

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

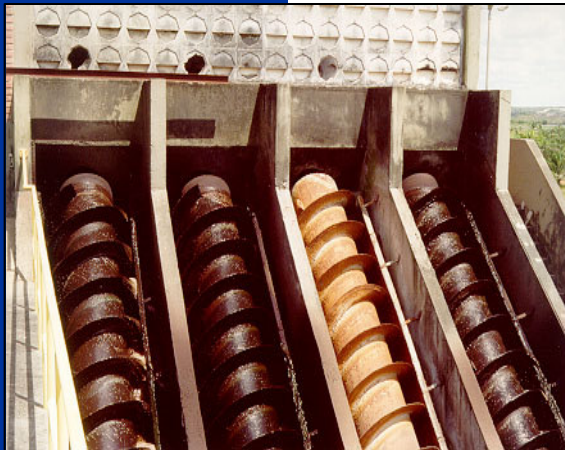
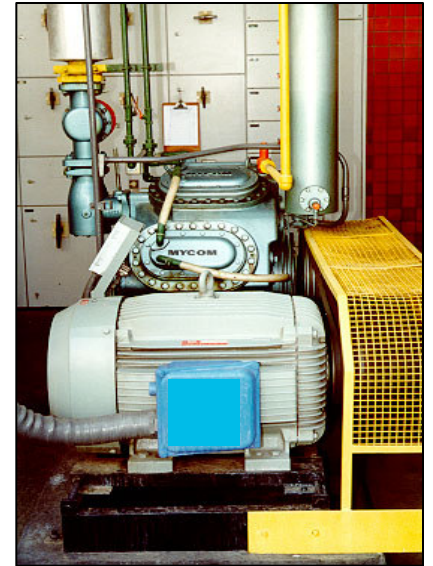
Saneamento

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



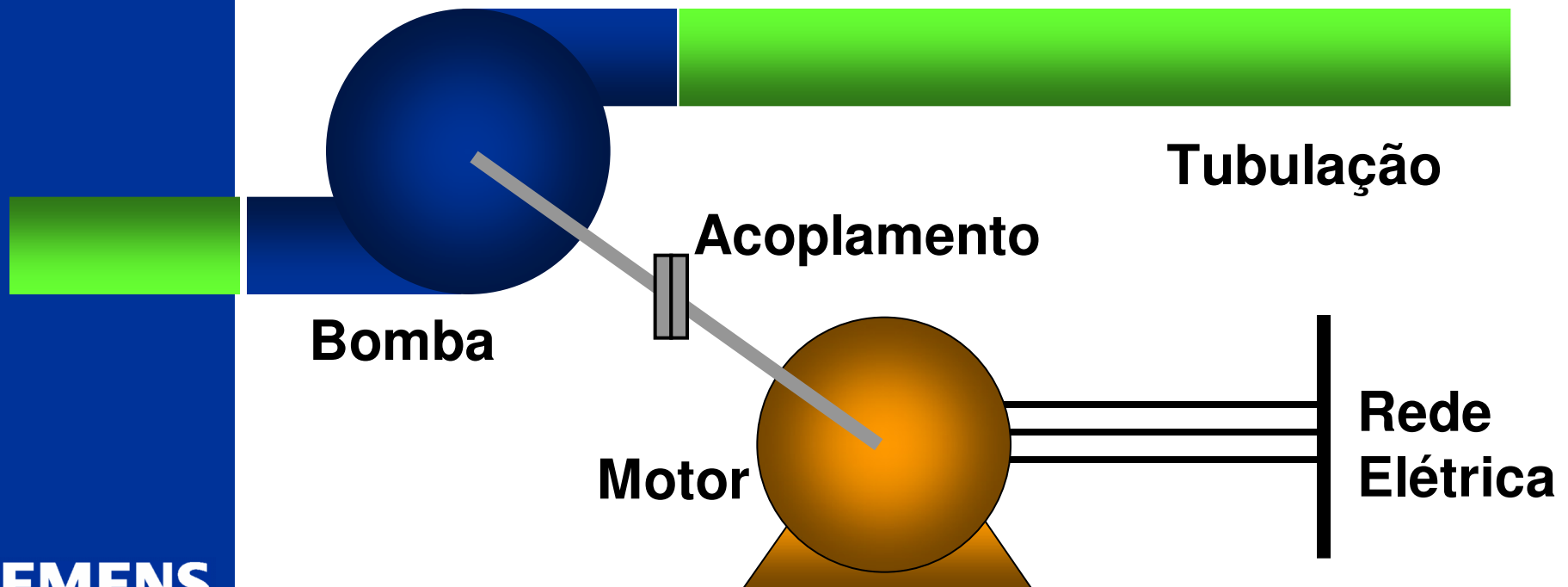
SIEMENS

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

 η_{bomba} $\eta_{\text{acoplamento}}$ η_{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)

