

# Décima segunda aula de ME5330

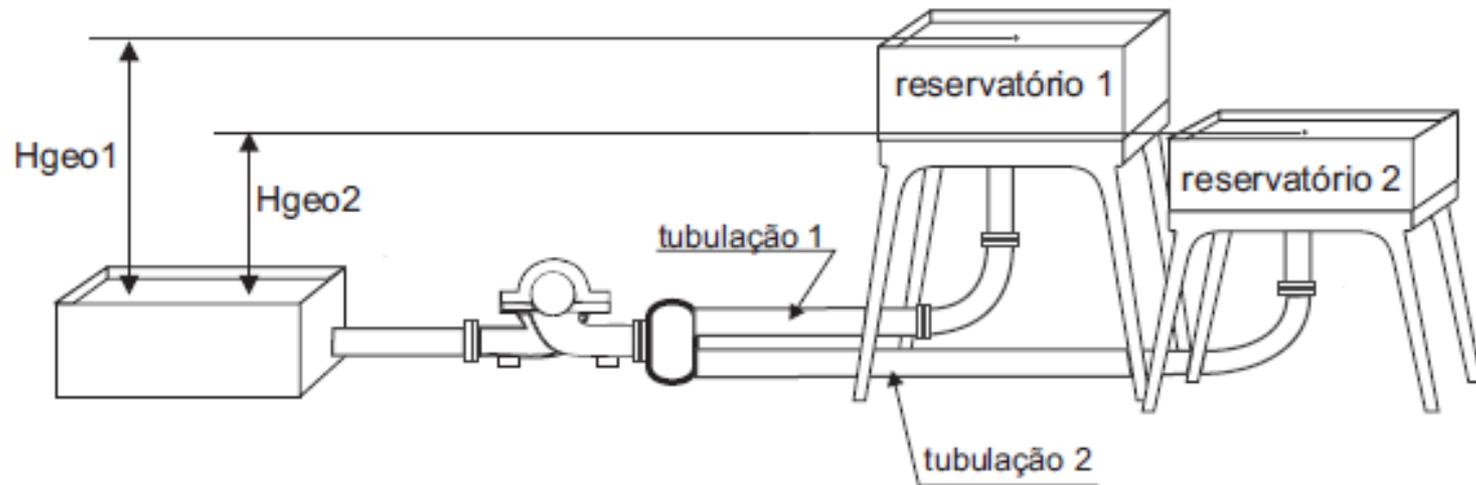
Primeiro semestre

22 de maio de 2012

## BOMBEAMENTO SIMULTÂNEO A 2 OU MAIS RESERVATÓRIOS DISTINTOS

Algumas vezes, ocorre a necessidade de bombeamento para reservatórios distintos, simultaneamente, ou isoladamente, para um reservatório e outro, etc. Pode ocorrer também que estes reservatórios estejam situados em níveis diferentes, como ilustra a instalação a seguir.



