

Quarta aula de laboratório de ME5330

Primeiro semestre de 2014





As experiências hoje serão: obtenção da curva $H_B = f(Q)$ para a rotação de 3500 rpm e compará-la com a curva fornecida pelo fabricante e obtenção da CCI através do inversor de frequência.

Logo duas de uma só vez!

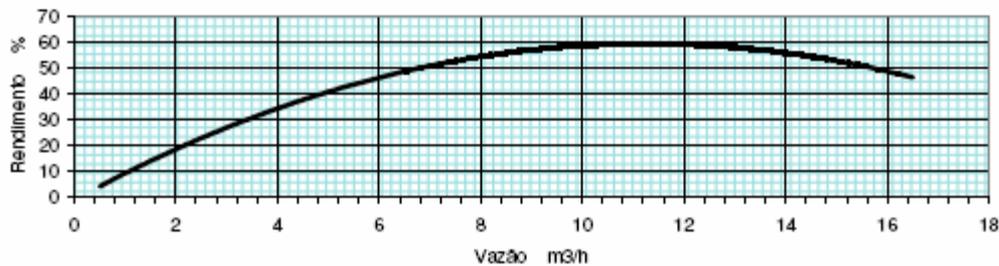
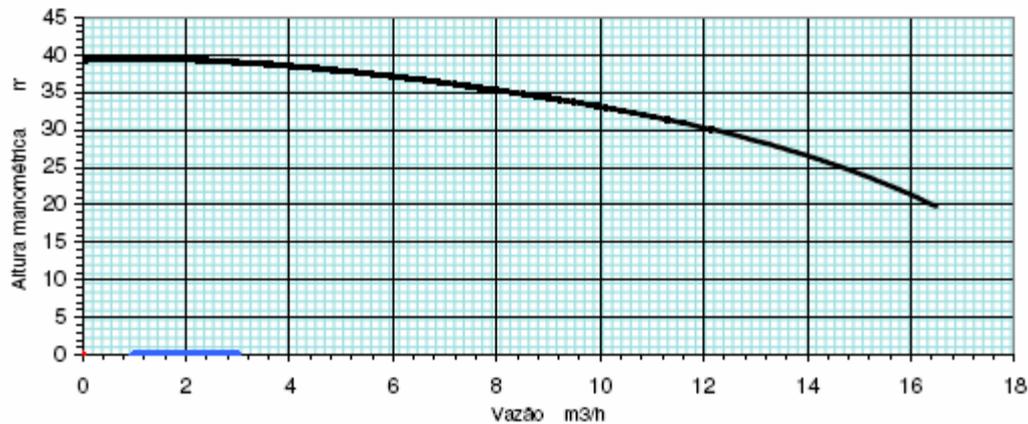
Importante observar que todos os pontos da curva de HB em função da vazão estão na mesma rotação.



Que rotação é esta?

GRUNDFOS		MARK GRUNDFOS LTDA.					MODELO	
MARK		Bomba Centrífuga Monoestágio					DF	
Rotor	146	mm	Número de estágios	1	Sucção	Recalque	RPM	3.500
Ponto de trabalho					1.1/2"	1"	Válido para água limpa a 20 C.	
Q	Hm				Vedação	Roscas		
CV	%				Selo mecânico	BSP		

Testes e Aceltação conforme Norma ISO 9906:1999 Anexo A



Para responder a pergunta que rotação é dada nas curvas do fabricante devemos entender o conceito de velocidade síncrona.



Velocidade de rotação síncrona (n_s)



$$n_s = \frac{120 \times f}{p} \rightarrow [f] = \text{Hz}$$

p = número de pólos

2 pólos = 3600 rpm

4 pólos = 1800 rpm

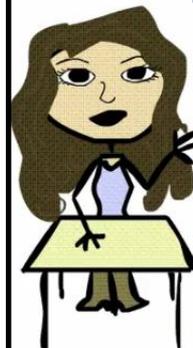
6 pólos = 1200 rpm

8 pólos = 900 rpm

Geralmente os motores síncronos só são usados para potências > que 500CV



Pelo decreto número 4508 de 11 de dezembro de 2002 do Ministério de Minas e Energia teríamos os motores elétricos com uma frequência nominal igual a 60 Hz.

