

Saneamento

# SIEMENS

## Large Drives - R

### WORKSHOP SOBRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

### Aplicação de Inversores de Frequência em sistemas de Bombeamento

## CAESB

**Brasília – DF – 31/05/2006**

# Máquinas de Deslocamento Positivo

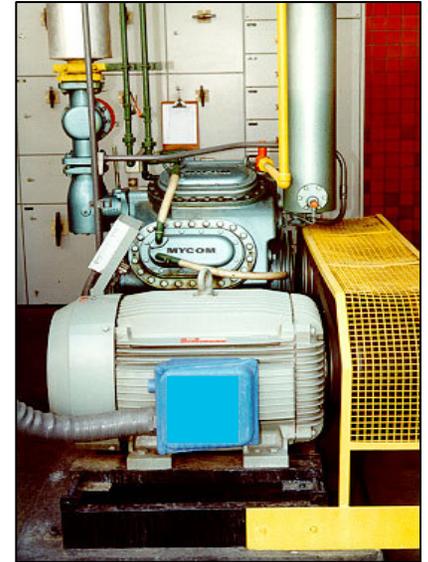
Saneamento

**Bombas Alternativas ou de Engrenagem**

**Bombas de Parafuso ou Nemo**

**Compressores Alternativos ou de Parafuso**

**Característica Torque x RPM = constante**



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 2

# Máquinas de Deslocamento Centrífugo

Saneamento

**Bombas Centrífugas**  
**Ventiladores Centrífugos**  
**Compressores Centrífugos**  
**Característica Torque x RPM = quadrática**



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 3

# Potências consumidas

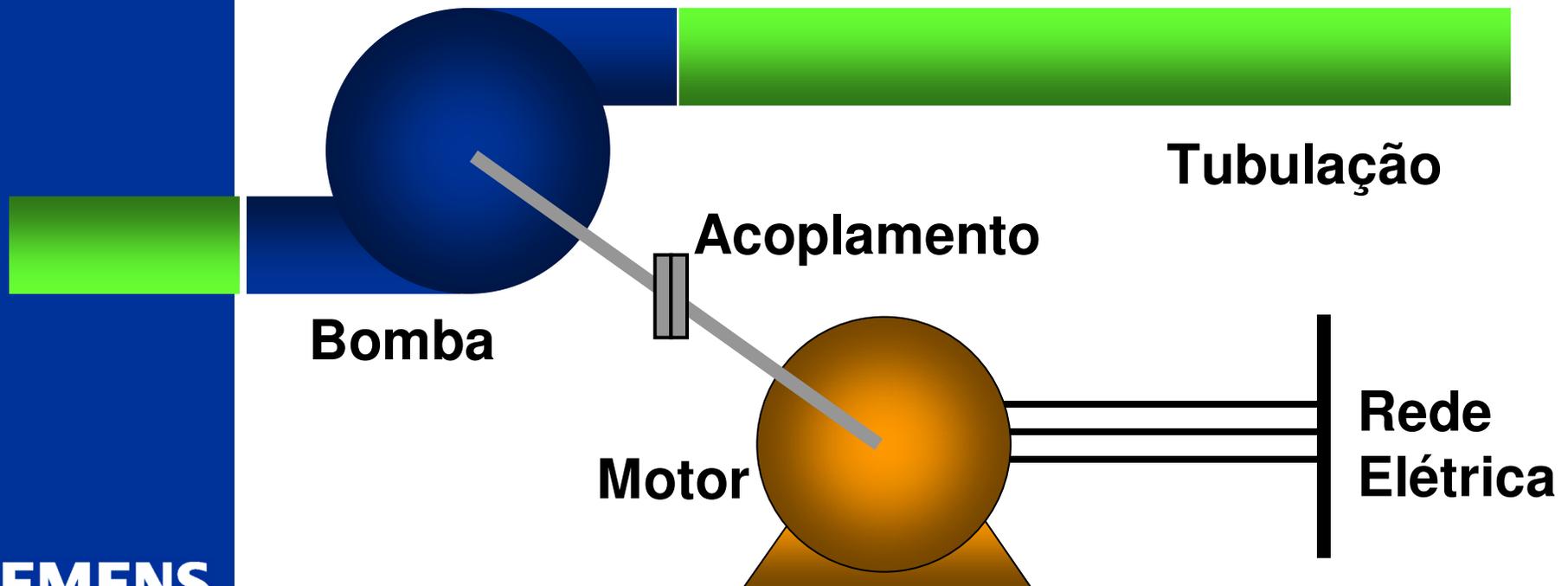
Saneamento

**Potência Hidráulica**

**Potência no eixo da Bomba (BHP)**

**Potência mecânica no Eixo do Motor**

**Potência absorvida da Rede (define os kVA do Inversor)**



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 4

## Potências consumidas

Saneamento

Hidráulica

Eixo da bomba  
(BHP)

Eixo do Motor

Rede Elétrica

 $\eta_{\text{bomba}}$  $\eta_{\text{acoplamento}}$  $\eta_{\text{motor}}$ 

SIEMENS

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 5

# Potência Hidráulica

Saneamento

$$\text{WHP} = \frac{Q \times H \times \gamma}{K}$$

Onde:

**WHP = Water Horsepower**

**Q = Vazão**

**H = Altura Manométrica Total (AMT)**

**$\gamma$  = Peso específico**

**K = fator de conversão de unidades**

## Potência no eixo da Bomba

Saneamento

$$\text{BHP} = \frac{Q \times H \times \gamma}{K \times \gamma}$$

Onde:

$\gamma$  = Rendimento da bomba

$K$  = 270 para  $Q$  (m<sup>3</sup>/h),  $H$  (m), BHP (CV)

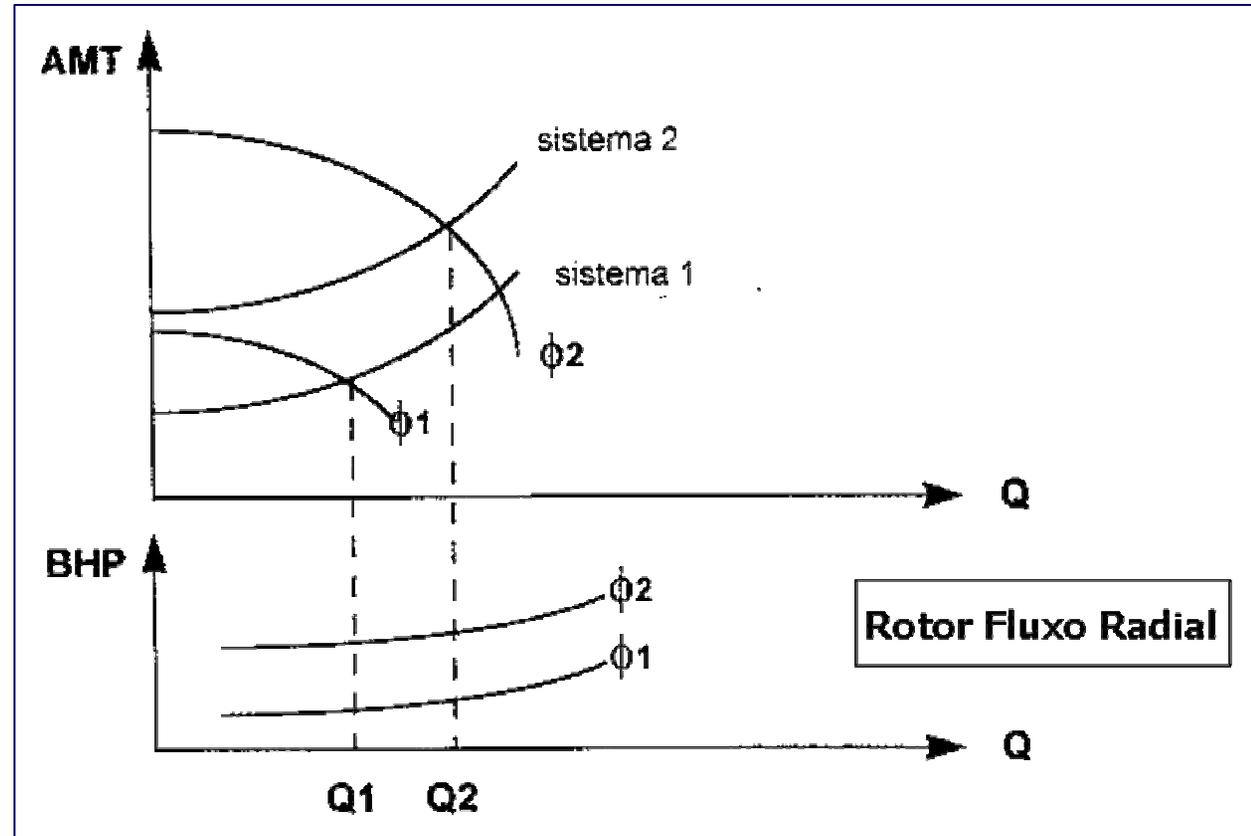
$K$  = 274 para  $Q$  (m<sup>3</sup>/h),  $H$  (m), BHP (HP)

$K$  = 3960 para  $Q$  (gpm),  $H$  (ft), BHP (HP)