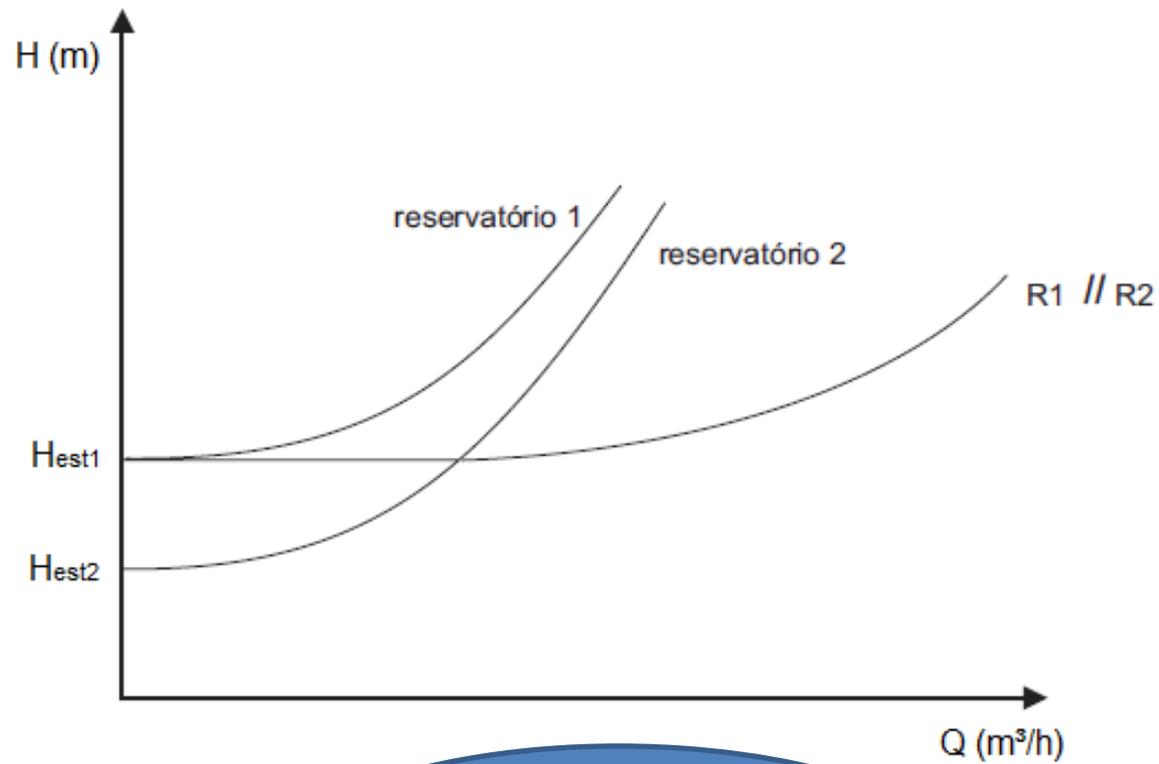


Neste sistema, o equipamento poderá bombear fluido para os reservatórios 1 e 2, simultaneamente; podendo também bombear ora para o reservatório 1, ora para o reservatório 2, isoladamente.



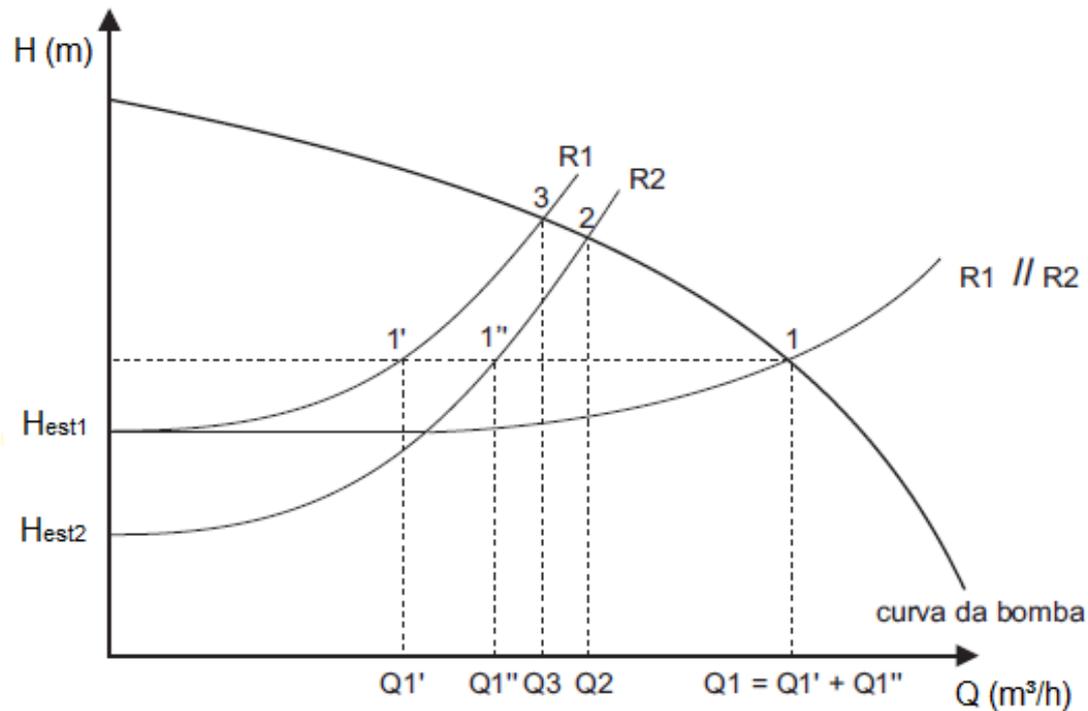
Vamos supor os seguintes casos:

1. Vamos supor que o bombeamento seja realizado somente para o reservatório 1, traça-se a CCI do reservatório 1, através da tubulação 1.
2. Vamos supor agora que apenas o reservatório 2 será abastecido, traçando assim a CCI através da tubulação 2.
3. Vamos agora supor que os são abastecidos simultaneamente, os reservatórios 1 e 2 através das tubulações 1 e 2. Pela figura, notamos que as tubulações 1 e 2 estão associadas em paralelo. Tracemos então a resultante da associação em paralelo das tubulações 1 e 2, obtendo assim a solução gráfica deste sistema.