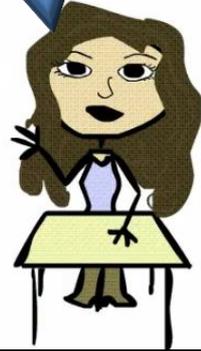


E os motores assíncronos?



Nos motores assíncronos a velocidade de rotação não coincide exatamente com a velocidade de sincronismo.

Ela é menor?



Sim e a diminuição é originada pelo escorregamento (escor.), que geralmente é da ordem de 2,5 a 5%

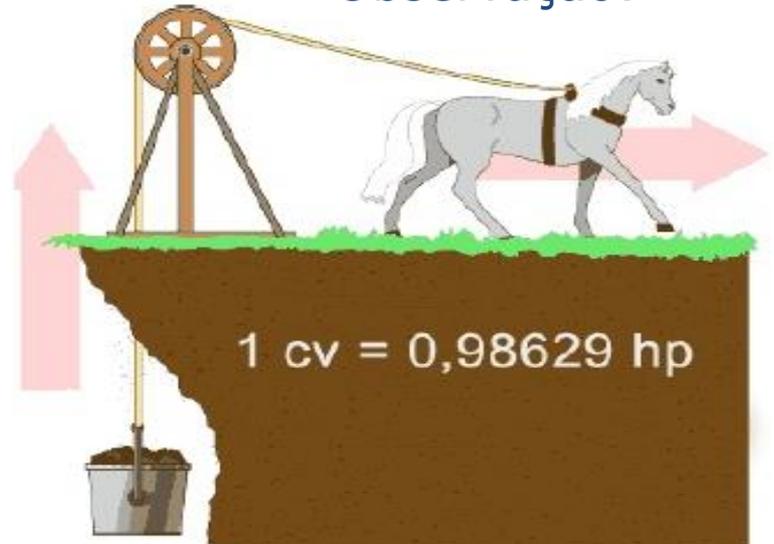
$$n = n_s \times \left(1 - \frac{\text{escor.}}{100} \right)$$

Para a rotação de 3500 rpm o escorregamento é aproximadamente igual a 2,8%, já que:

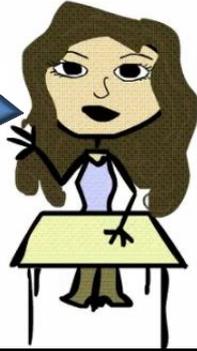


$$3500 = 3600 \times \left(1 - \frac{\text{escor.}}{100} \right)$$

Observação:



O que acontece com a curva $H_B = f(Q)$ com a variação da rotação?

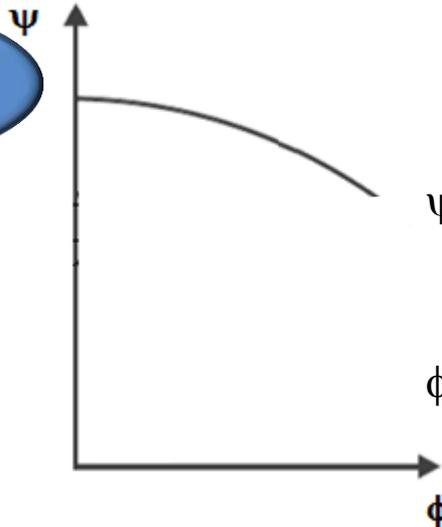


Para responder a esta pergunta evoco o coeficiente manométrico (ψ) e o coeficiente de vazão (ϕ)

$$\psi = \frac{g \times H_B}{n^2 \times D_r^2}; \phi = \frac{Q}{n \times D_r^3}$$