γ = 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:

γ = Rendimento da bomba

K = 270 para Q (m³/h), H (m), BHP (CV)

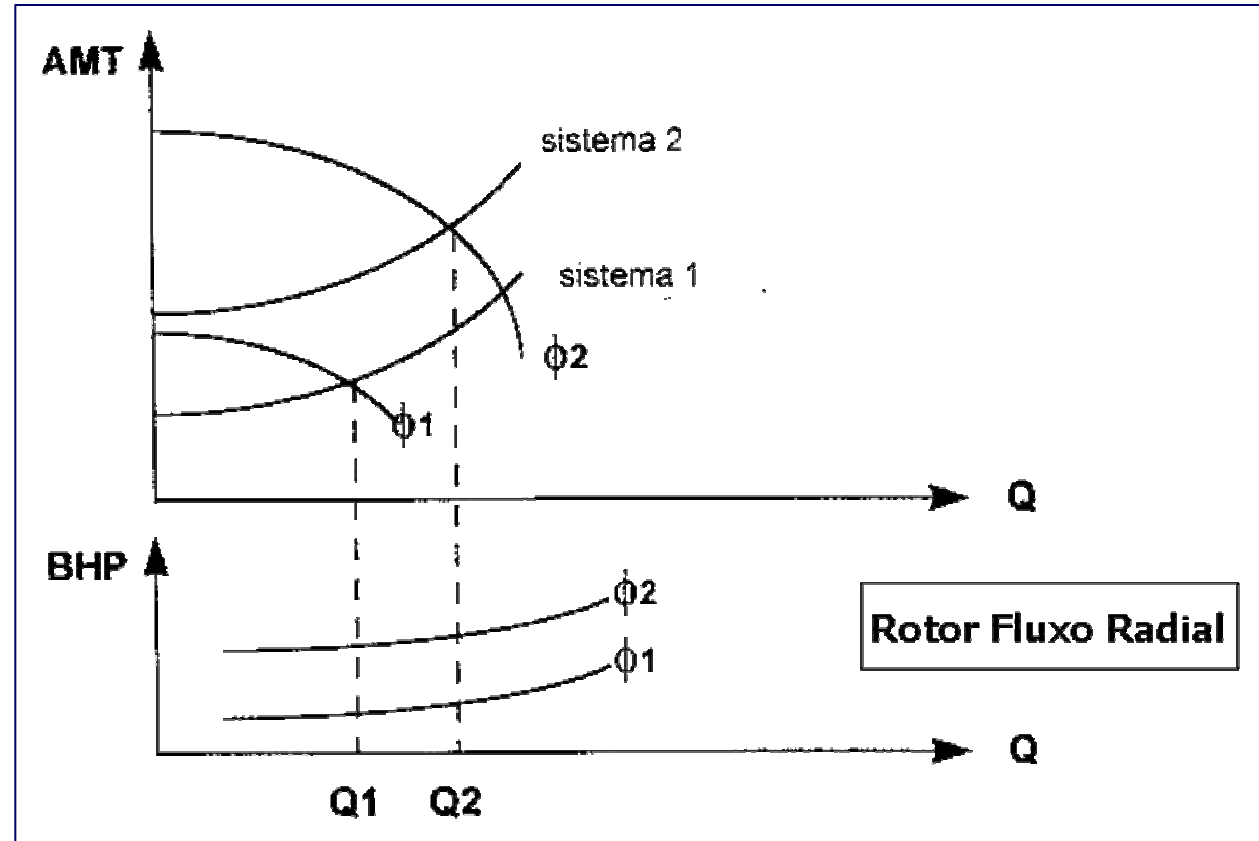
K = 274 para Q (m³/h), H (m), BHP (HP)

