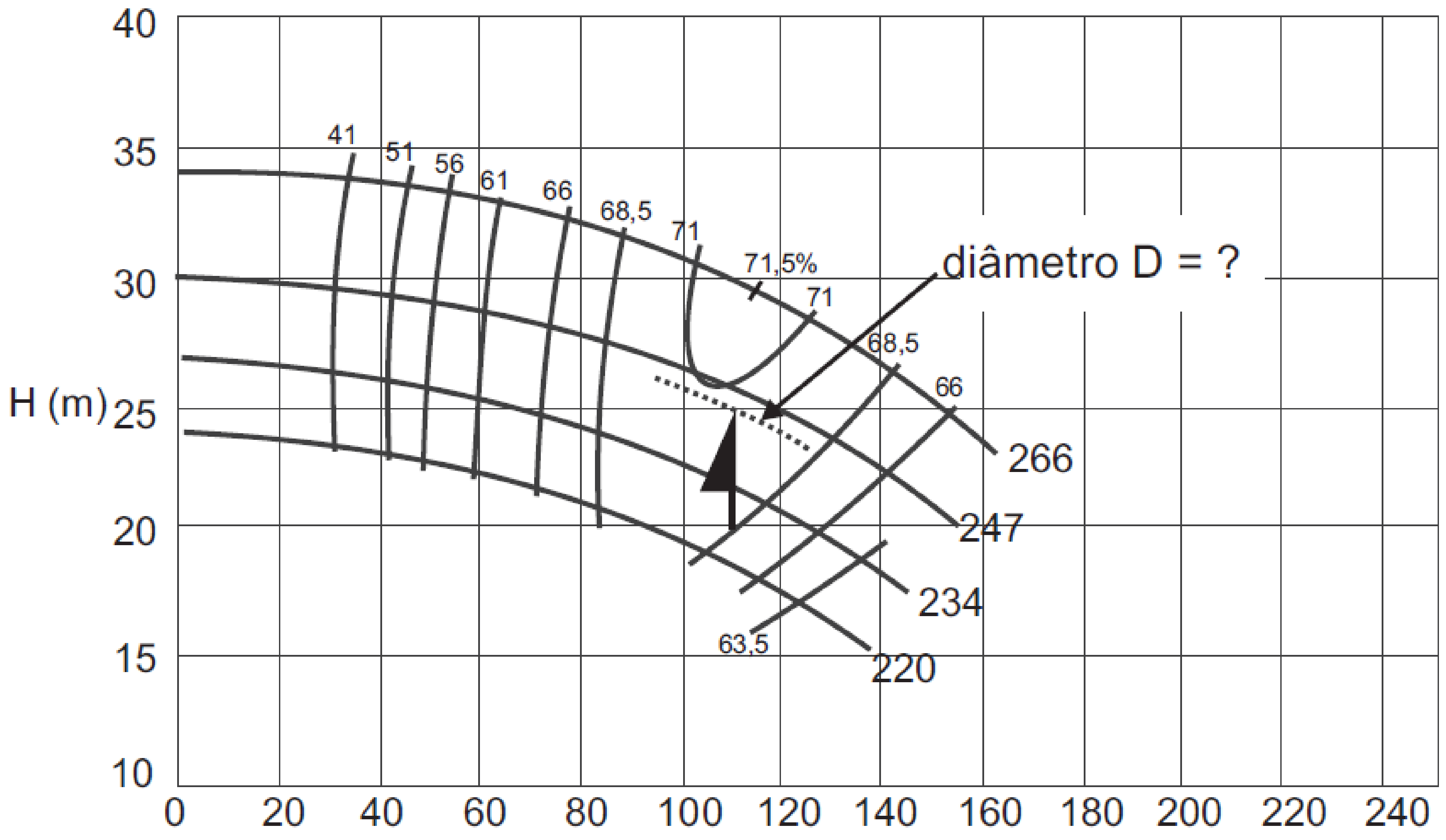
$$\frac{Q_2}{Q_1}=\left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}}\right); \qquad \frac{H_{B2}}{H_{B1}}=\left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}}\right)^2 \quad \text{e} \quad \frac{N_{B2}}{N_{B1}}=\left(\frac{D_{R2}}{D_{R1}}\right)^3$$

E aí existe outra possibilidade ...