$K$  = 1714 para  $Q$  (gpm),  $H$  (PSI), BHP (HP)

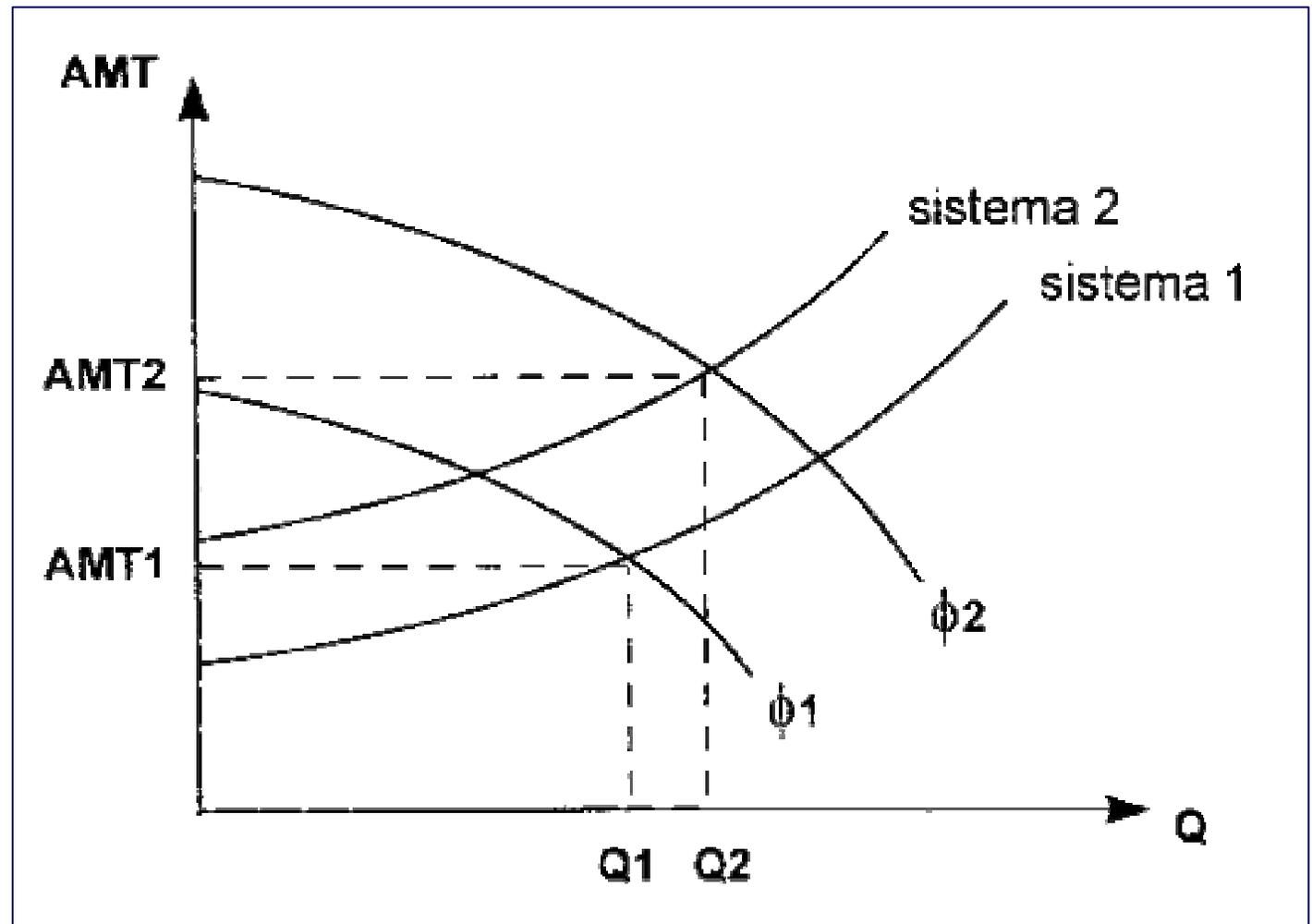
## Potência na bomba x motor elétrico

Saneamento



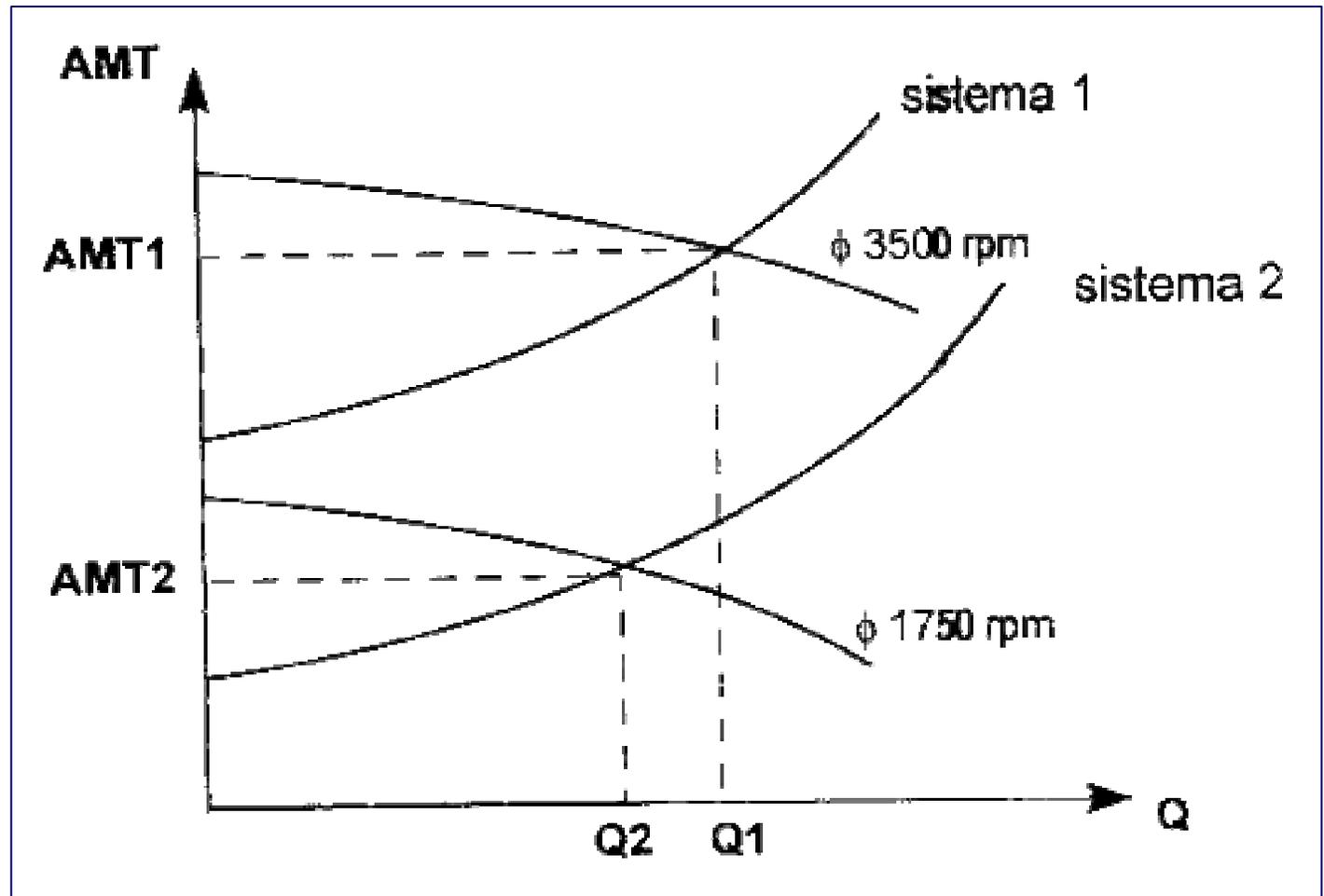
## Alteração do Diâmetro do Rotor

Saneamento



## Alteração da rotação – polaridade do motor

Saneamento



# Controle de vazão

Saneamento

***Partidas e paradas constantes “On-Off”***

***By-pass***

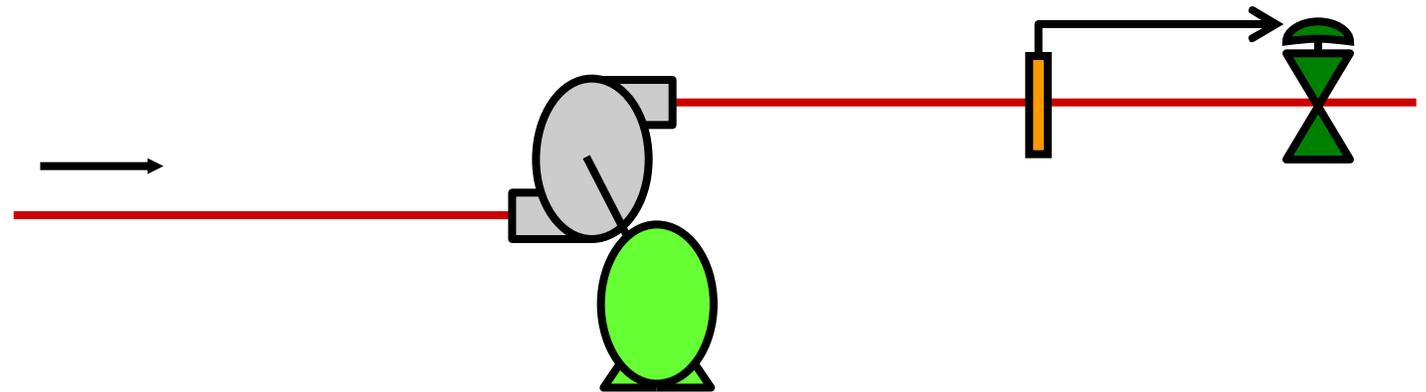
**Válvula de controle na descarga**

**Variação de velocidade**

# Válvula de controle na descarga

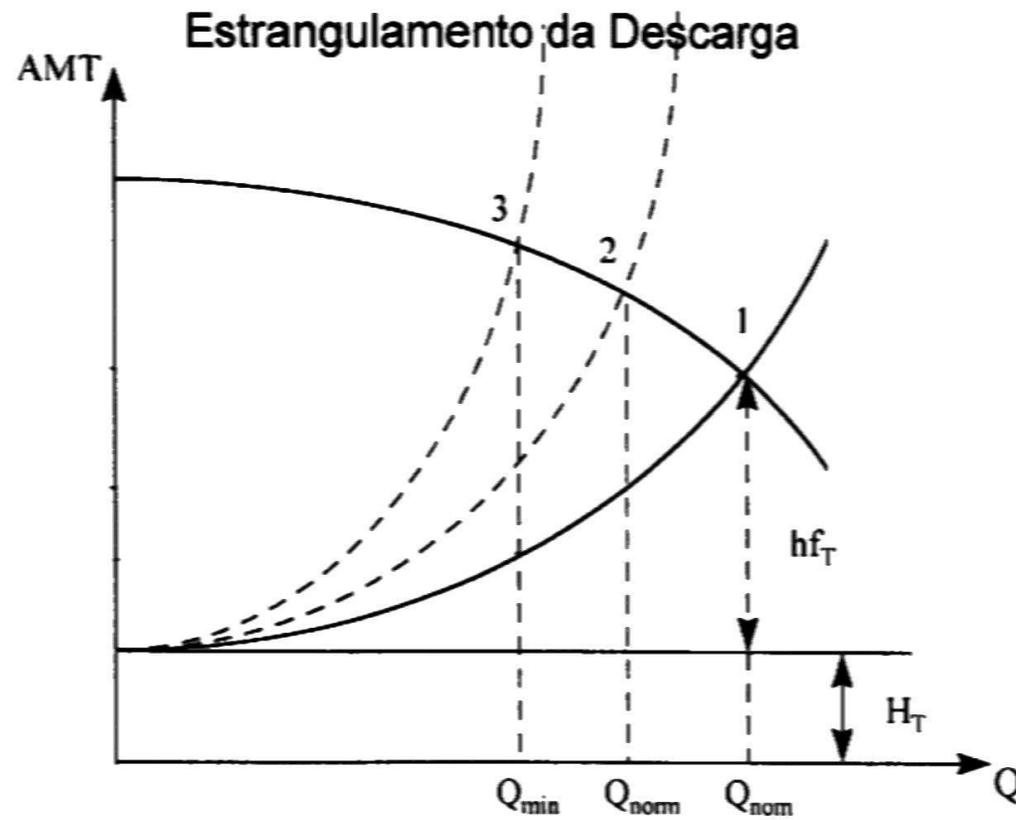
Saneamento