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

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

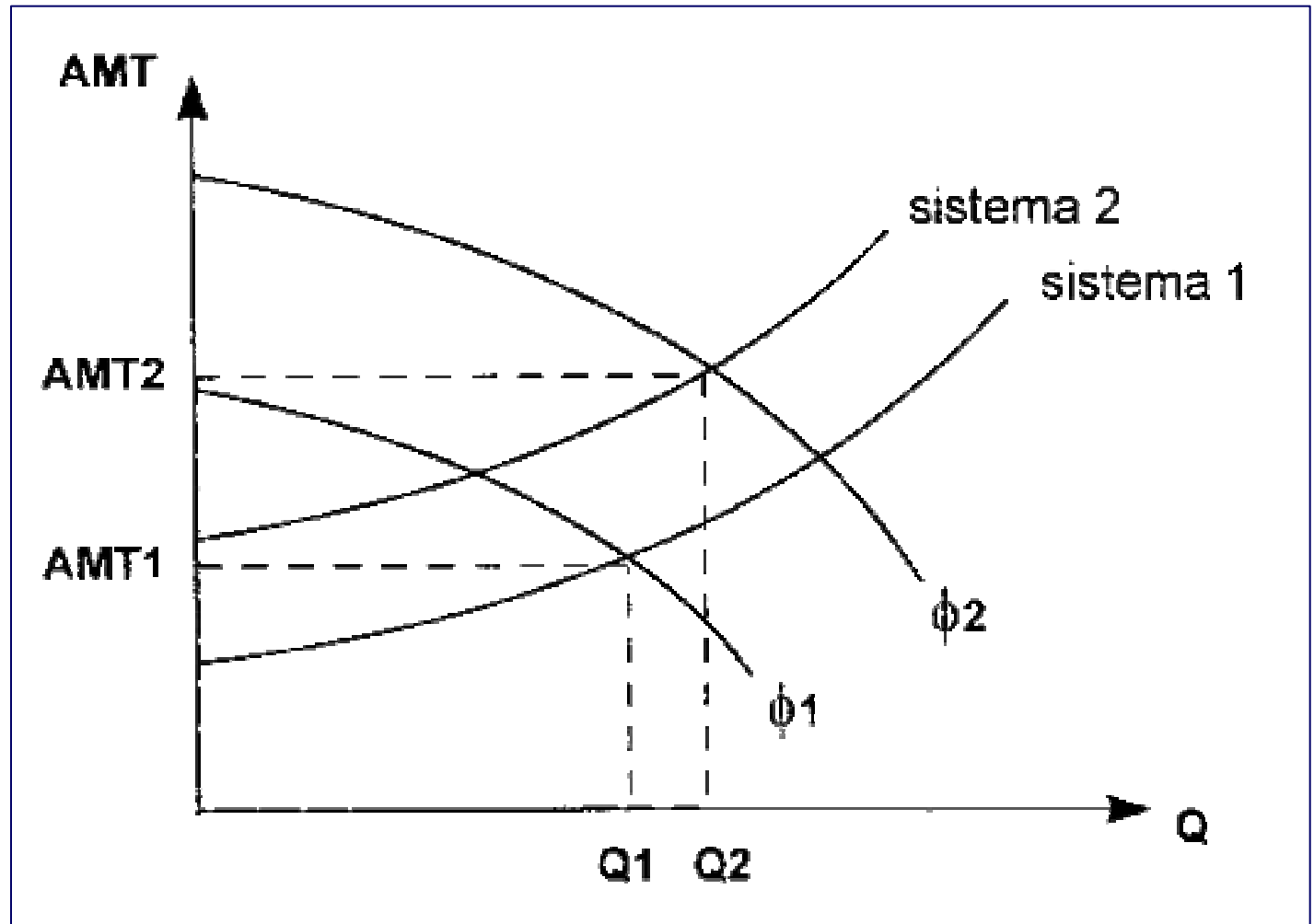
Potência na bomba x motor elétrico

Saneamento