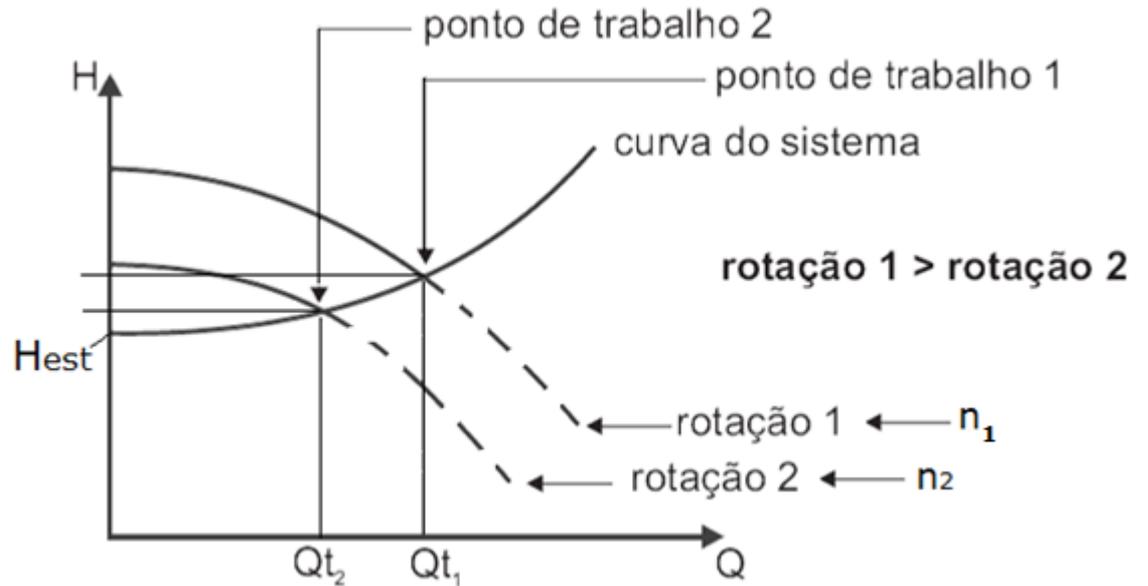
Recordando a curva universal



$$\psi_1 = \psi_2 = \psi = \text{cte} \therefore H_B = \frac{\psi \times n^2 \times D_r^2}{g}$$

$$\phi_1 = \phi_2 = \phi = \text{cte} \therefore Q = \phi \times n \times D_r^3$$

Portanto a rotação n influencia o ponto de trabalho!



Na experiência de bomba, para cada posição da válvula globo, temos:



$$H_e + H_B = H_s$$

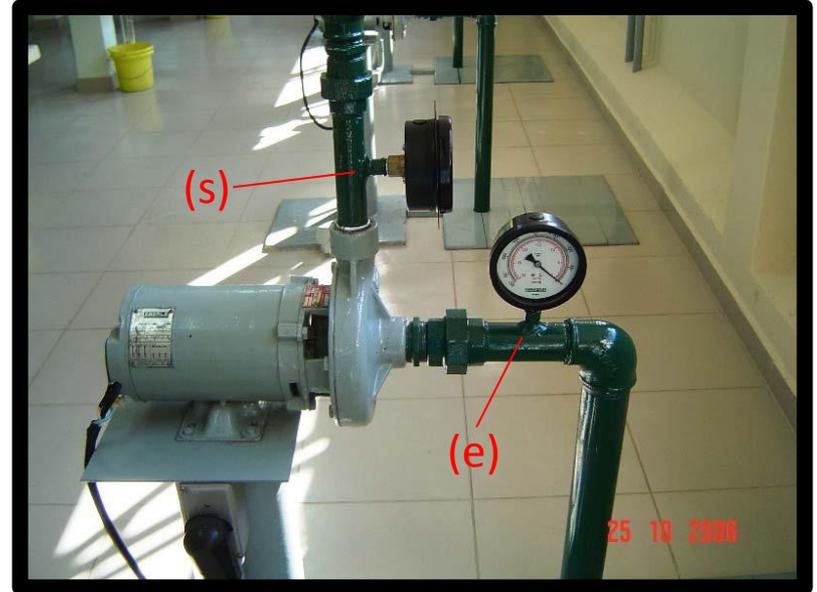
$$z_e + \frac{p_e}{\gamma} + \frac{\alpha_e v_e^2}{2g} + H_B = z_s + \frac{p_s}{\gamma} + \frac{\alpha_s v_s^2}{2g}$$

E lemos a rotação (n_{lida})