**Abertura e fechamento parcial da válvula**  
**Válvula instalada em série com a bomba**  
**Possível em bombas centrífugas**  
**Mais eficiente que o método *by-pass***



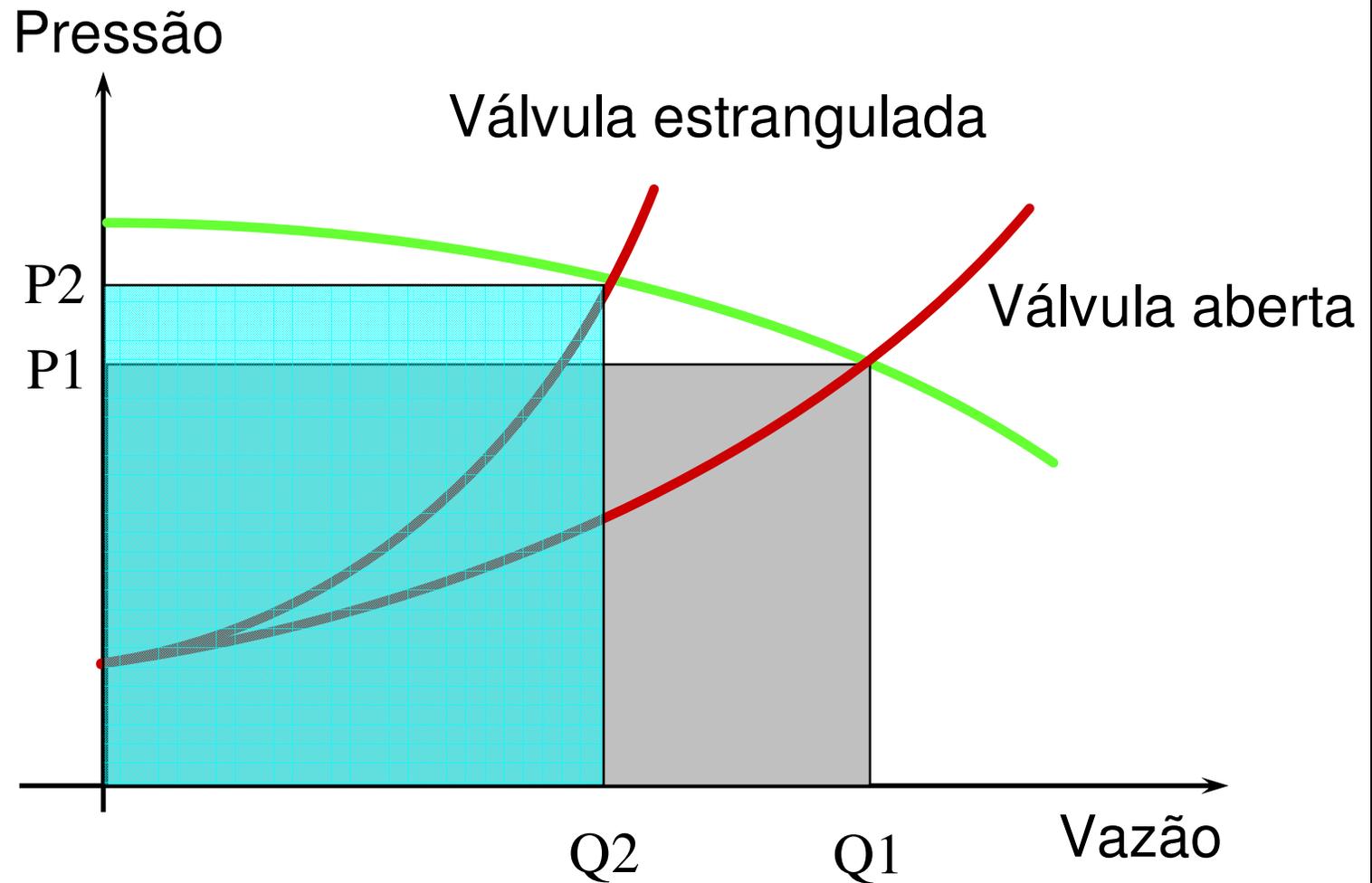
# Válvula de controle na descarga

Saneamento



# Válvula de controle de descarga

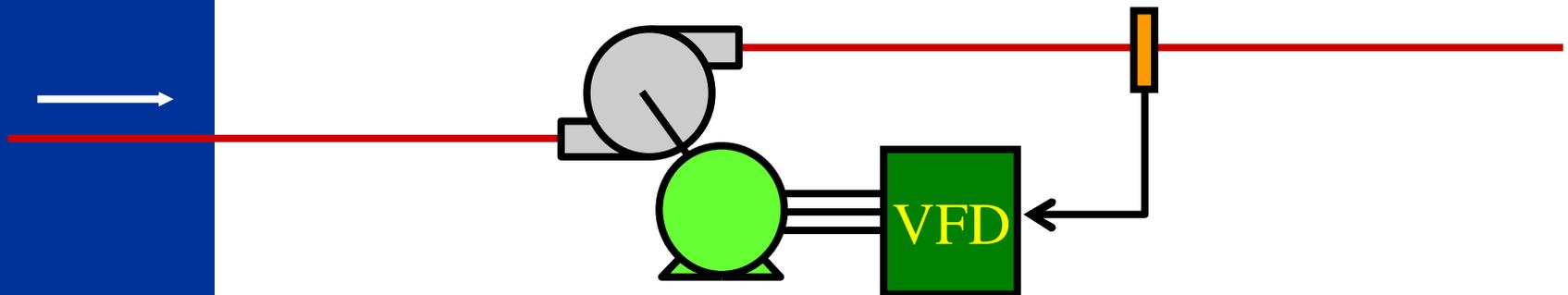
Saneamento

**SIEMENS**

# Variação de velocidade

Saneamento

- **Mudança nas curvas da bomba**
- **Diminuição da pressão dinâmica**
- **Equivalente, de certa forma, à troca do rotor**
- **Grande economia de energia**
- **Benefícios adicionais**