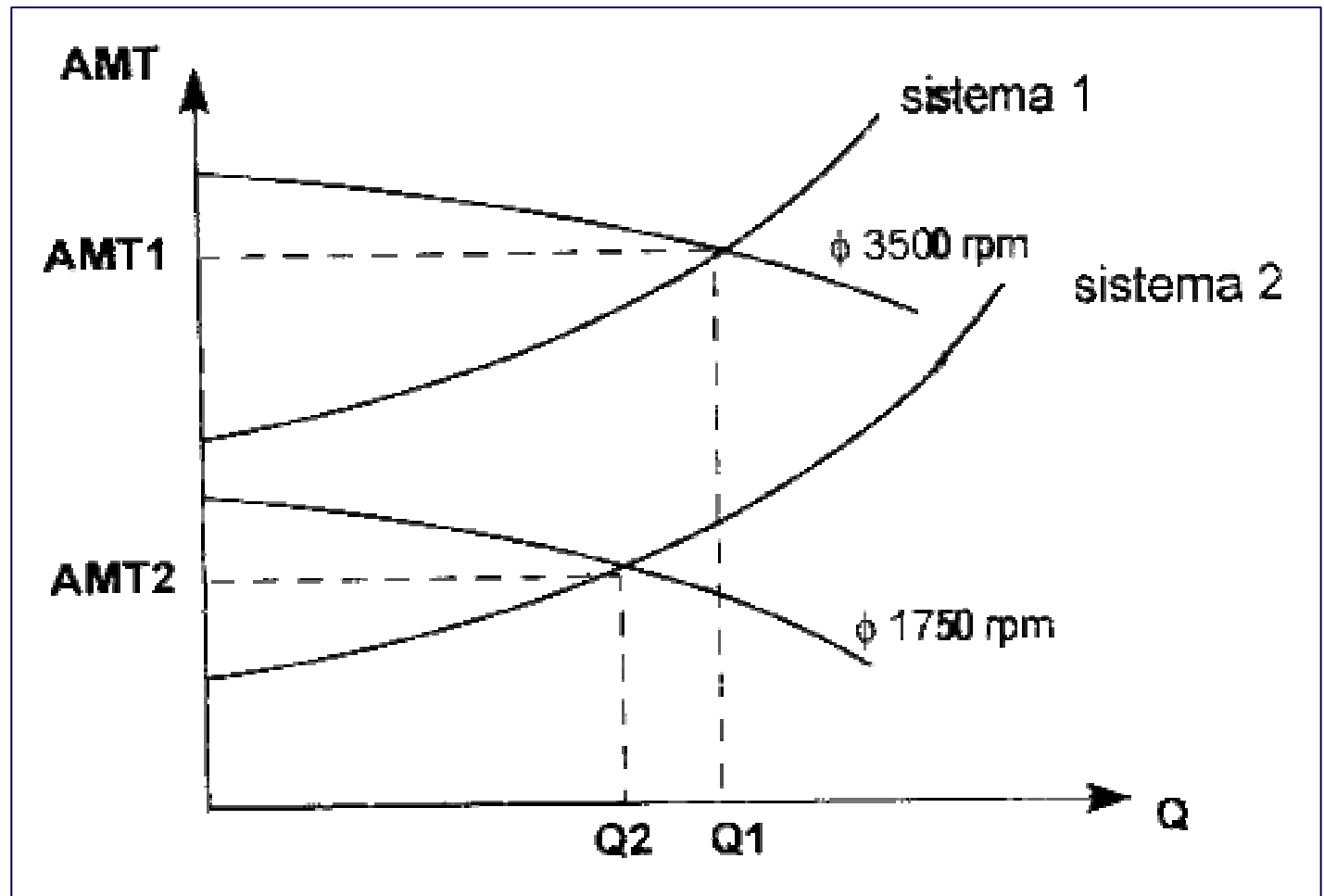
Alteração do Diâmetro do Rotor

Saneamento



Alteração da rotação – polaridade do motor

Saneamento



Controle de vazão

Saneamento

Partidas e paradas constantes “On-Off”