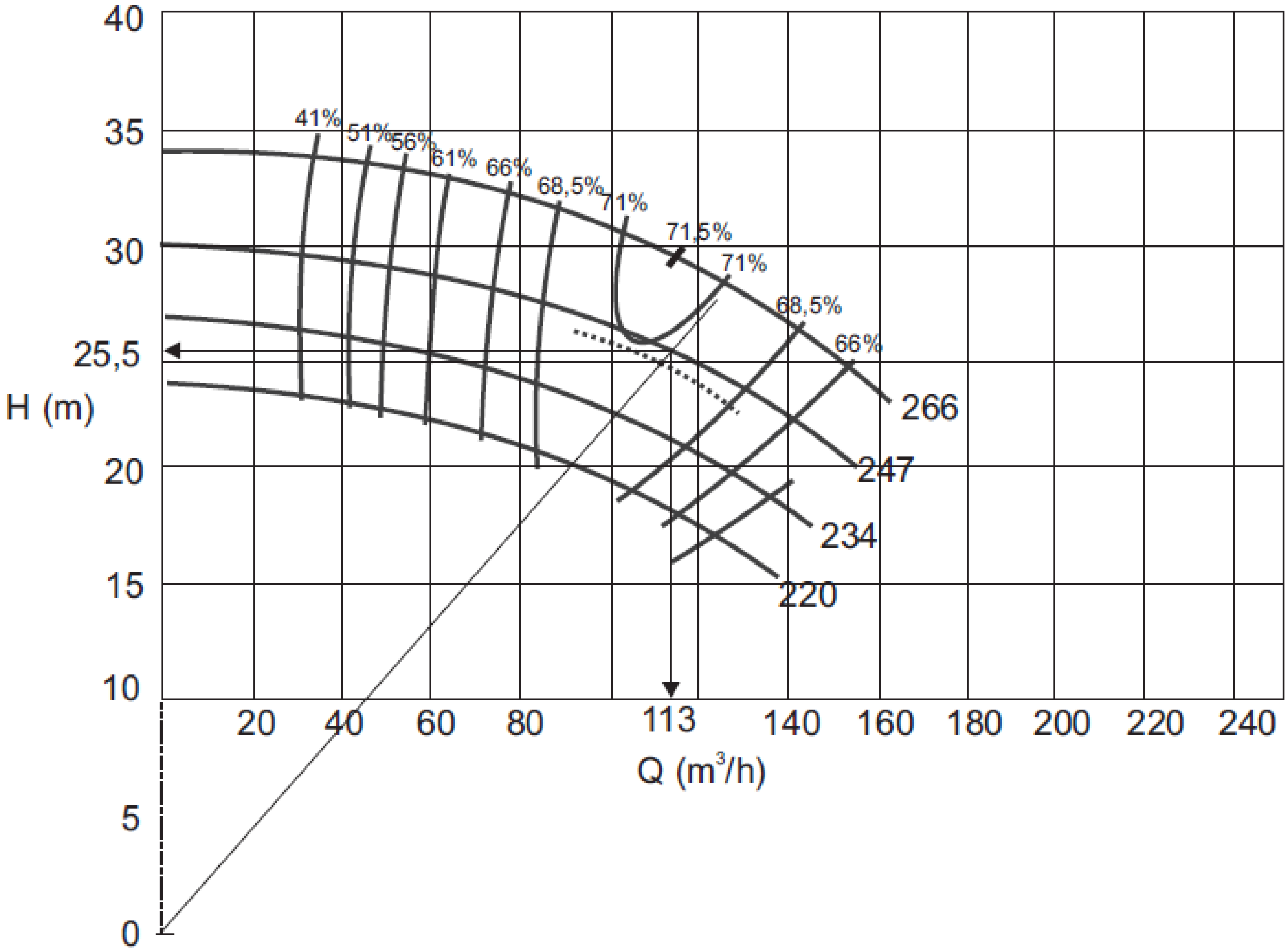
$$\frac{Q_p}{Q_C} = \frac{D_{Rp}^2}{D_{Rm}^2}$$


Vamos considerar um exemplo numérico.
Era isto que eu estava esperando!

Para uma vazão de 110 m³/h e uma altura manométrica de 25 m determine o diâmetro do rotor.



Como este plano cartesiano não apresenta a origem, encontramos a origem do plano utilizando a mesma escala; traçamos a reta desta origem encontrada passando pelo ponto de operação e atingindo o D_{rotor} imediatamente acima, conforme mostrado abaixo, e encontramos Q = 113m /h e H = 25,5 m para o D_{rotor} = 247 mm.