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 15

Leis de afinidade  $Q \propto N$   $H \propto N^2$   $P \propto N^3$

Saneamento

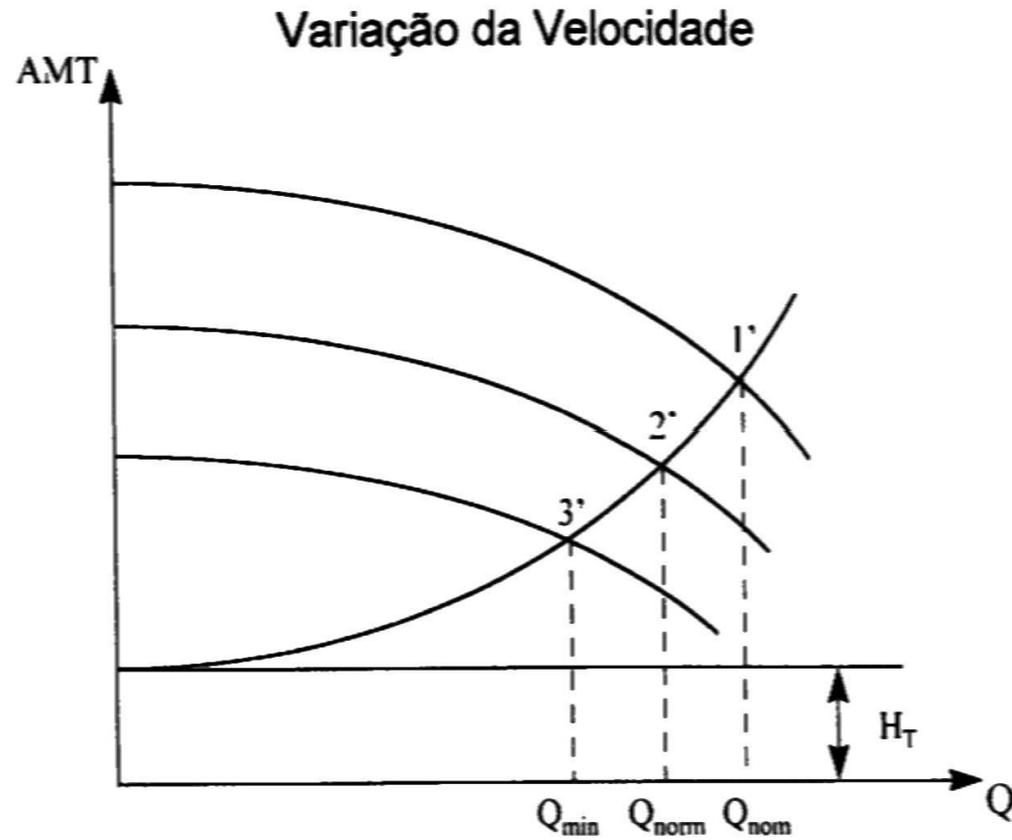
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left( \frac{RPM_1}{RPM_2} \right)^2$$

$$\frac{W_1}{W_2} = \left( \frac{RPM_1}{RPM_2} \right)^3$$

# Variação da velocidade

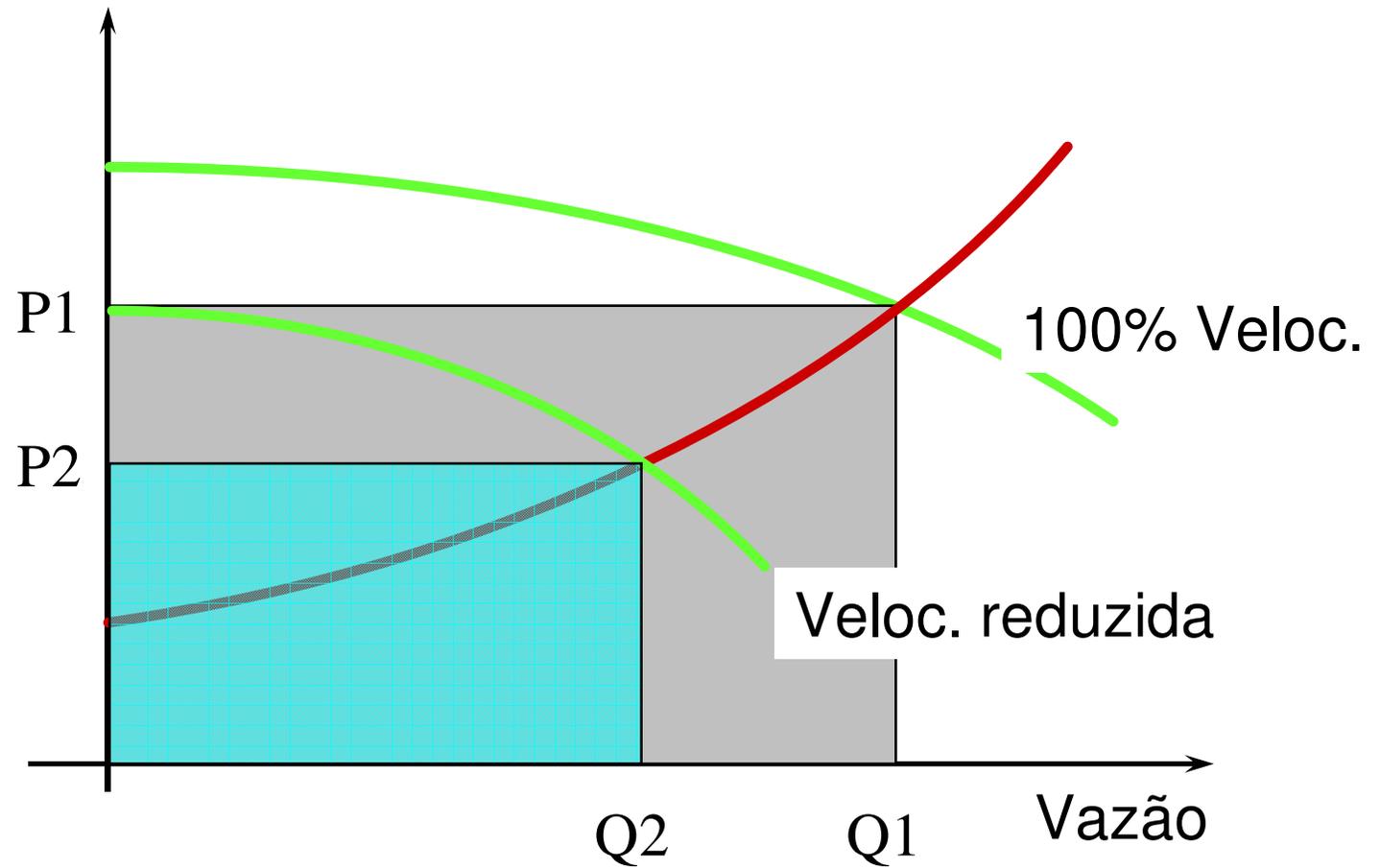
Saneamento



# Variação de velocidade

Saneamento

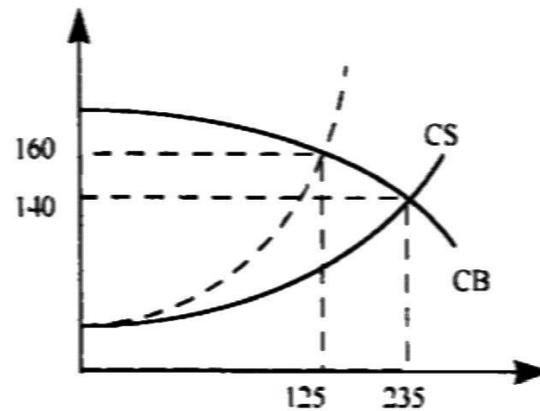
Pressão

**SIEMENS**

# Válvula de controle x Variação de velocidade

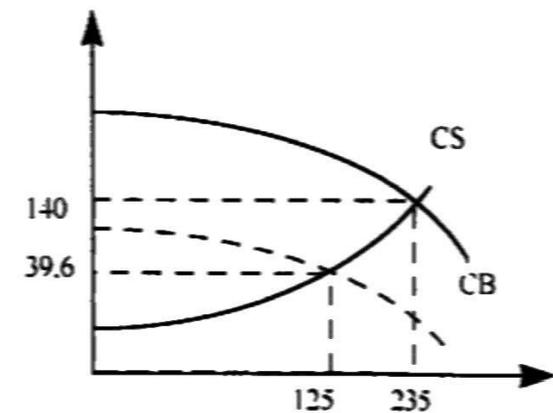
Saneamento

Válvula de Controle



Novo Q = 125 m<sup>3</sup>/h  
 Novo H = 160 m  
 Novo  $\eta$  = 60 %  
 Novo BHP = 98,8 CV  
 Motor = 150 CV  
 Motor operará a 66 % da carga  
 RPM = 3550