By-pass

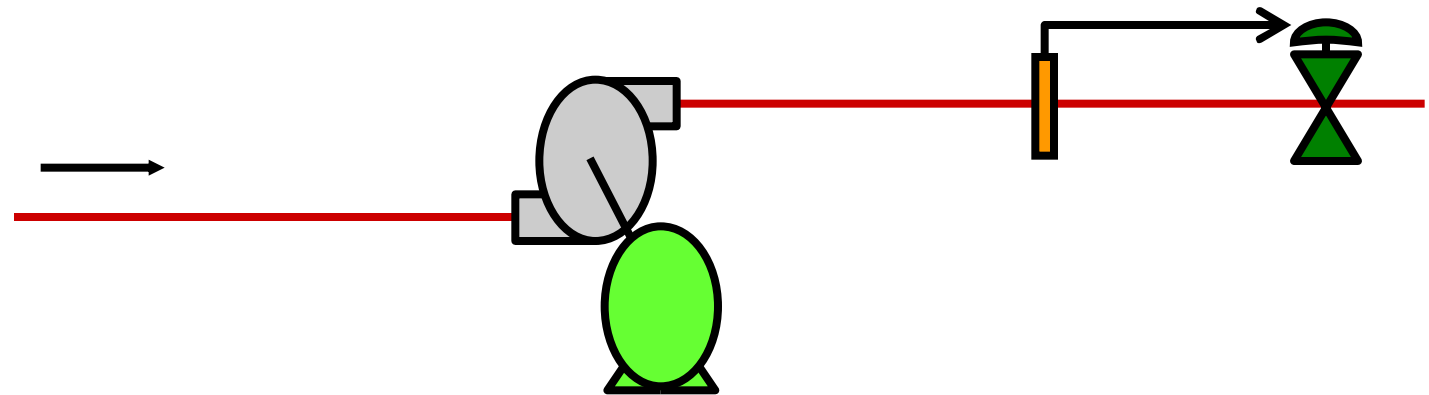
Válvula de controle na descarga

Variação de velocidade

Válvula de controle na descarga

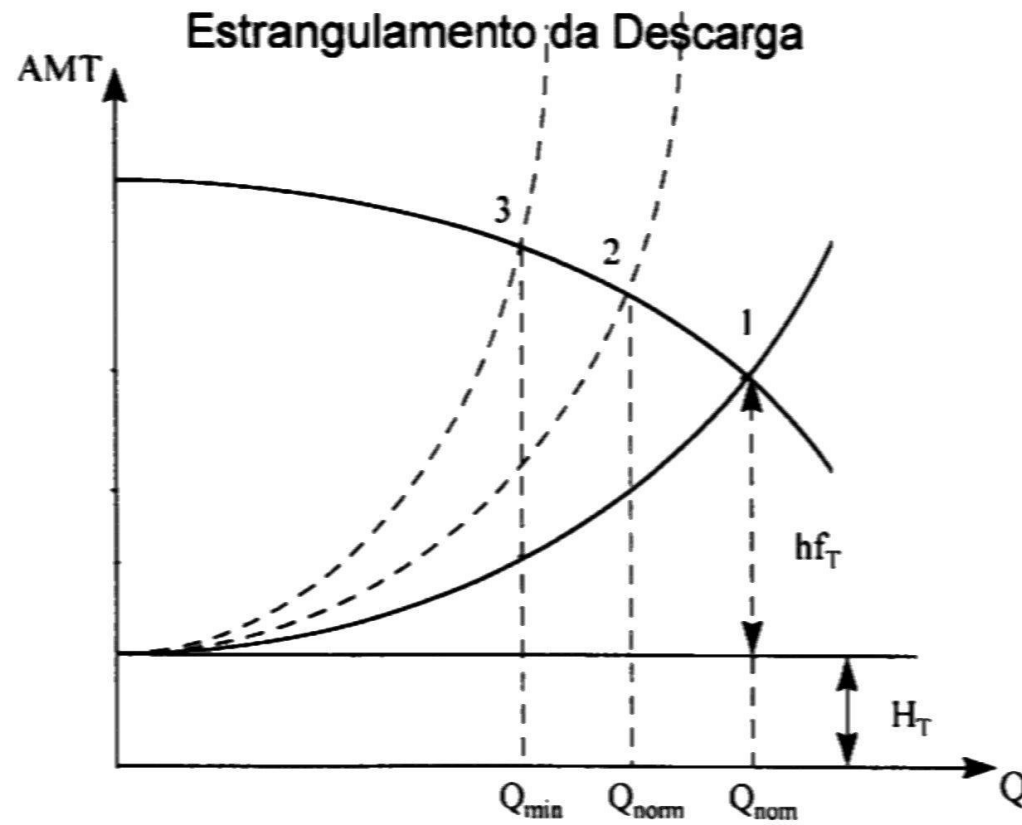
Saneamento