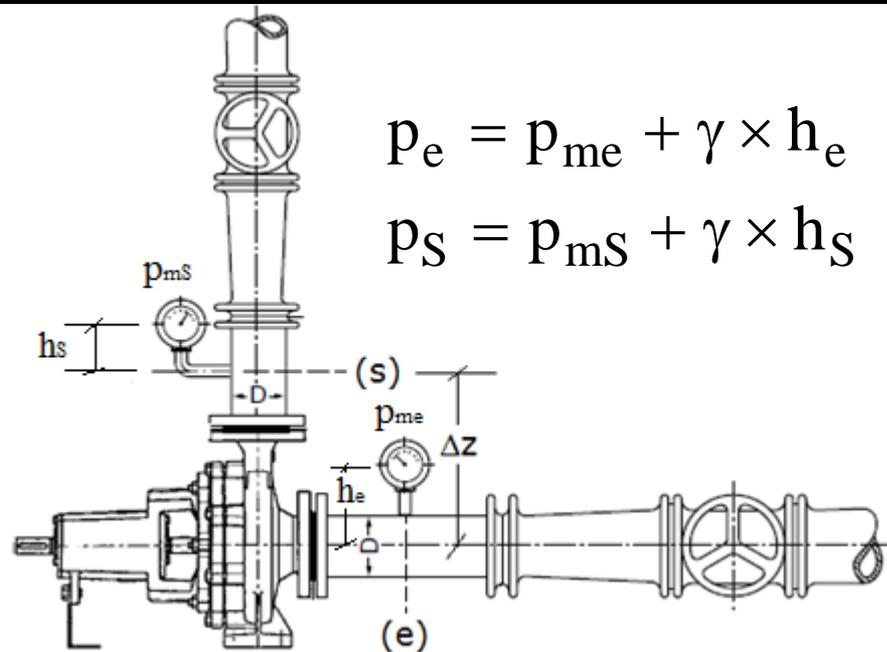




Para a situação
descrita ao
lado temos:
 $p_e = p_{me} + \gamma \cdot h_e$
e $p_s = p_{ms}$



Já na situação
ao lado ambas
as pressões
devem ser
corrigidas!



Determinação da vazão



$$Q = \frac{V}{t}$$

$$Q = \frac{\Delta h \times A_t}{t}$$



Reforçando, para cada vazão lemos a rotação com o auxílio de um tacômetro.





Tabela de dados:

Ensaio	Pme (<u> </u>)	he (mm)	Pms (<u> </u>)	hs (mm)	Δh (mm)	t (s)	n (rpm)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							



Como corrigir o HB e a Q para uma rotação n?

$$\phi_{n\text{lida}} = \phi_n \rightarrow \frac{Q_{n\text{lida}}}{n_{\text{lida}}} = \frac{Q_n}{n}$$

$$Q_n = \left(\frac{n}{n_{\text{lida}}} \right) \times Q_{n\text{lida}}$$

$$\varphi_{n\text{lida}} = \varphi_n \rightarrow \frac{H_{Bn\text{lida}}}{n_{\text{lida}}^2} = \frac{H_{Bn}}{n^2}$$