Variador de Velocidade



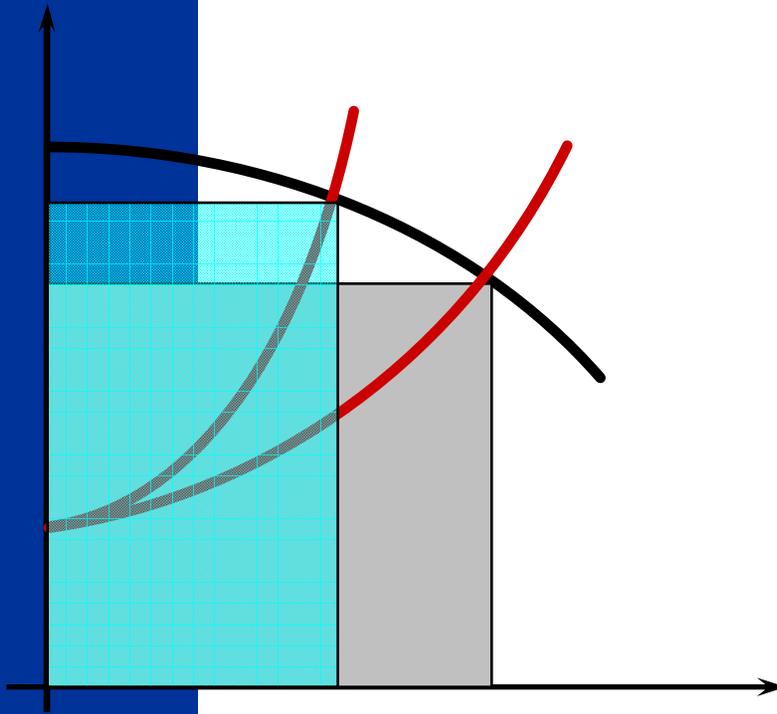
Novo Q = 125 m<sup>3</sup>/h  
 Nova AMT = 39,6 m  
 Novo  $\eta$  = 72 %  
 Novo BHP = 20,4 CV  
 Motor = 150 CV  
 Motor operará a 90 % da carga  
 RPM = 1888

Diferença: 98,8 CV - 20,4 CV = 78,4 CV = 58,5 KW

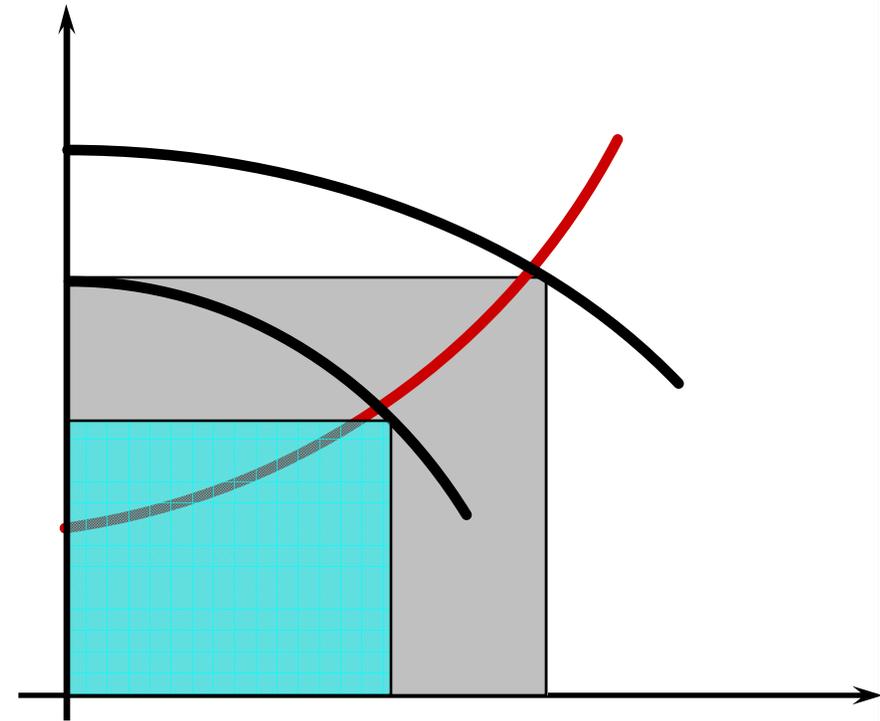
**SIEMENS**

# Economia de energia

Saneamento



Válvula de estrangulamento



Variação de velocidade

**SIEMENS**

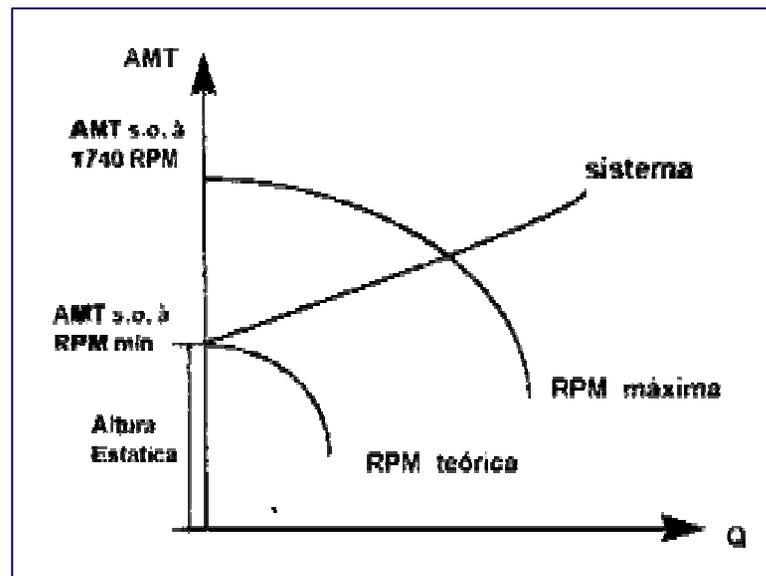
Perfect Harmony Drive System

# Definição da faixa de variação de RPM

Saneamento

**RPM máxima = RPM da curva da bomba, considerado o escorregamento do motor (ex: 1740RPM)**

**RPM mínima = RPM teórica onde a AMT de shut-off coincidir com a altura estática do sistema**



AMT s.o. a 1740 RPM = 130m  
 AMT s.o. a RPM min = 55m  
 Pelas leis de Afinidade, temos:

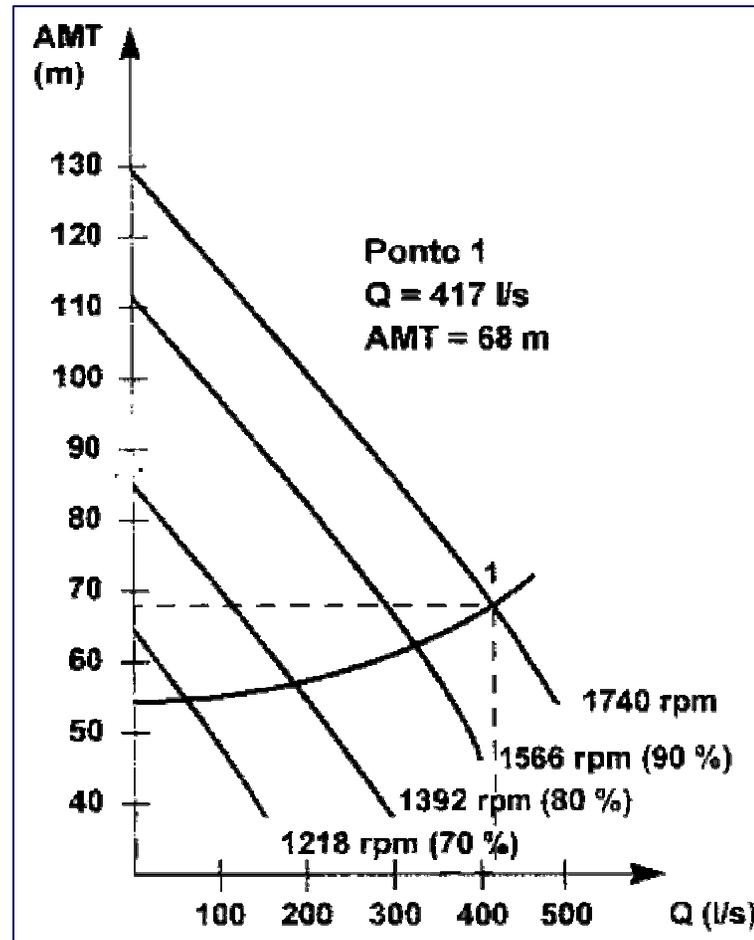
$$\frac{AMT_1}{AMT_2} = \frac{RPM_1^2}{RPM_2^2} = \frac{130}{55} = \frac{1740^2}{RPM_{min}^2}$$

RPMmin = 1132 (65% da RPM<sub>max</sub>)