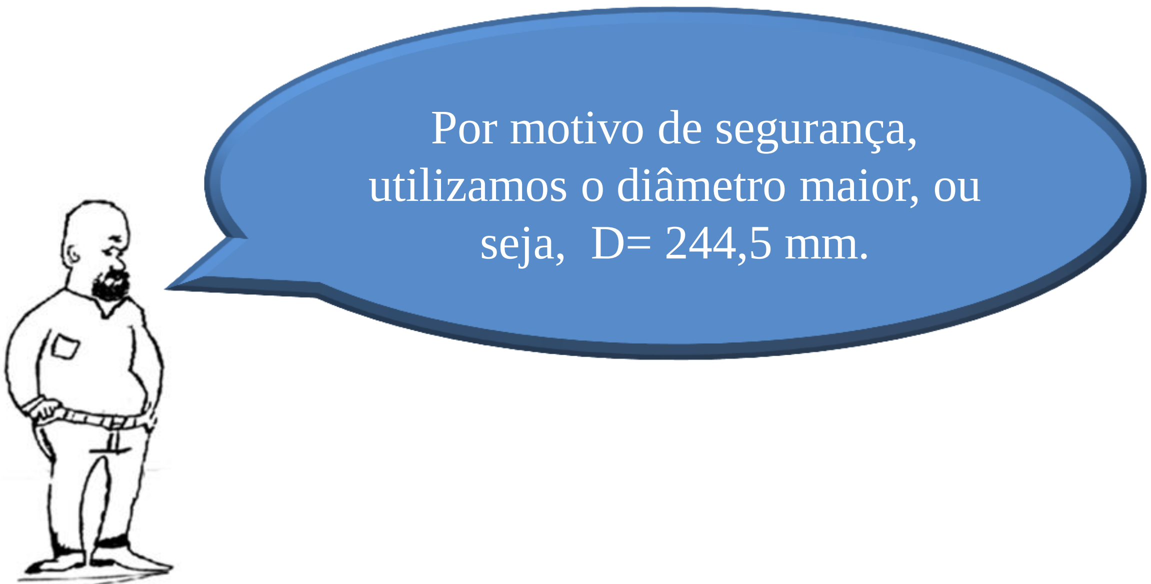


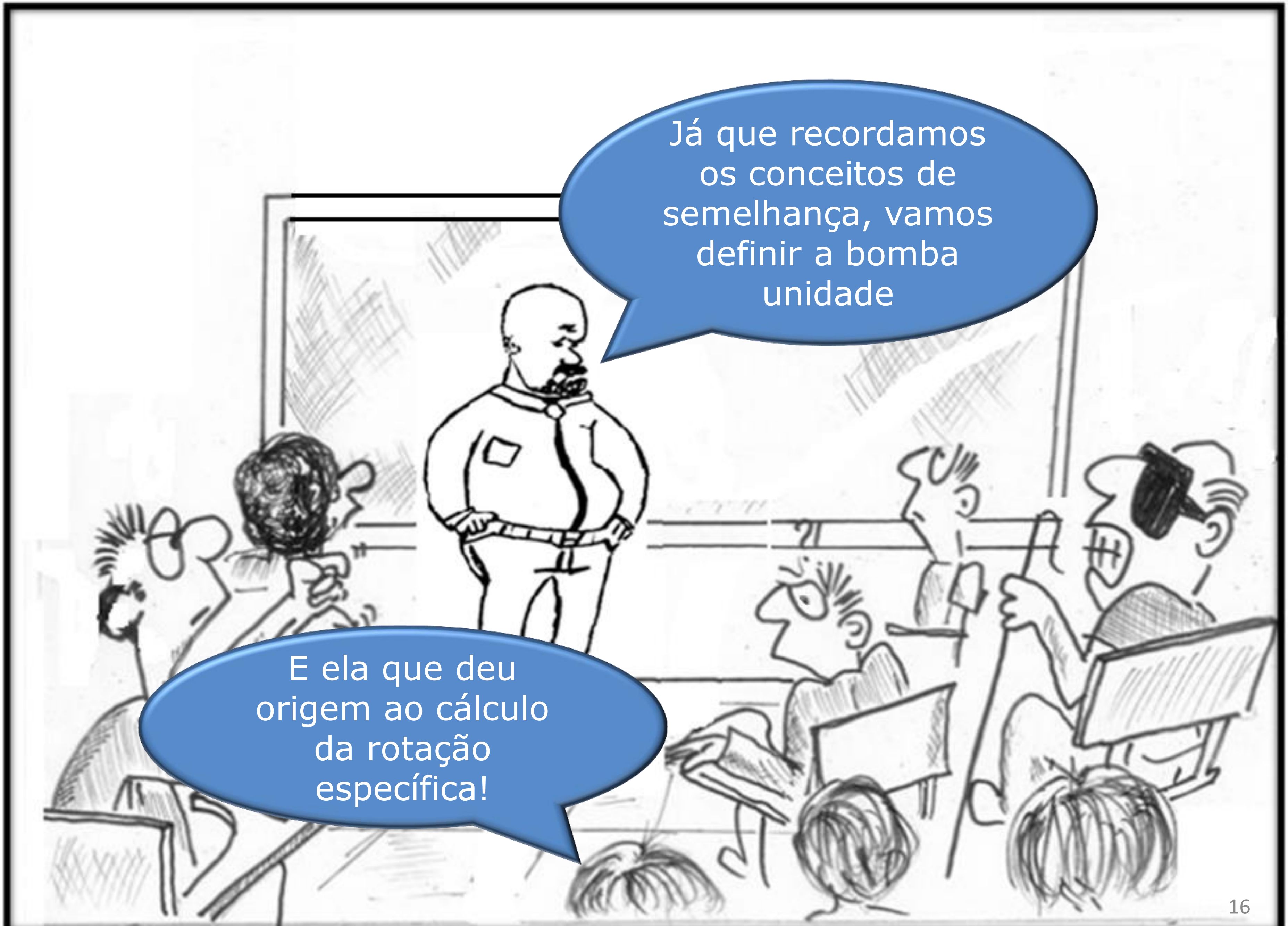
Utilizando as fórmulas apresentadas, calcula-se o diâmetro do rotor:

$$D = D_1 \times \frac{Q}{Q_1} \Rightarrow D = 247 \times \frac{110}{113} \cong 240{,}4\text{mm}$$

$$D = D_1 \times \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} \Rightarrow D = 247 \times \sqrt{\frac{110}{113}} \therefore D \cong 243\text{mm}$$

$$D = D_1 \times \sqrt{\frac{H}{H_1}} = D = 247 \times \sqrt{\frac{25}{25{,}5}} \therefore D \cong 244{,}5\text{mm}$$



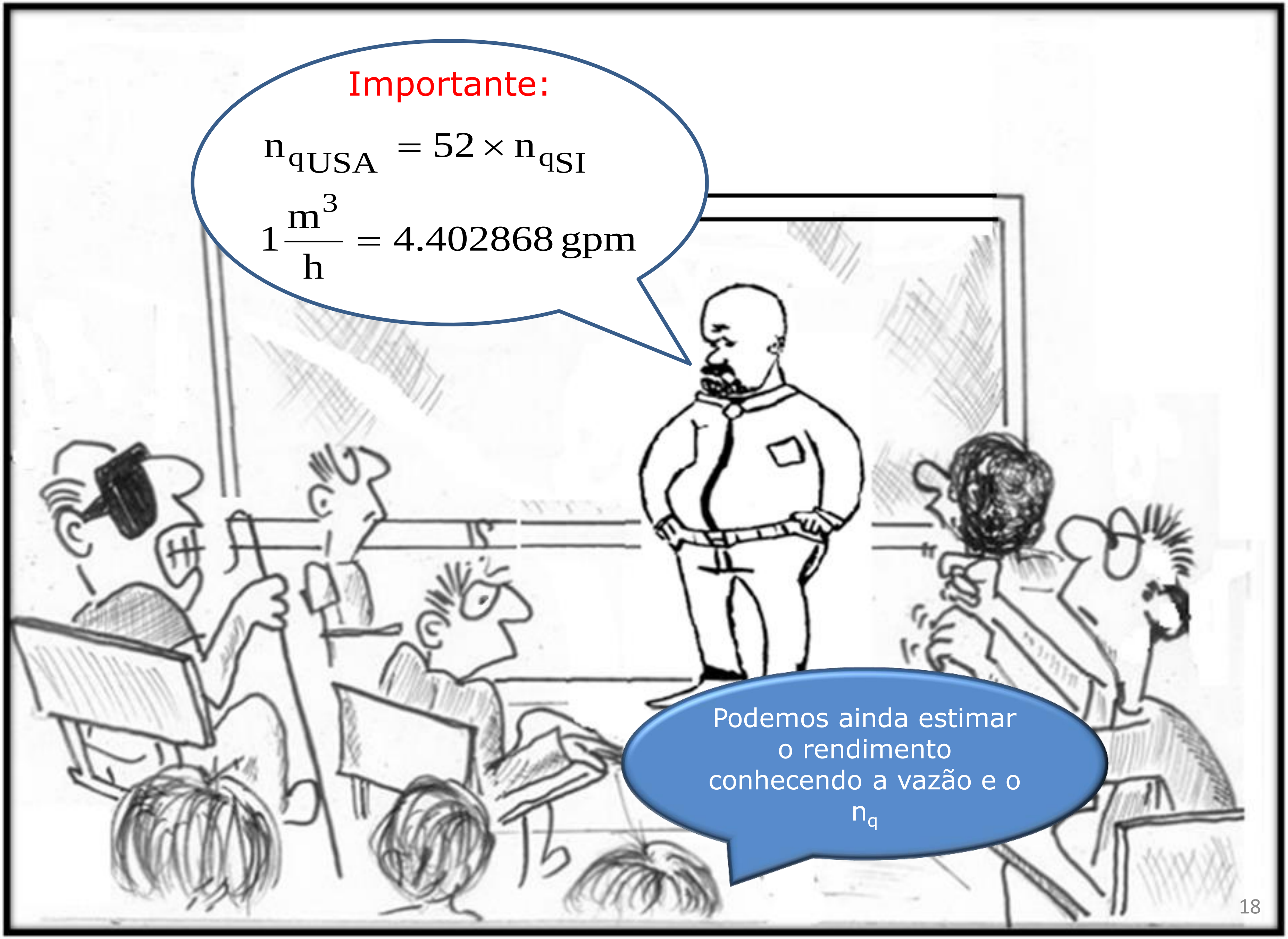

Já que recordamos os conceitos de semelhança, vamos definir a bomba unidade
E ela que deu origem ao cálculo da rotação específica!