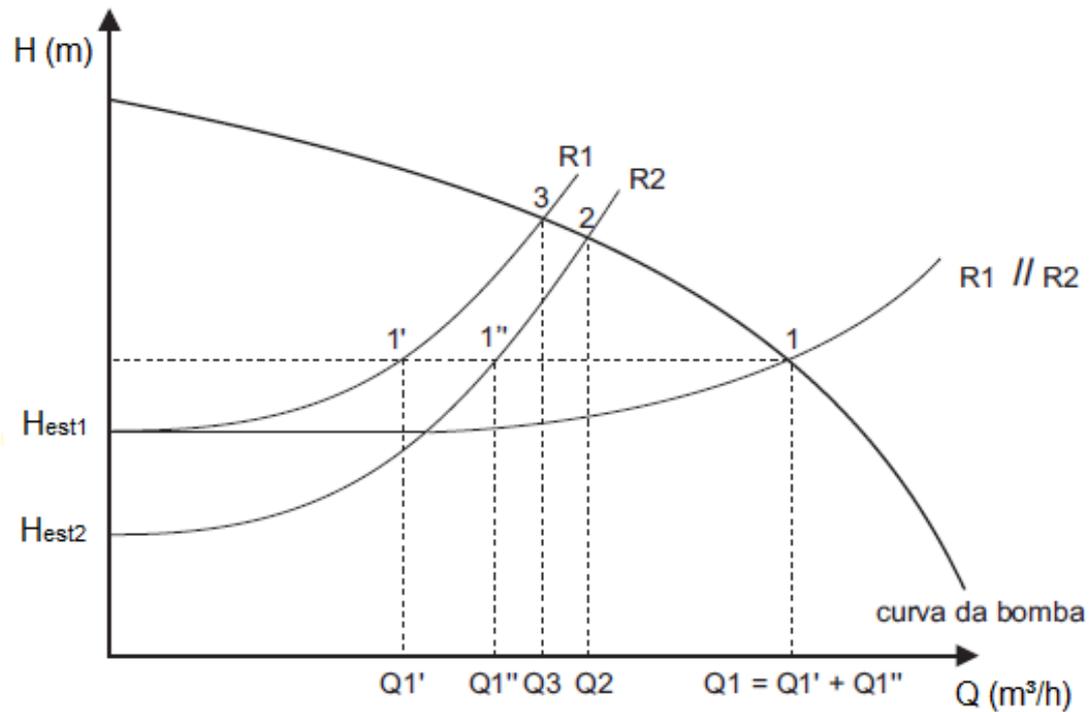
Estas são as CCI mencionadas no slide anterior e traçando a CCB, podemos determinar todos os pontos de trabalho!





Teremos três pontos de trabalho:

- **Ponto 1:** ponto de trabalho que traduz a operação da bomba no sistema, alimentando simultaneamente os reservatórios 1 e 2, sendo os **pontos 1' e 1''** correspondente às vazões de contribuição de cada reservatório, no caso:
  - **ponto 1'** – gera  $Q1'$  que é a vazão de contribuição ao reservatório 1, quando o equipamento alimenta simultaneamente os dois reservatórios.
  - **ponto 1''** - gera  $Q1''$  que é a vazão de contribuição ao reservatório 2 quando o equipamento alimenta simultaneamente os dois reservatórios.