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



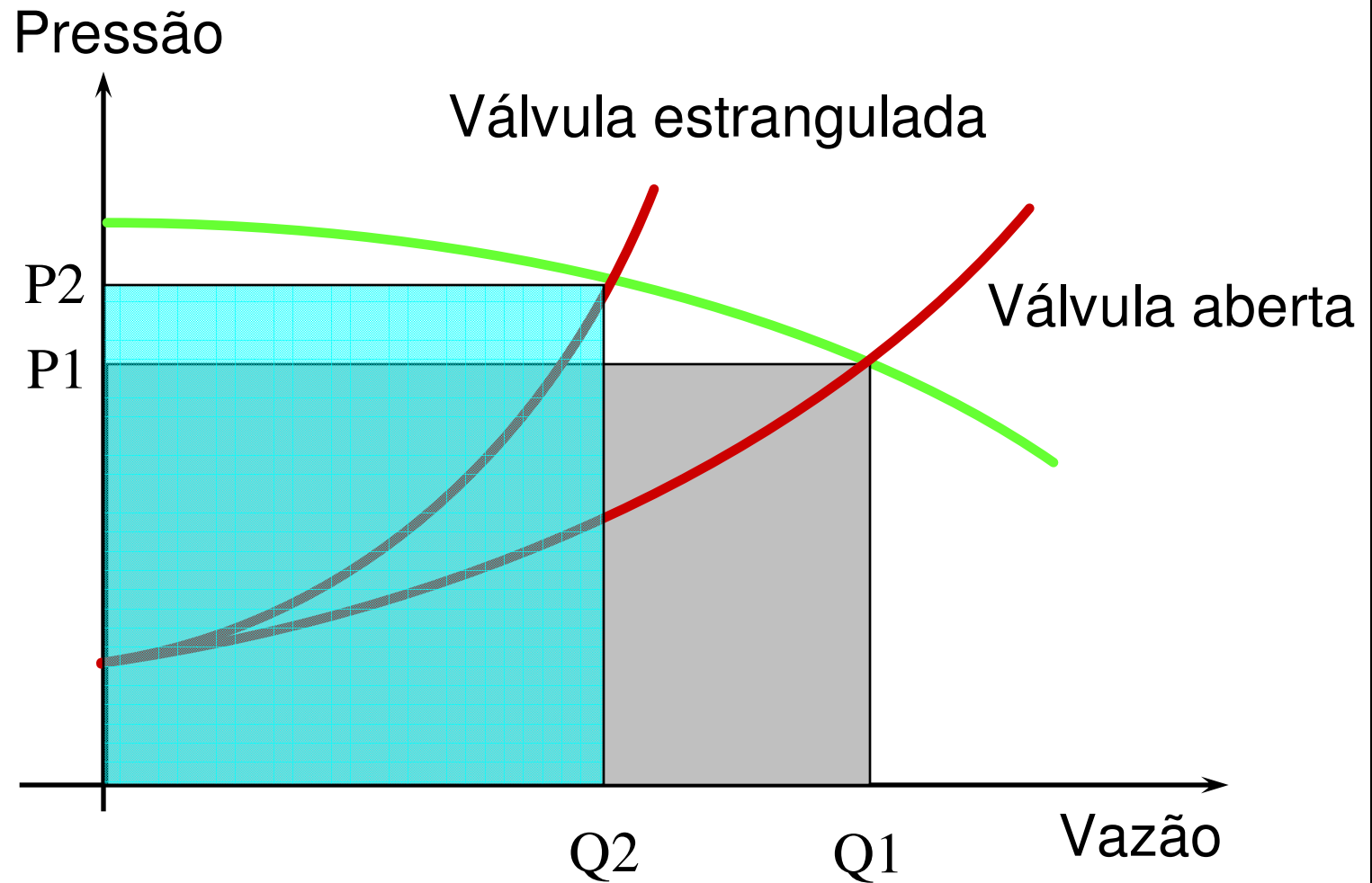
Válvula de controle na descarga

Saneamento



Válvula de controle de descarga

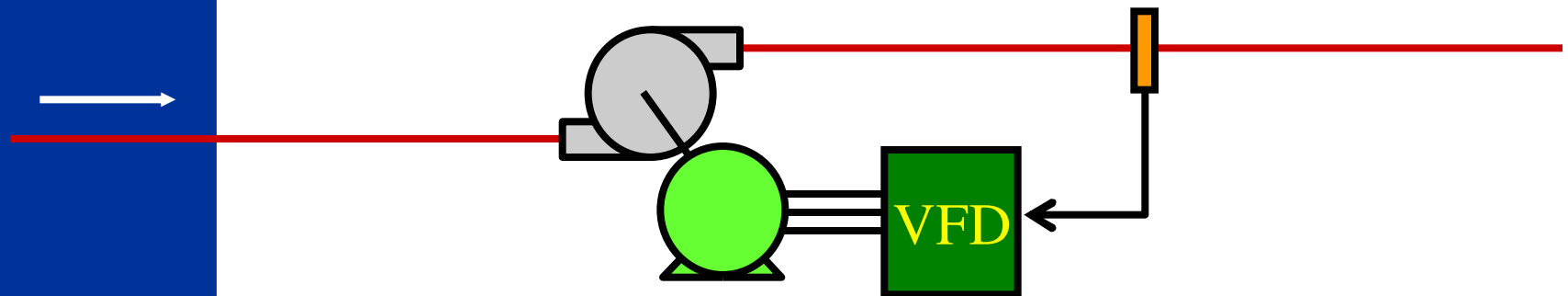
Saneamento