$$\frac{1}{n_q^2 \times D_{rm}^2} = \frac{H_B}{n^2 \times D_{rp}^2} \therefore \frac{D_{rm}^2}{D_{rp}^2} = \left(\frac{n}{n_q}\right)^2 \times \frac{1}{H_B} \rightarrow (\mathrm{I})$$

$$\frac{1}{n_q \times D_{rm}^3} = \frac{Q}{n \times D_{rp}^3} \therefore \frac{D_{rm}^3}{D_{rp}^3} = \frac{n}{n_q} \times \frac{1}{Q} \rightarrow (\mathrm{II})$$

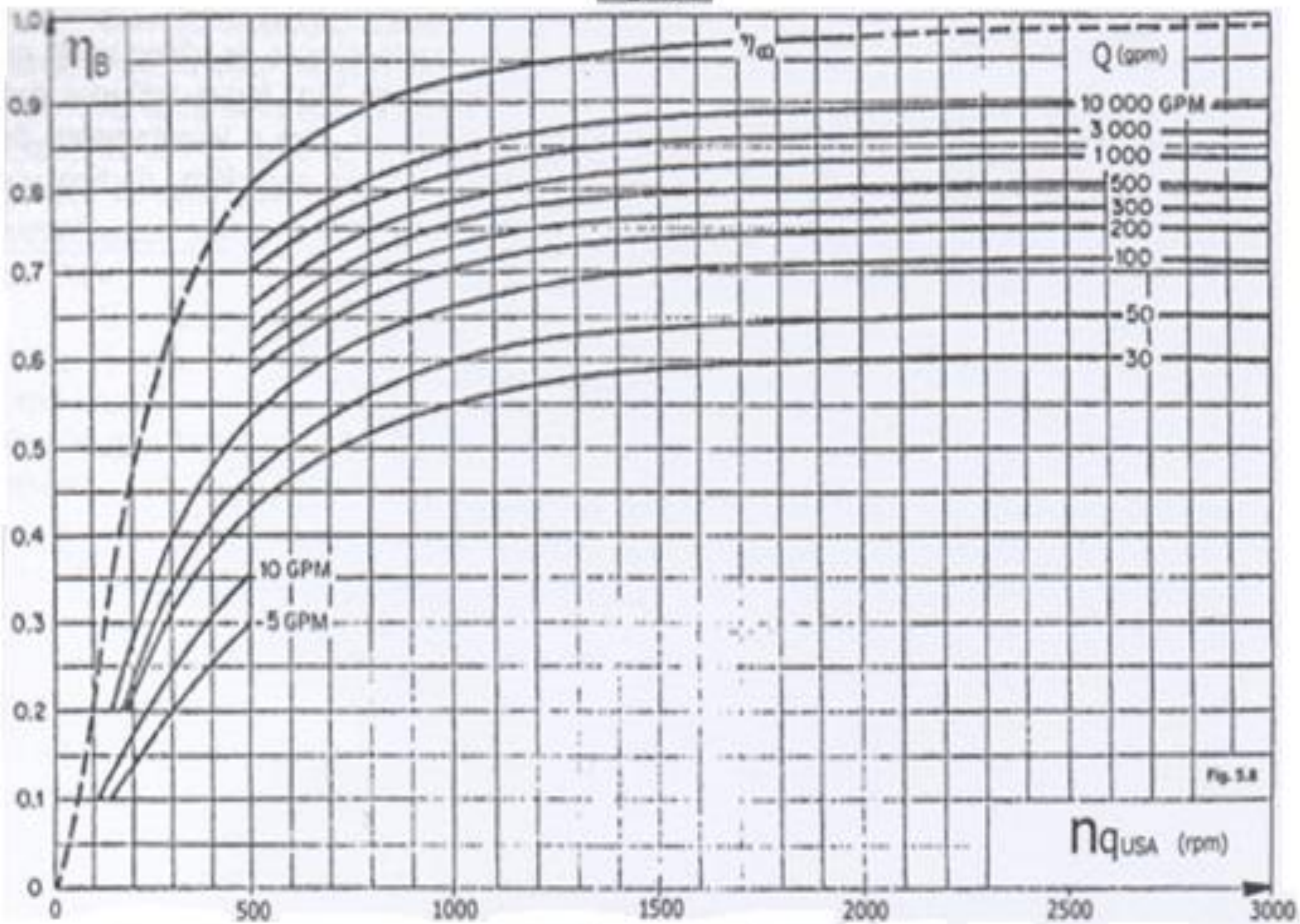
$$(\mathrm{I})^3 \text{ e } (\mathrm{II})^2 \therefore \left(\frac{n}{n_q}\right)^6 \times \left(\frac{1}{H_B}\right)^3 = \left(\frac{n}{n_q}\right)^2 \times \left(\frac{1}{Q}\right)^2$$