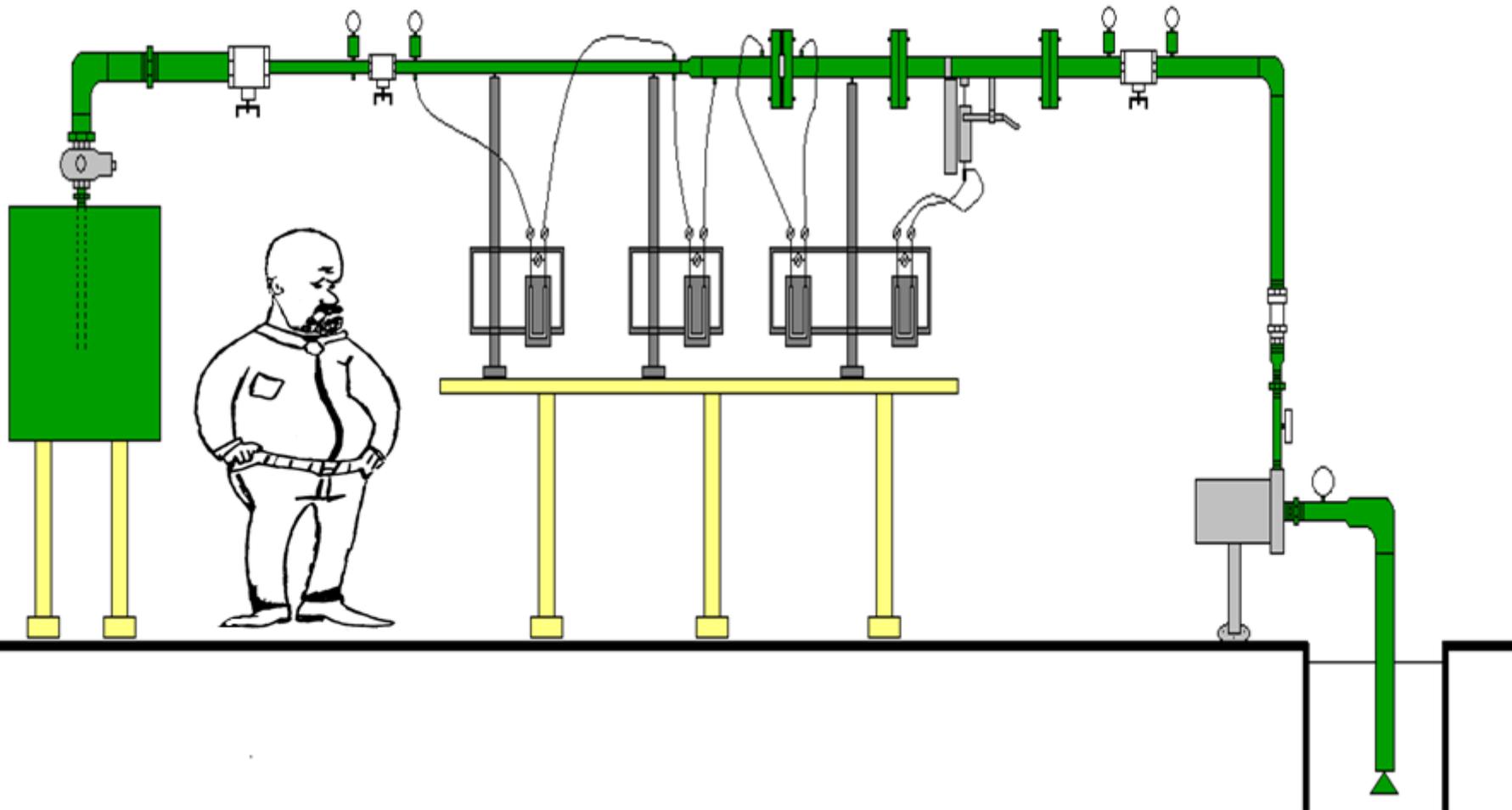


Os outros dois pontos de trabalho:

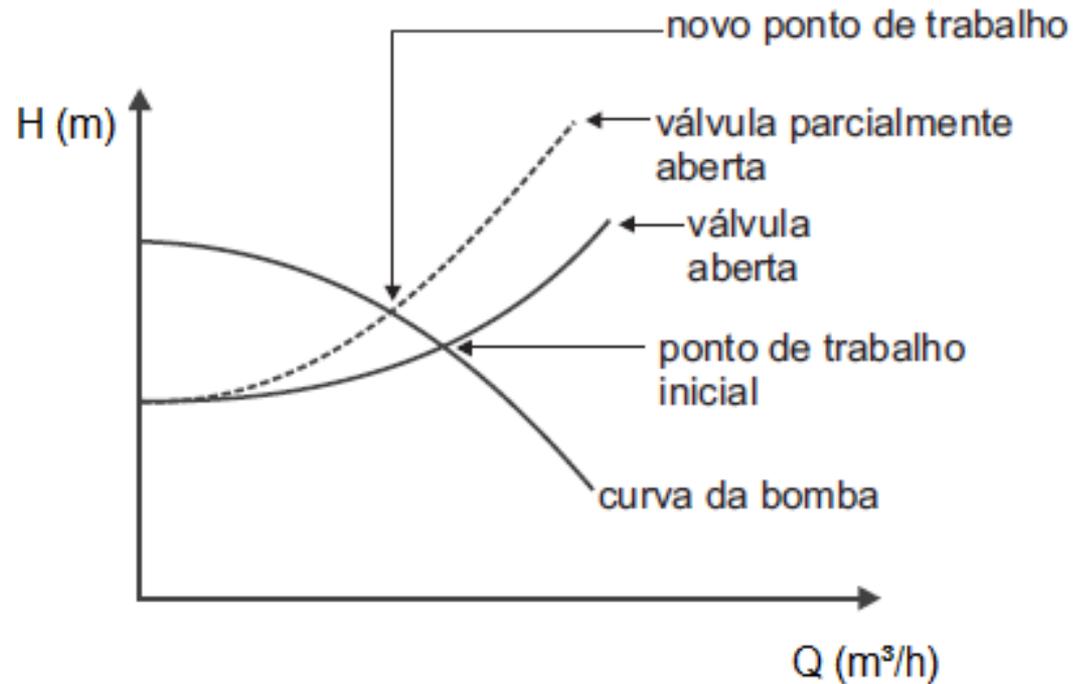
**PONTO 2** - ponto de trabalho que traduz a operação ao reservatório 2, estando interrompida a alimentação ao reservatório 1, operação isolada, gerando a vazão  $Q_2$ .

**PONTO 3** - ponto de trabalho que traduz a operação ao reservatório 1, estando interrompida a alimentação ao reservatório 2, operação isolada, gerando  $Q_3$ .

Vamos voltar a falar nas possibilidades de alterar o ponto de trabalho, ou seja, o cruzamento da CCI com a CCB.