Adotar = 70 a 100% da RPM<sub>max</sub>

# Definição da desempenho da bomba

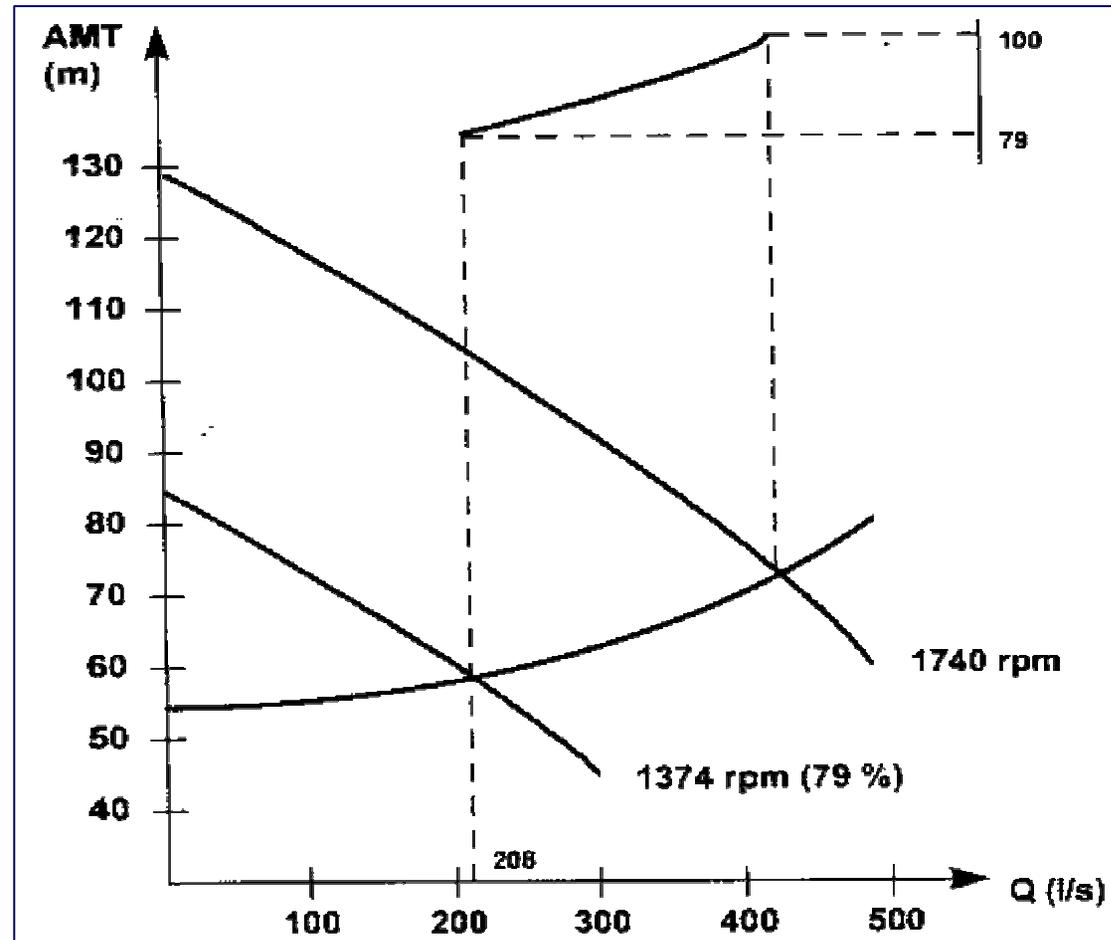
Saneamento



**Definição da performance para 70%, 80% e 90% da RPM máxima pelas LEIS DE AFINIDADE**

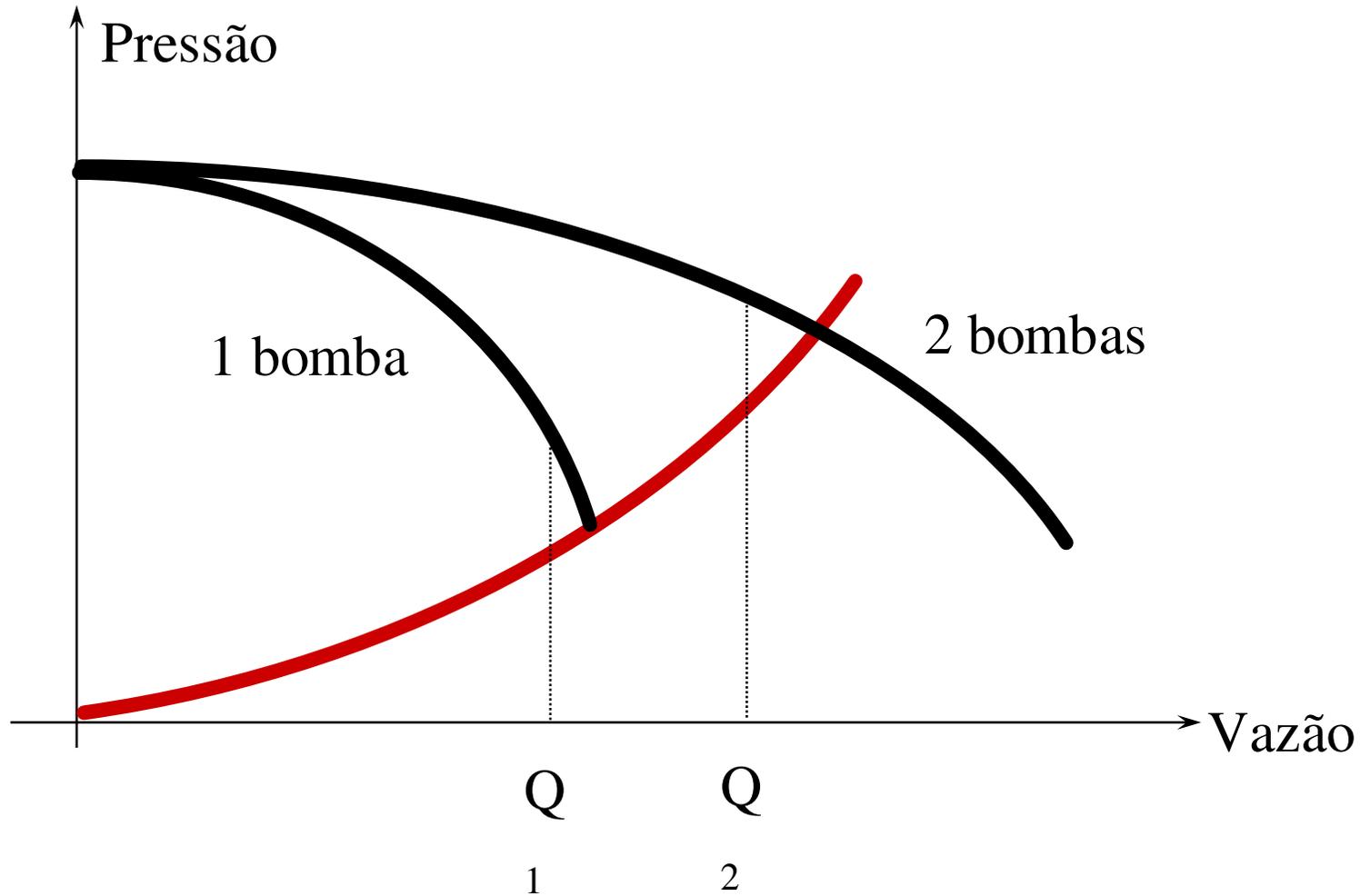
# Representação gráfica do sistema

Saneamento