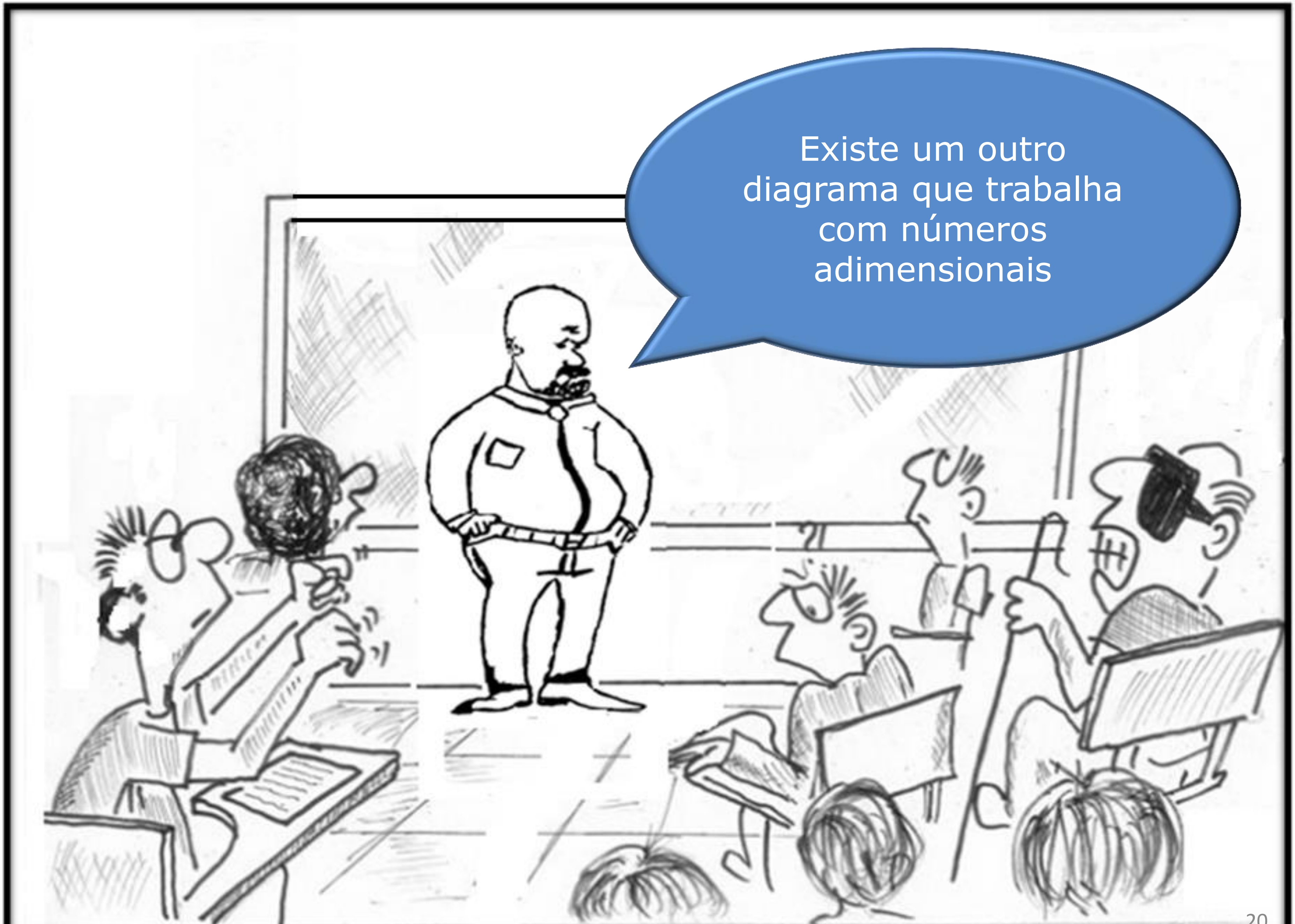
$$\left(\frac{n}{n_q}\right)^4 = \left(\frac{1}{Q}\right)^2 \times (H_B)^3 \therefore n_q = n \times \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H_B^3}}$$