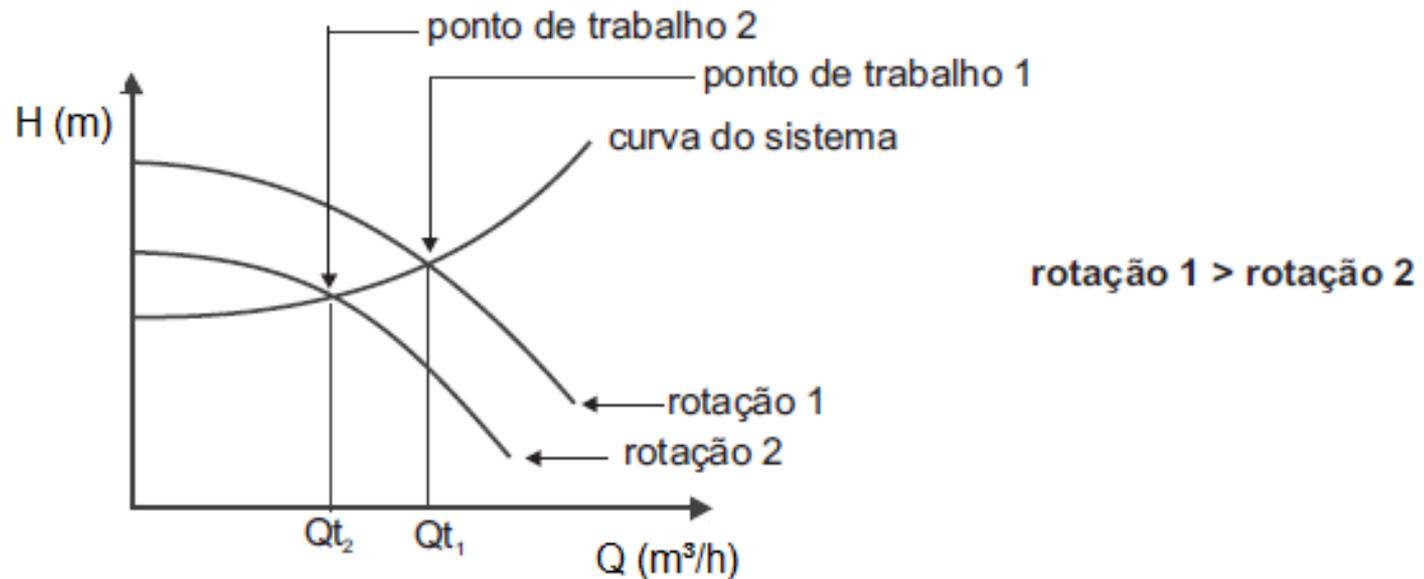


# Alteração do ponto de trabalho alterando a CCI



## Alteração do ponto de trabalho alterando a CCB

As maneiras mais usuais de modificar a curva característica de uma bomba são de variar a rotação da bomba ou variar o diâmetro do rotor da bomba.



# EFEITO DA MUDANÇA DE ROTAÇÃO NAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

1- A vazão é proporcional à rotação.

$$\frac{Q}{Q_1} = \frac{N}{N_1}$$

Q = vazão na rotação conhecida  
Q<sub>1</sub> = vazão na nova rotação  
N = rotação conhecida  
N<sub>1</sub> = nova rotação

2- A altura manométrica varia com o quadrado da rotação.

$$\frac{H}{H_1} = \left( \frac{N}{N_1} \right)^2$$

H = altura na rotação conhecida  
H<sub>1</sub> = altura na nova rotação  
N = rotação conhecida  
N<sub>1</sub> = nova rotação

3- A potência absorvida varia com o cubo da rotação.

$$\frac{P}{P_1} = \left( \frac{N}{N_1} \right)^3$$

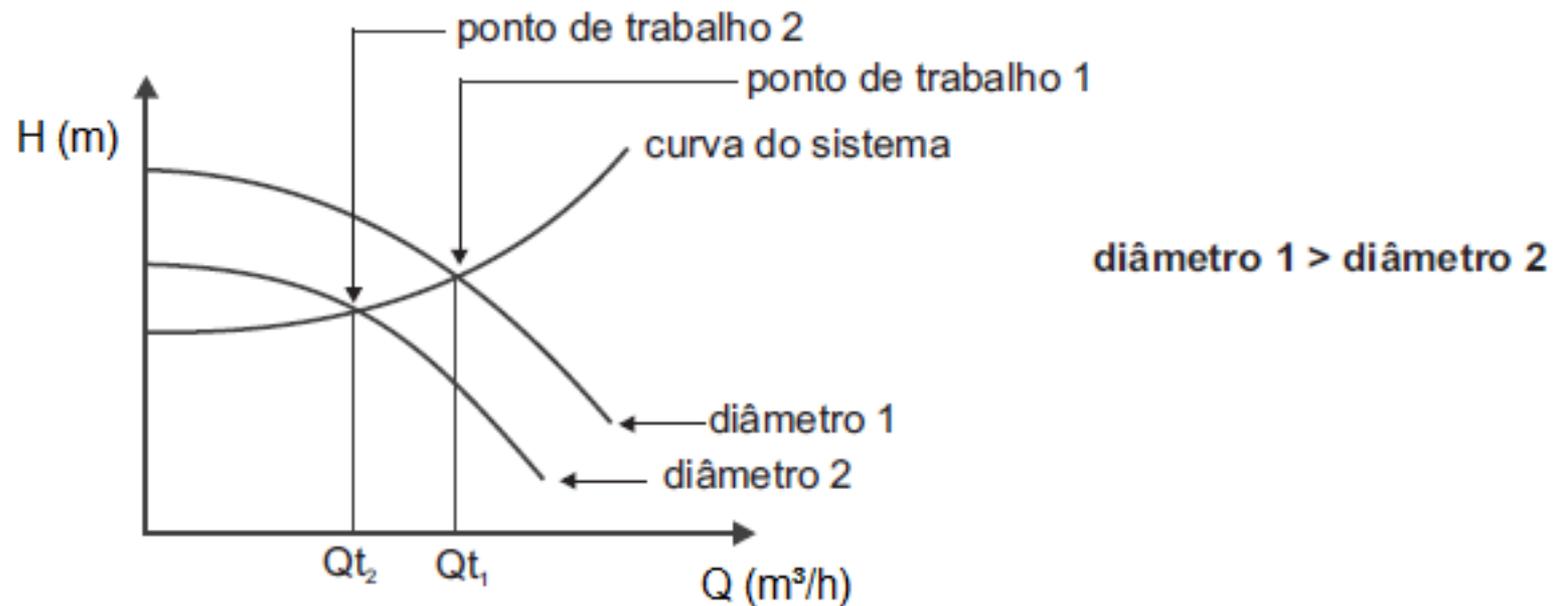
P = potência na rotação conhecida  
P<sub>1</sub> = potência na nova rotação  
N = rotação conhecida  
N<sub>1</sub> = nova rotação

Ou seja:

$$\frac{N}{N_1} = \frac{Q}{Q_1} = \sqrt{\frac{H}{H_1}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_1}}$$

## Alteração do ponto de trabalho alterando a CCB

As maneiras mais usuais de modificar a curva característica de uma bomba são de variar a rotação da bomba ou variar o diâmetro do rotor da bomba.