**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**



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

Saneamento

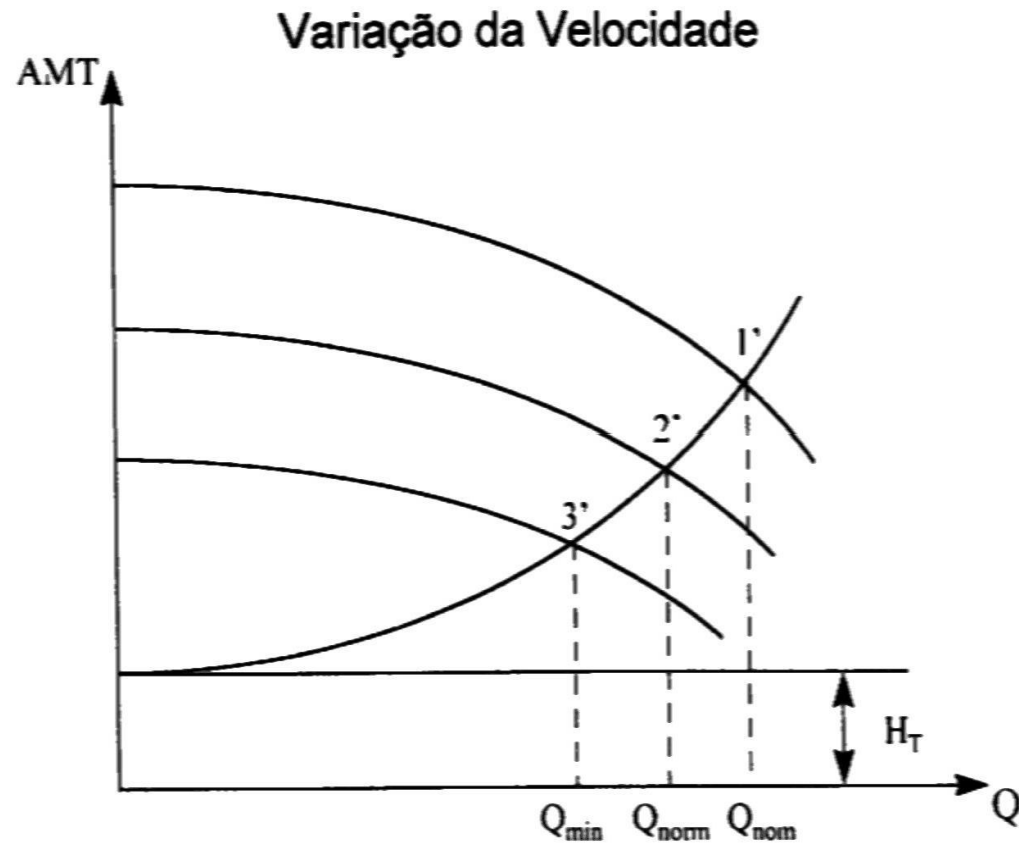
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{RPM_1}{RPM_2}$$