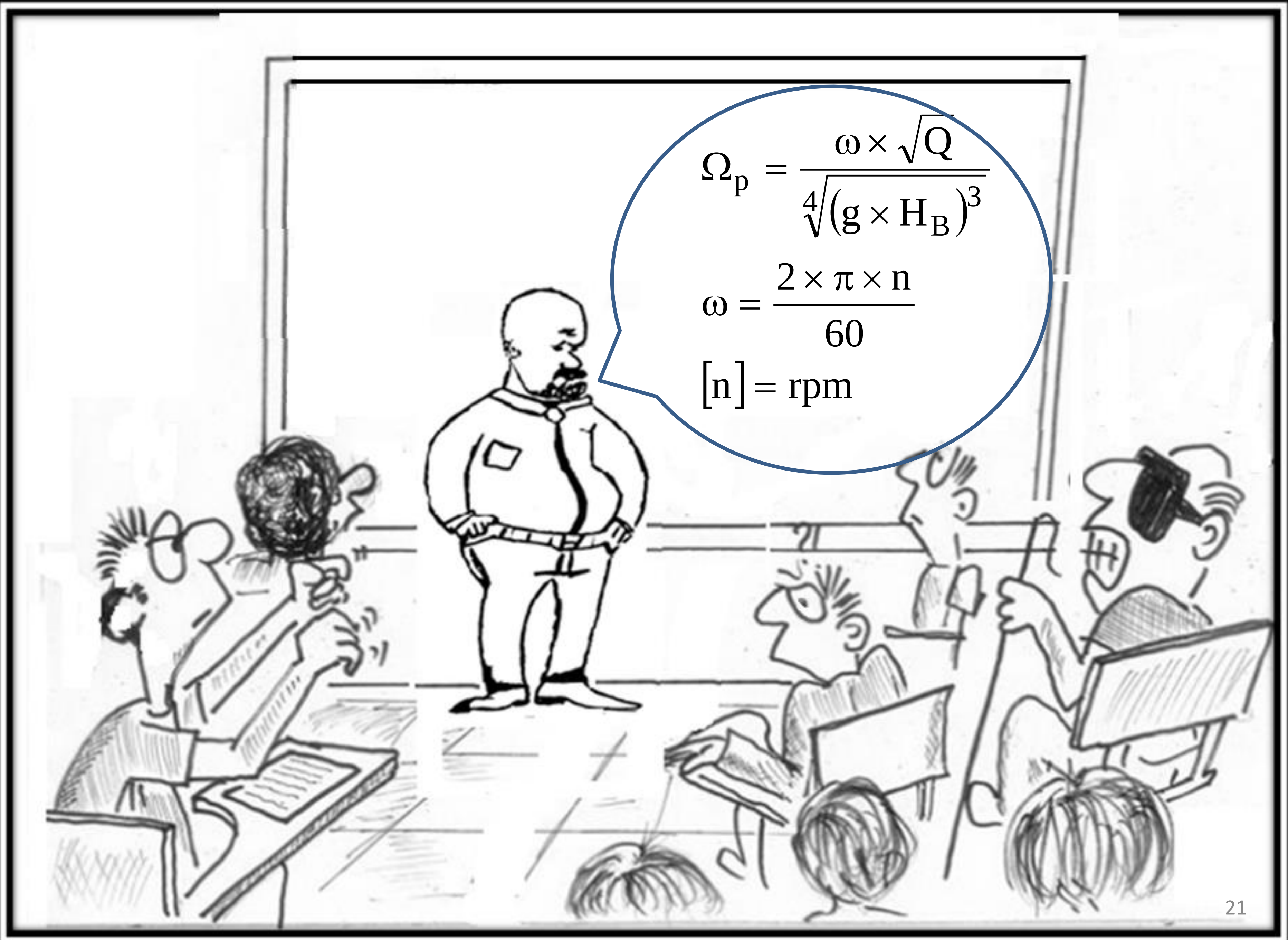

Importante:
$n_{qUSA} = 52 \times n_{qSI}$
$1\frac{m^3}{h} = 4.402868\,\text{gpm}$
Podemos ainda estimar o rendimento conhecendo a vazão e o n_q