## EFEITO DA VARIAÇÃO DO DIÂMETRO DO ROTOR NAS CURVAS CARACTERÍSTICAS

$$\frac{Q}{Q_1} = \left( \frac{D}{D_1} \right)^2$$

$Q$  = vazão no diâmetro conhecido  
 $Q_1$  = vazão no novo diâmetro  
 $D$  = diâmetro conhecido  
 $D_1$  = novo diâmetro

$$\frac{H}{H_1} = \left( \frac{D}{D_1} \right)^2$$

$H$  = altura no diâmetro conhecido  
 $H_1$  = altura no novo diâmetro  
 $D$  = diâmetro conhecido  
 $D_1$  = novo diâmetro

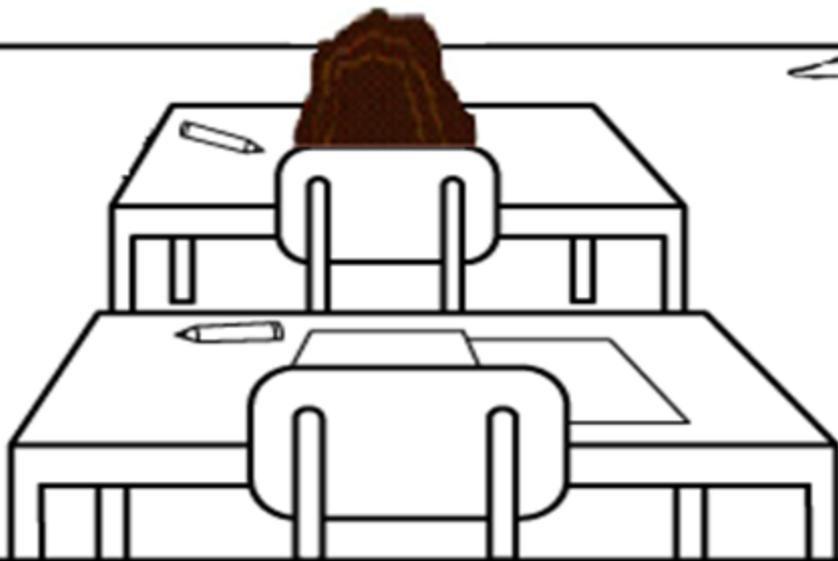
$$\frac{P}{P_1} = \left( \frac{D}{D_1} \right)^3$$

$P$  = potência no diâmetro conhecido  
 $P_1$  = potência no novo diâmetro  
 $D$  = diâmetro conhecido  
 $D_1$  = novo diâmetro

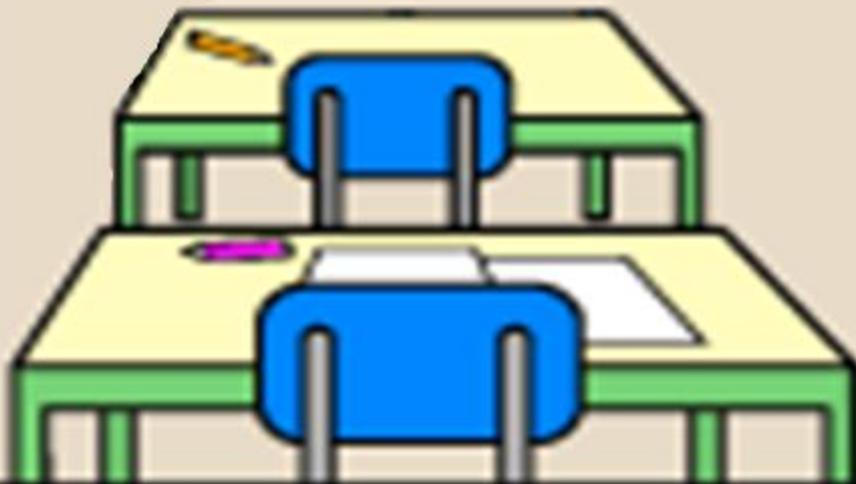
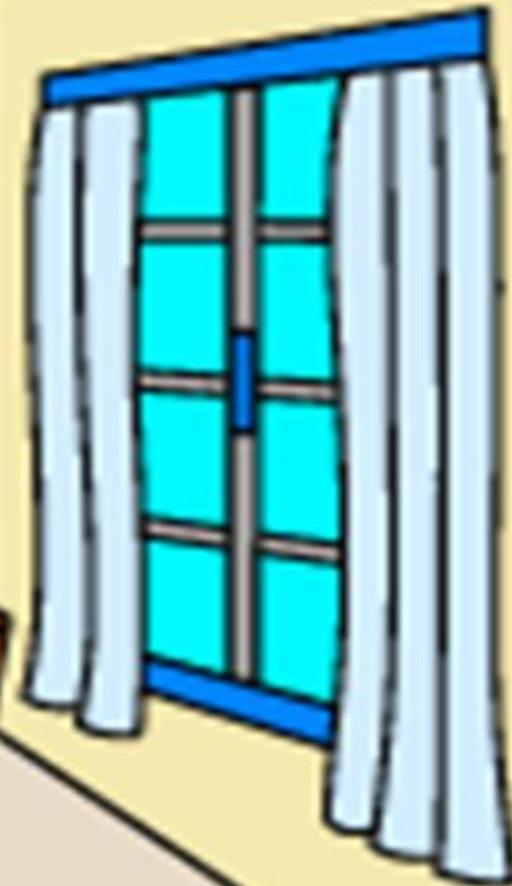
Ou seja:

$$\frac{D}{D_1} = \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} = \sqrt{\frac{H}{H_1}} = \sqrt[3]{\frac{P}{P_1}}$$

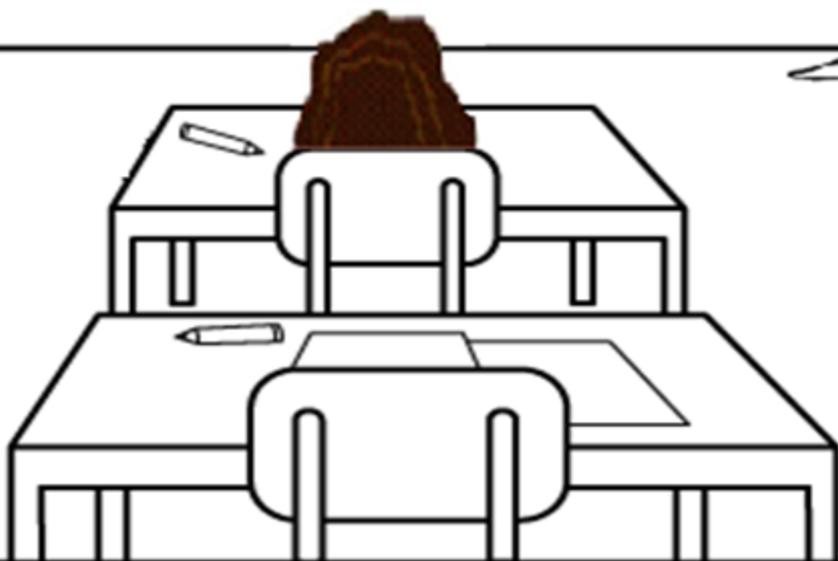
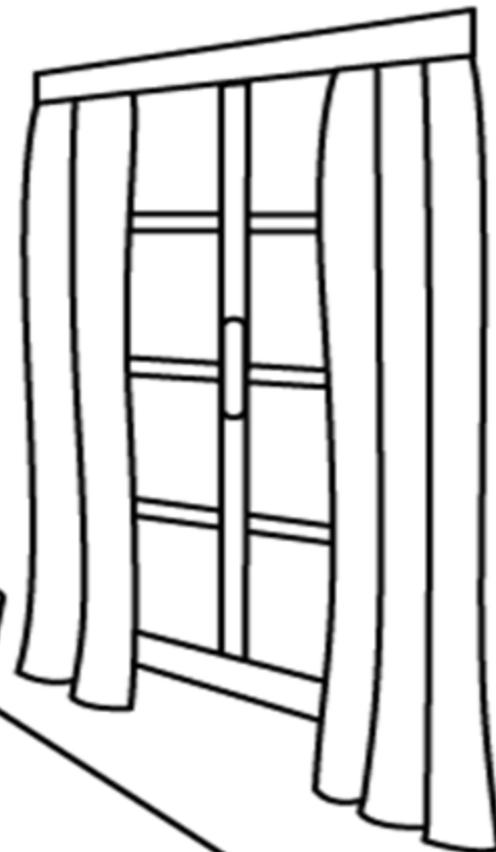
De uma forma geral, a redução máxima permitida é de cerca de 20 % do diâmetro original.



Esta redução é aproximada, visto que existem rotores que podem ser reduzidos em um percentual maior, enquanto que outros não permitem redução além de pequenas margens, sem sofrer efeitos adversos. Na realidade, estas reduções só são permitidas em bombas centrífugas radiais; nas bombas centrífugas de fluxo misto e, principalmente nas axiais, a diminuição do diâmetro do rotor pode alterar substancialmente o projeto inicial, devido a variações nos ângulos e projetos das pás.



CÁLCULO DO DIÂMETRO DO ROTOR



Uma maneira de calcular o diâmetro do rotor, quando o ponto de operação esta fora de um diâmetro conhecido na curva característica da bomba ,é o seguinte:

1 - Da origem do plano cartesiano, traça-se uma reta até o ponto de operação desejado. Caso o plano cartesiano não apresente a origem, ou seja, altura manométrica zero ( $H = 0$ ), basta prolongá-lo até encontrarmos sua origem, usando a mesma escala utilizada no plano.