# Bombas iguais em paralelo

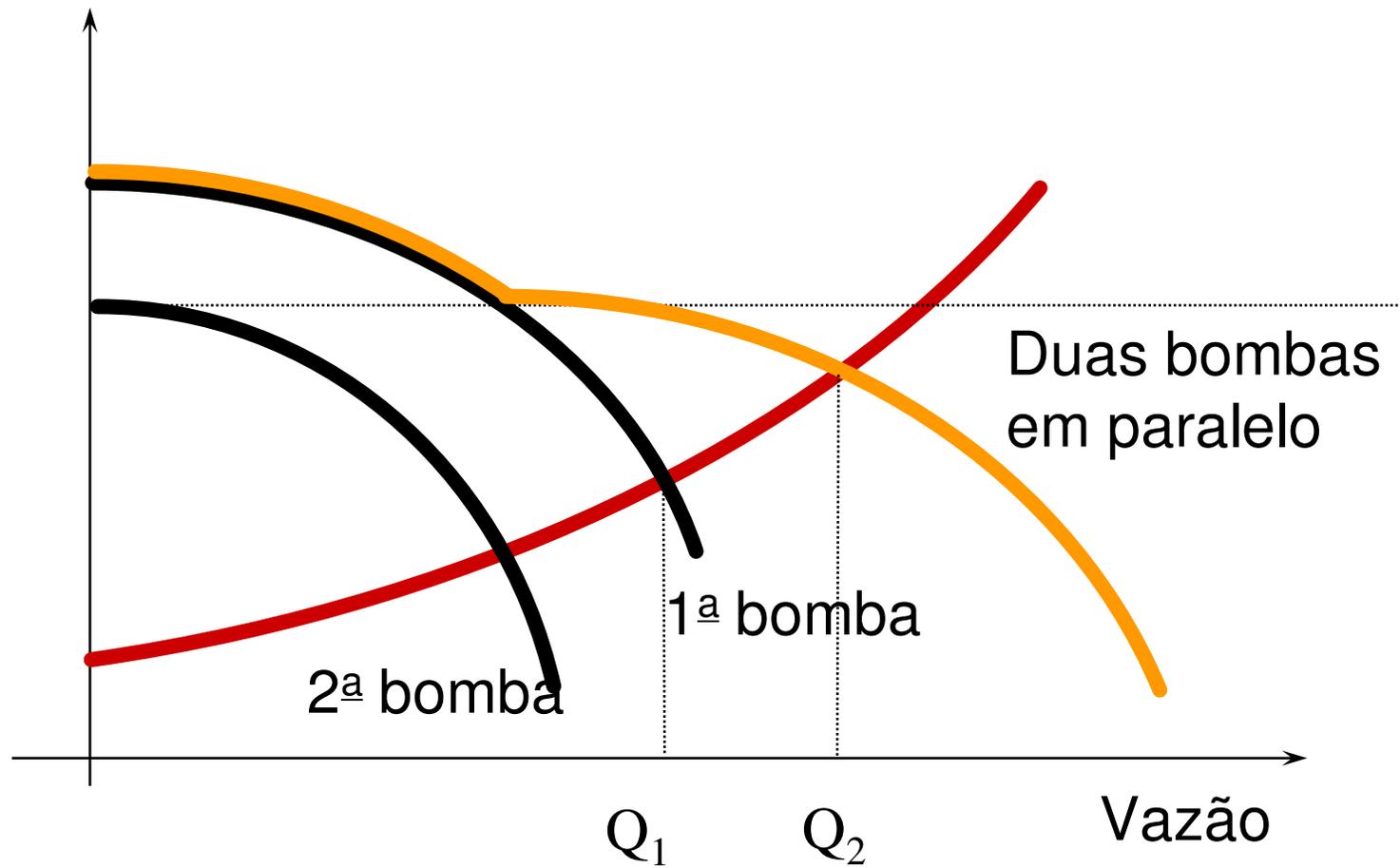
Saneamento

**SIEMENS**

# Bombas diferentes em paralelo

Saneamento

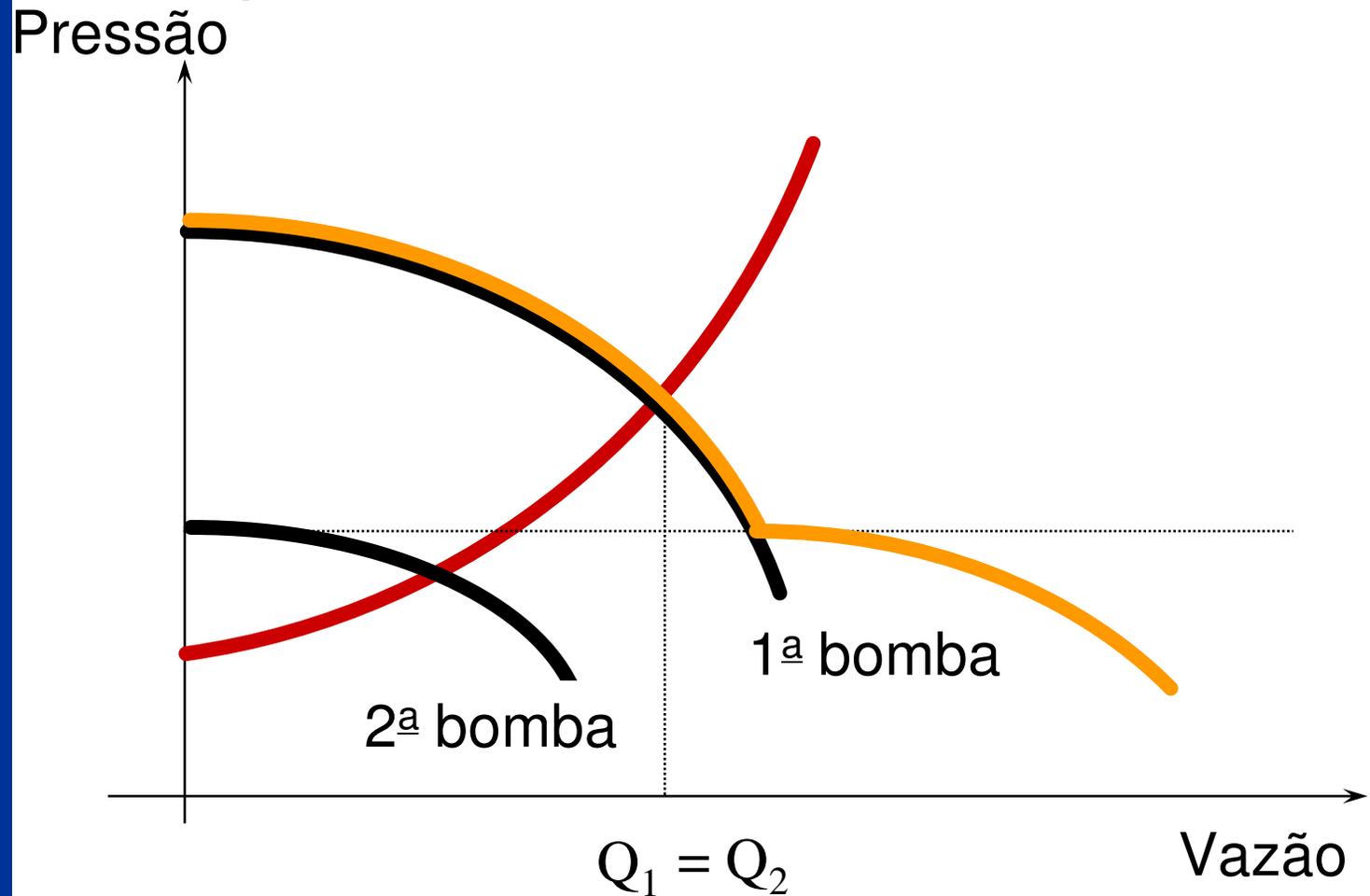
Pressão

**SIEMENS**

# Bombas diferentes em paralelo

Saneamento

- Existe a rotação mínima para que a 2ª bomba possa contribuir no aumento da vazão