Bombas & Instalações de Bombeamento –3ª ed.- Sérgio Lopes dos Santos

Fig. 5.8




Existe um outro diagrama que trabalha com números adimensionais


$\Omega_p = \frac{\omega \times \sqrt{Q}}{\sqrt[4]{(g \times H_B)^3}}$
$\omega = \frac{2 \times \pi \times n}{60}$
$[n] = rpm$

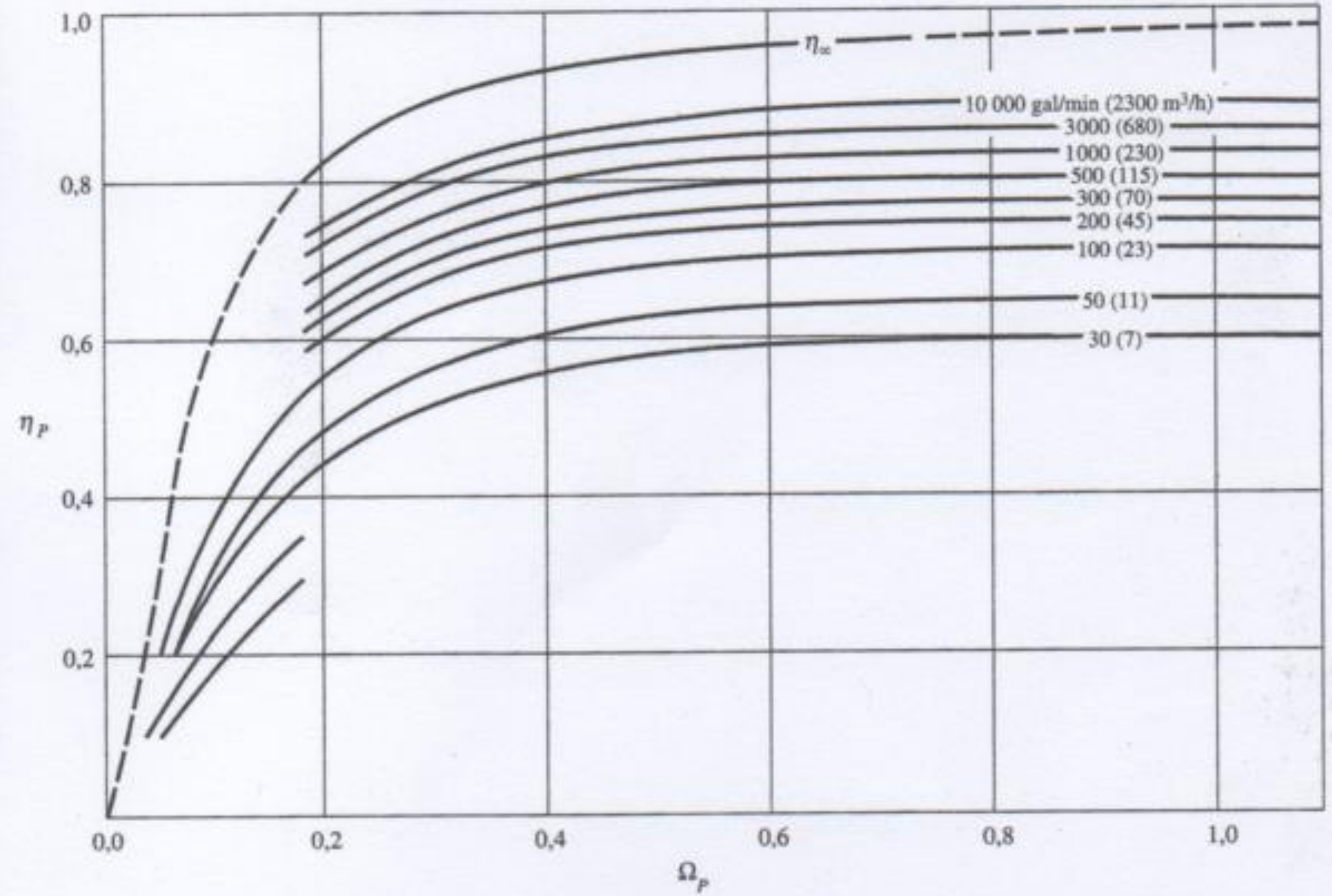


FIGURA 12.15 Eficiência máxima em função da velocidade específica e descarga para bombas de fluxo radial. (Adaptada com autorização de Karassik et al., 1986.)

TIPOS DE ROTORES X VELOCIDADE ESPECÍFICA