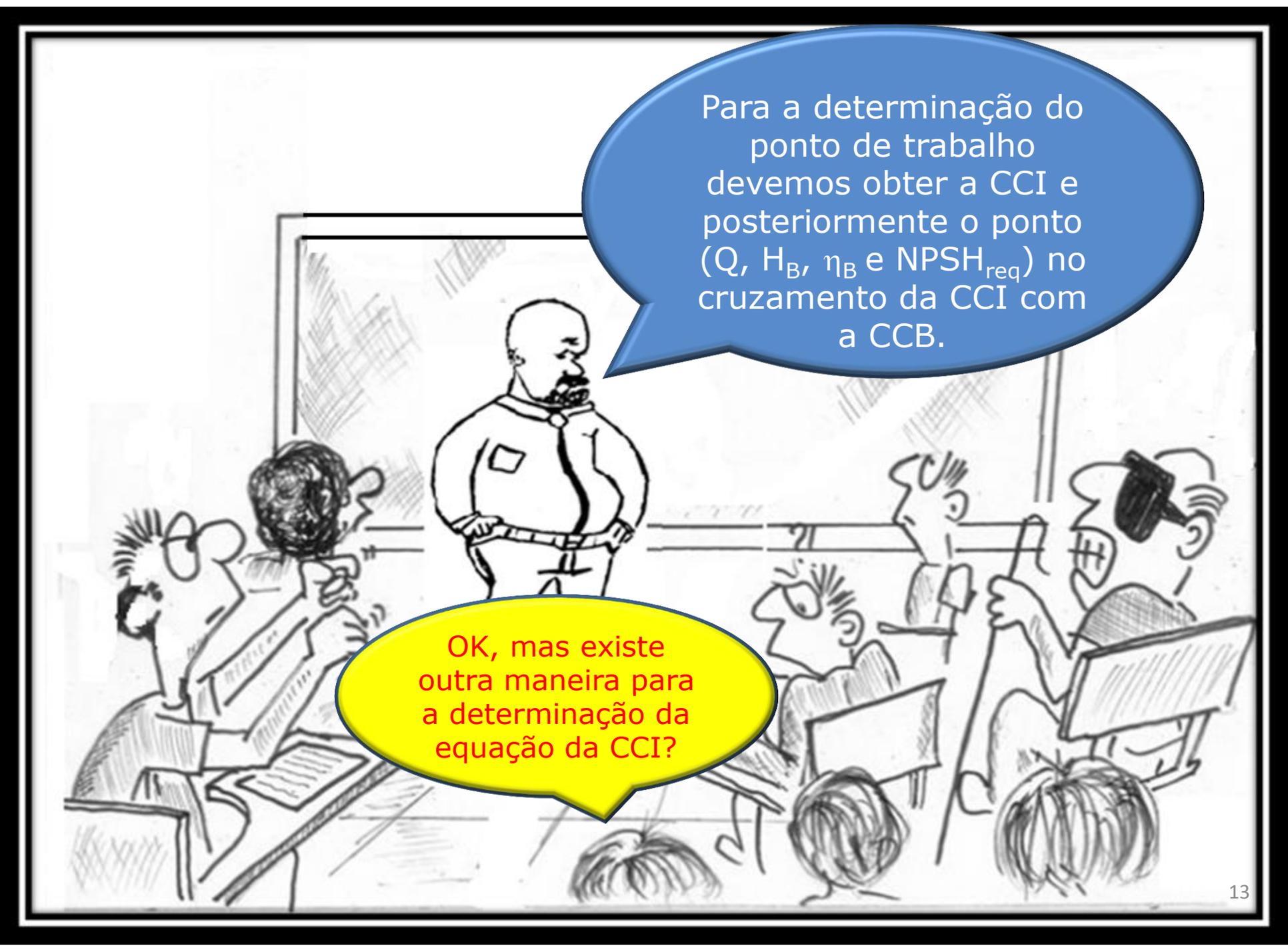


Recorrendo aos coeficientes de vazão (Φ) e o coeficiente manométrico (Ψ) e impondo as condições de semelhança entre a rotação n e a rotação lida ao longo da experiência

$$H_{Bn} = \left(\frac{n}{n_{\text{lida}}} \right)^2 \times H_{Bn\text{lida}}$$

Tabela de resultados:

Ensaio	Experimental		Fabricante	
	Q_{3500} (m ³ /h)	H_{B3500} (m)	Q_{3500} (m ³ /h)	H_{B3500} (m)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				

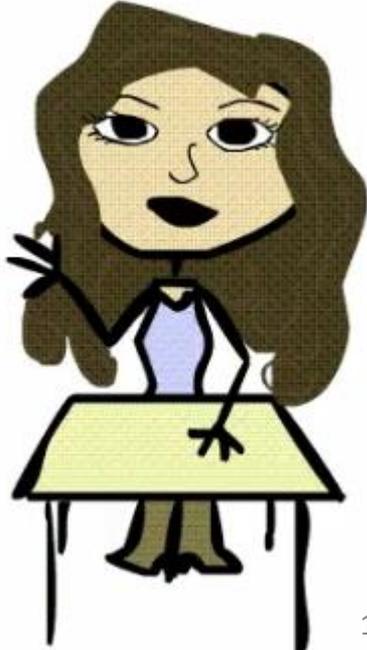
A black and white cartoon illustration of a classroom. A professor with a beard and a white shirt stands at the front, looking towards the students. Several students are seated at desks, some holding papers or books. One student on the right is wearing sunglasses. The scene is set in a room with a chalkboard in the background.

Para a determinação do ponto de trabalho devemos obter a CCI e posteriormente o ponto (Q , H_B , η_B e $NPSH_{req}$) no cruzamento da CCI com a CCB.