2 - A reta traçada deverá cortar a curva conhecida mais próxima ao ponto de operação desejado, encontrando uma nova vazão  $Q_1$  e uma nova altura  $H_1$ .

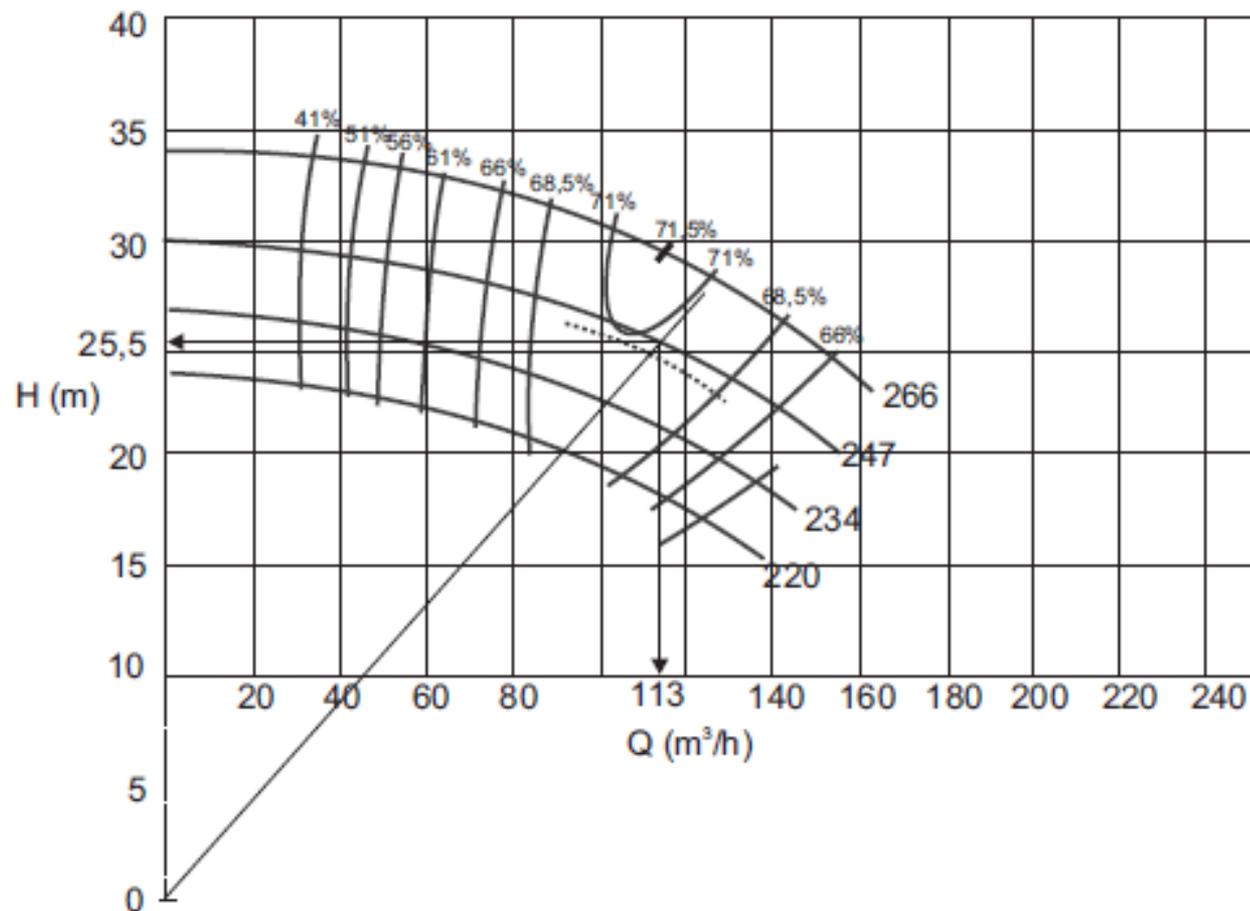
3- Através das fórmulas abaixo, encontra-se o valor do diâmetro desejado.

$$D = D_1 \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} \quad \text{ou} \quad D = D_1 \sqrt{\frac{H}{H_1}}$$

4 - É interessante utilizar as duas fórmulas para cálculo. Caso os diâmetros encontrados sejam diferentes, optar pelo maior valor.



Como este plano cartesiano não apresenta a origem, encontramos a origem do plano utilizando a mesma escala; traça-se a reta desta origem encontrada até o ponto de operação, conforme mostrado abaixo, encontrando-se  $Q_1 = 113 \text{ m}^3/\text{h}$  e  $H_1 = 25,5 \text{ m}$ .



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

$$D = D_1 \sqrt{\frac{Q}{Q_1}} \rightarrow D = 247 \sqrt{\frac{110}{113}} \rightarrow \boxed{D = 243 \text{ mm}}$$

ou

$$D = D_1 \sqrt{\frac{H}{H_1}} \rightarrow D = 247 \sqrt{\frac{25}{25,5}} \rightarrow \boxed{D = 244,5 \text{ mm}}$$

Por motivo de segurança, utiliza-se o diâmetro maior, ou seja,  $D = 244,5 \text{ mm}$ .