**SIEMENS**

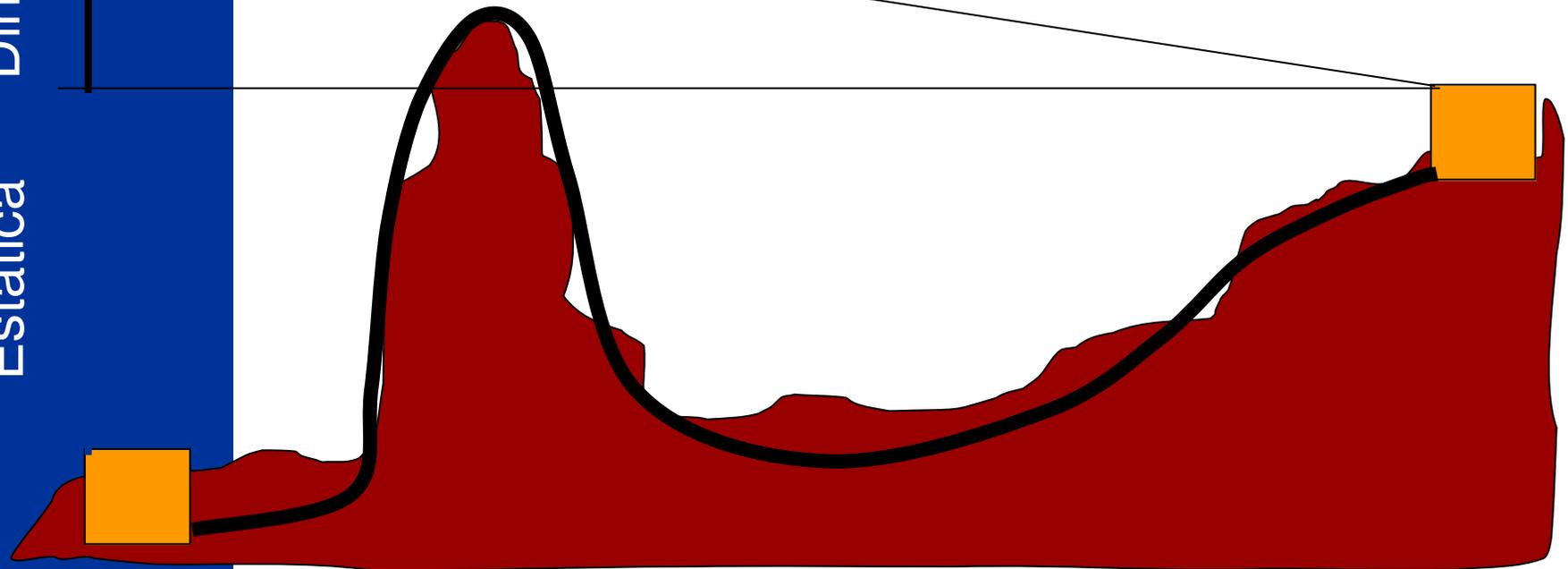
# Pressão ao longo do sistema

Saneamento

## Antes - sem Inversor de Frequência

Dinâmica

Estática



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

# Pressão ao longo do sistema

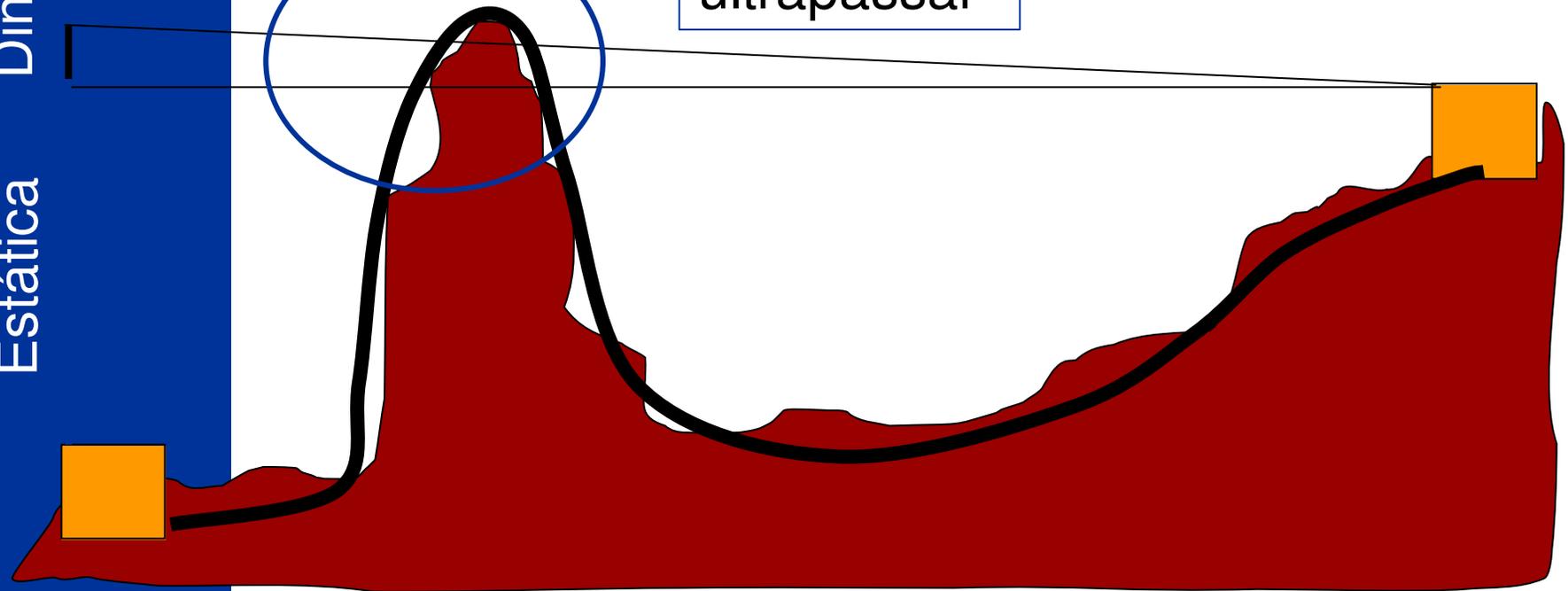
Saneamento

Depois - com Inversor de Frequência

Dinâmica

Estática

O fluido não consegue ultrapassar



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 28

# Benefícios da variação de velocidade

## Saneamento

- **Significativa economia de energia**
- **Eliminação de válvulas de controle**
- **Redução da erosão, cavitação, recirculação e golpe de ariete**
- **Redução da corrente e kVA de partida**
- **Melhora no rendimento da bomba**
- **Partidas e paradas mais suaves e menos freqüentes**
- **Redução da carga e desgaste do rotor e deflexões no eixo**
- **Aumento da vida útil do selo, redução da ondulação de pressão**
- **Melhoria no controle do processo (fluxo, pressão, nível)**
- **Redução dos custos de construção civil (tanques, tubulação)**
- **Redução dos custos de manutenção**

# Benefícios em Ventiladores

Saneamento

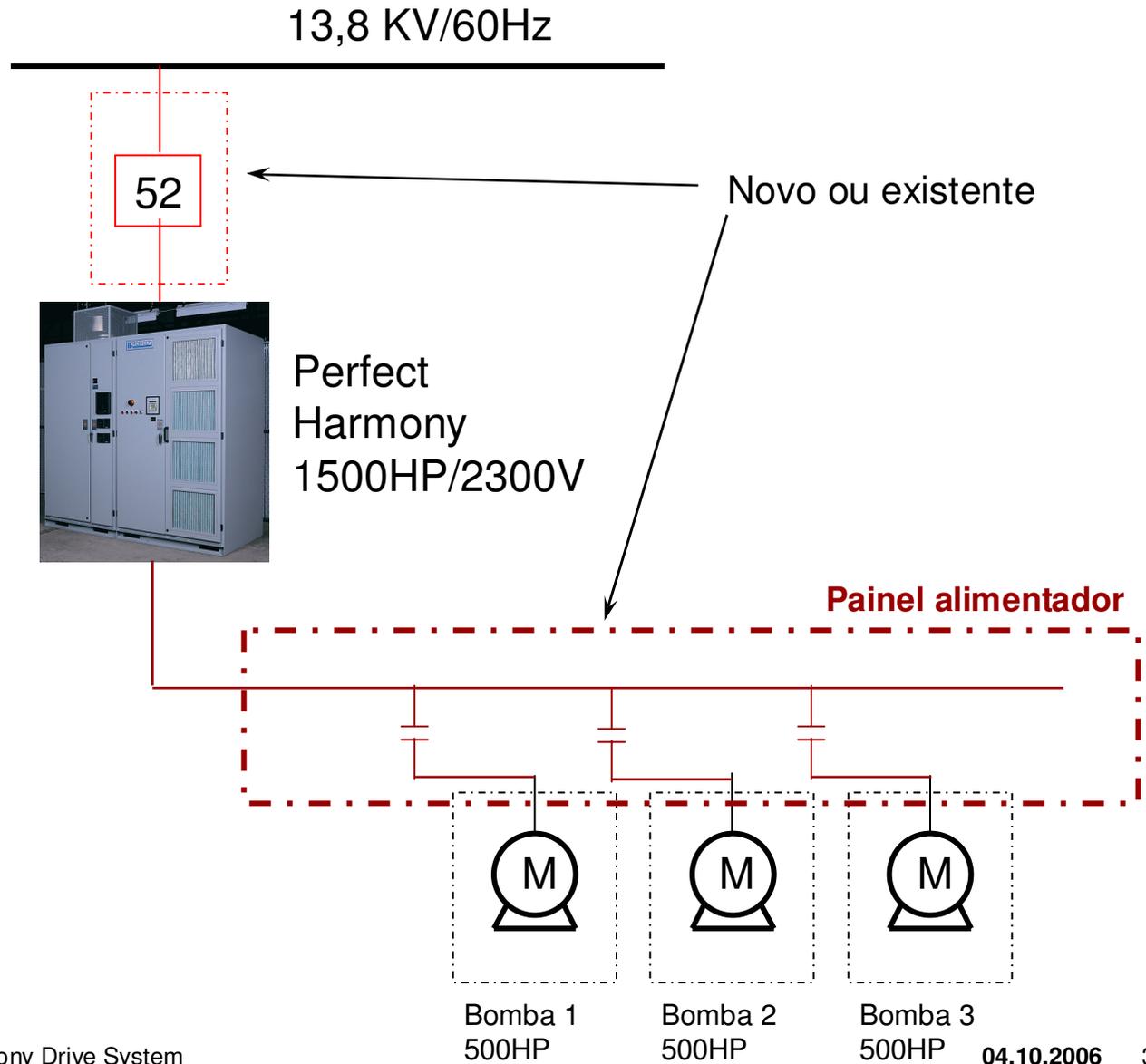
**Devido a curva característica dos ventiladores, e a inexistência do fenômeno de cavitação, o retorno em conservação de energia pela aplicação de variação de velocidade em ventiladores é extremamente rápido.**

**Outros benefícios são:**

- **Corrente de partida do motor reduzida**
- **Aumento da vida útil do mancais e do motor**
- **Diminuição do ruído**
- **Melhoria no controle do processo**

# Estudo de Viabilidade – Bombas em Paralelo Exemplo

Saneamento



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

# Base Instalada

Saneamento

**123 Unidades no Brasil**

**+ 350 América do Sul**

**+ 2500 no Mundo**

|                              |   |      |      |            |
|------------------------------|---|------|------|------------|
| Embasa                       | 4 | 800  | 2300 | 9/2/1996   |
| SABESP - Emissário Pinheiros | 2 | 1250 | 4160 | 16/3/1998  |
| Embasa                       | 1 | 800  | 2300 | 15/12/2002 |

# Potências Disponíveis 170 a 136.000 HP

Saneamento

**170 a 3.000 HP @ 2300 VAC**

**170 a 9.000 HP @ 3300 VAC**

**170 a 11.000 HP @ 4160 VAC**

**1000 a 20.000 HP @ 7200 VAC**

**10000 a 136.000 HP @ 13.8KV**



**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 33

Saneamento

# SIEMENS

## Large Drives - R

### PERGUNTAS?

**Eduardo Maddarena**

**(11) 8158.9721**

**(11) 3507.1922**

**SIEMENS**

Perfect Harmony Drive System

04.10.2006 34