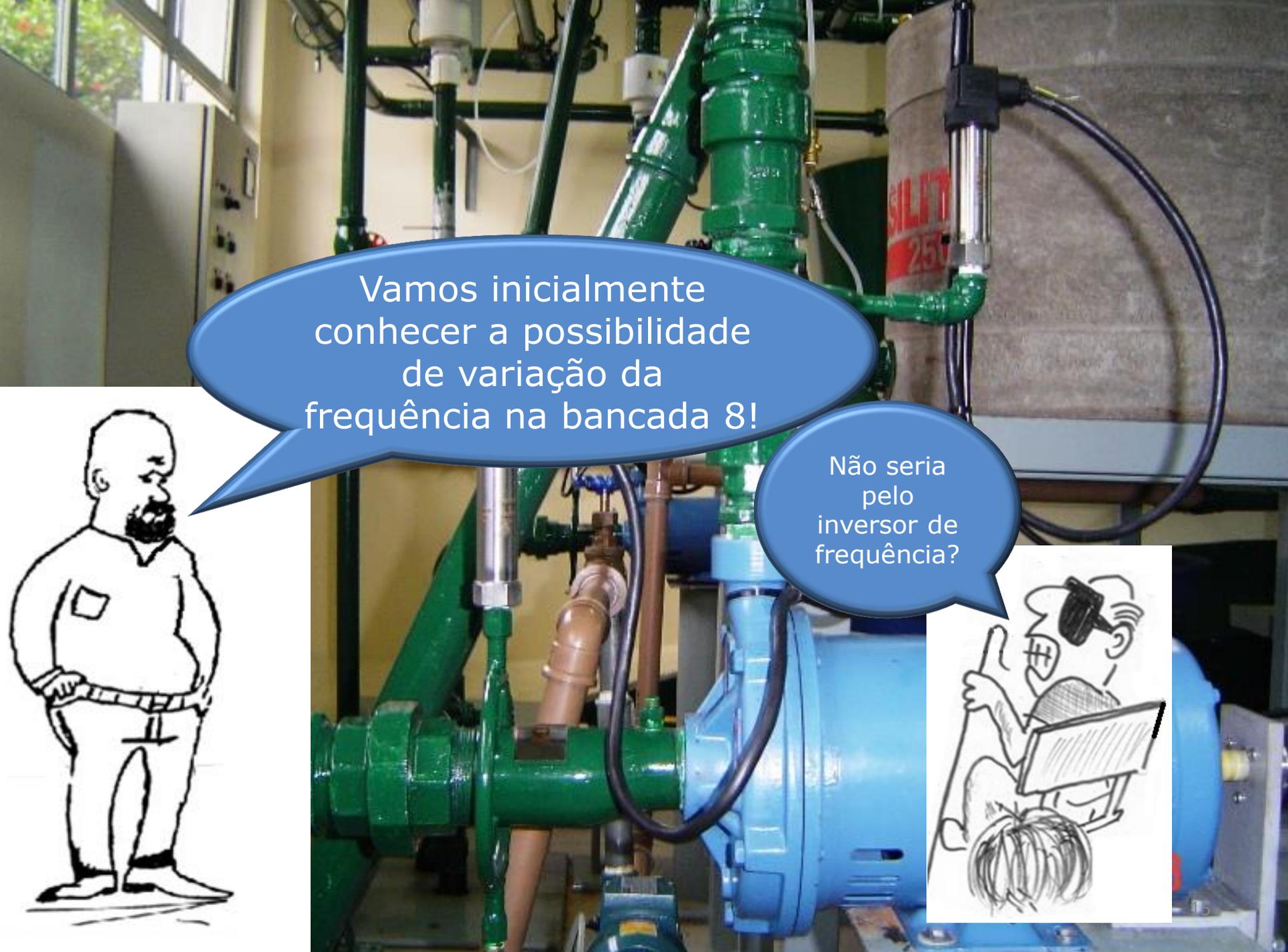
OK, mas existe outra maneira para a determinação da equação da CCI?



Sim, já que podemos
obter a CCI experimental
através do inversor de
frequência



Como
vamos fazer
isso?

A photograph of a laboratory setup. It features a large blue electric motor connected to a network of green pipes and valves. A black cable is plugged into the motor. In the background, there is a grey control panel with several buttons and a window showing greenery outside.

Vamos inicialmente
conhecer a possibilidade
de variação da
frequência na bancada 8!

Não seria
pelo
inversor de
frequência?



Exatamente é pelo inversor de frequência

$$n = \frac{120 \times f}{p}$$

f → frequência

p → número de pólos

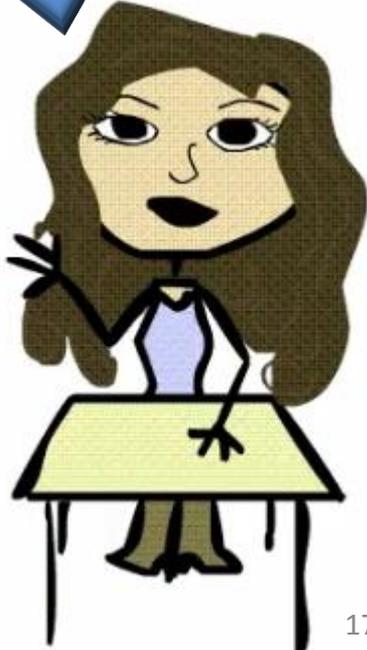


Possibilidade de variação da frequência na bancada 8!



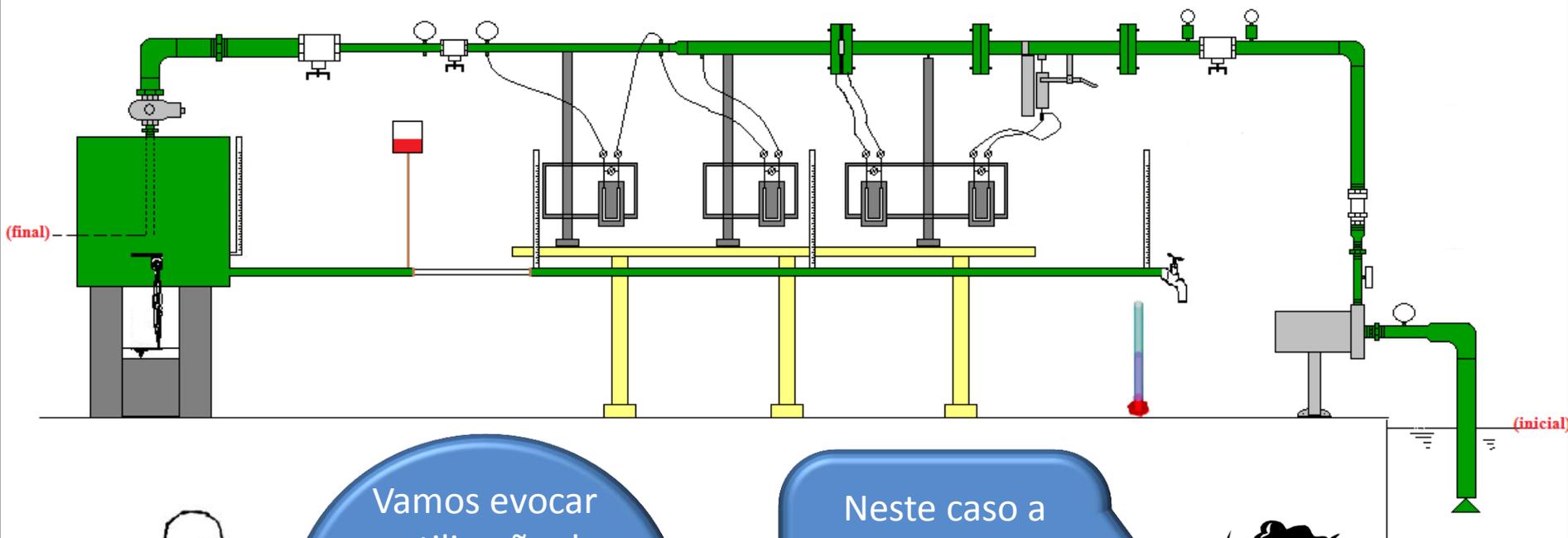


Vamos
trabalhar com
a instalação de
bombeamento
representada a
seguir.



Que também
representa uma
instalação de
recalque

Caminho tradicional da bancada 8

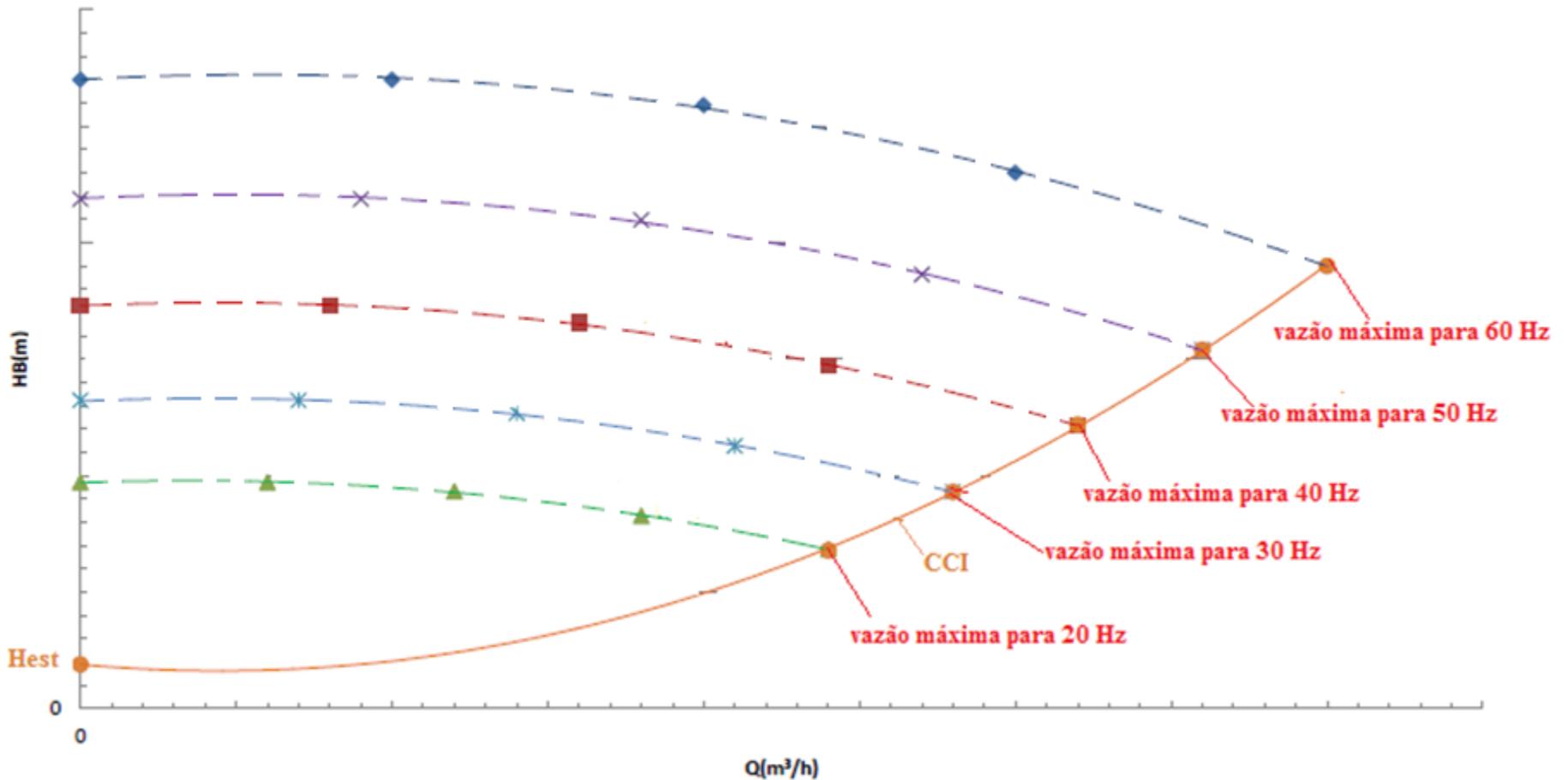


Vamos evocar a utilização do inversor de frequência para controlar a vazão.

Neste caso a CCI permanece inalterada e existe o deslocamento da CCB



O gráfico abaixo mostra o deslocamento da CCB em função da rotação



Dados a serem coletados:



BANCADA 8							
Ensaio	f (Hz)	Δh (mm)	t(s)	$P_{\text{barométrica}}$ (mmHg)	Nm (kW)	Pme (.....)	Pms (.....)
1	20						
2	25						
3	30						
4	40						
5	45						
6	50						
7	55						
8	60						

DADOS GERAIS			
		γ (N/m ³)	
H _{estática} (m)	1,15	T (°F)	
A _{tanque} (m ²)		he _g (m)	
De (mm)		hs _g (m)	
Ds(mm)		Δz_{e-s} (m)	
Ae (cm ²)			
As (cm ²)			