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

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

Variação da velocidade

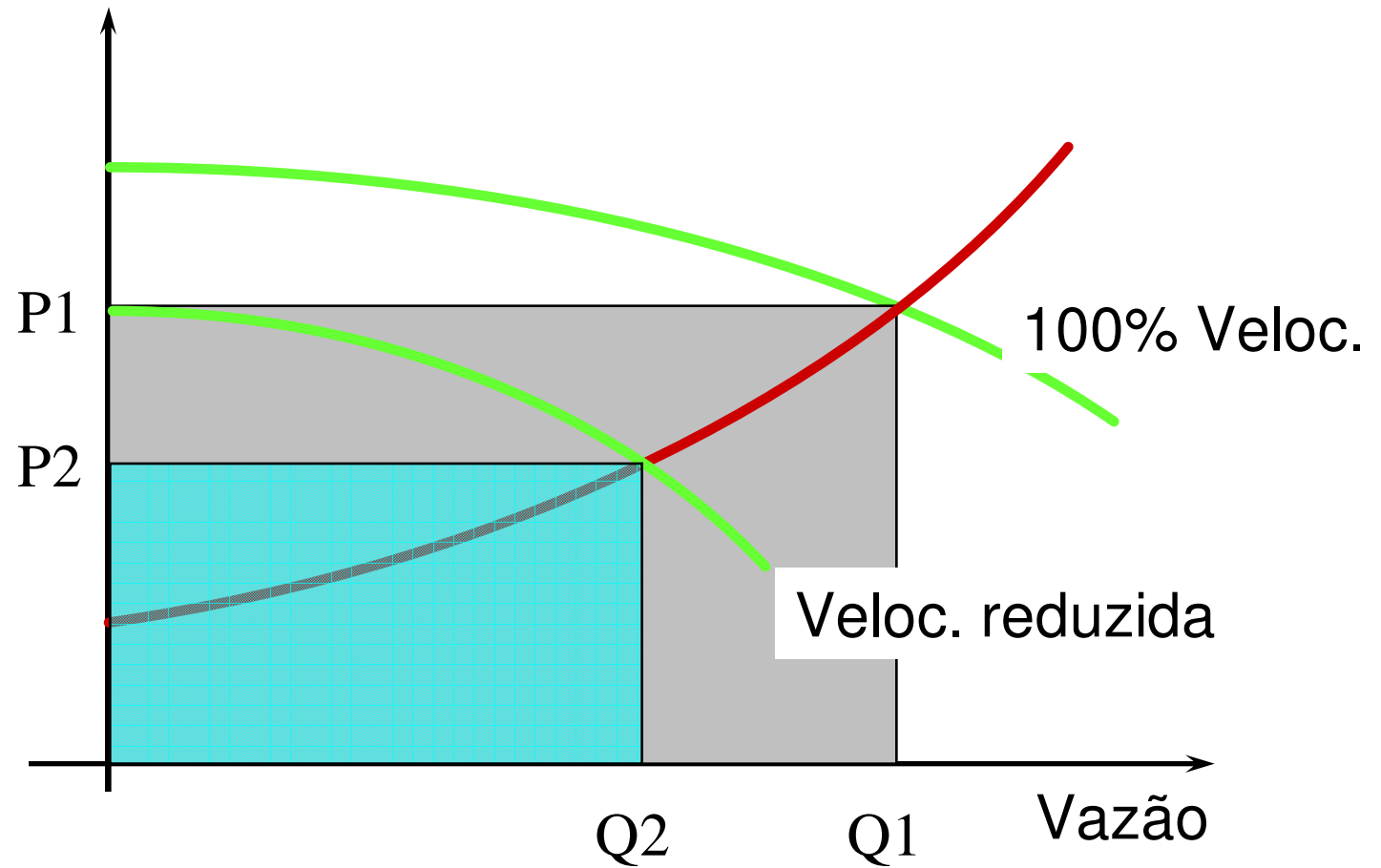
Saneamento



Variação de velocidade

Saneamento

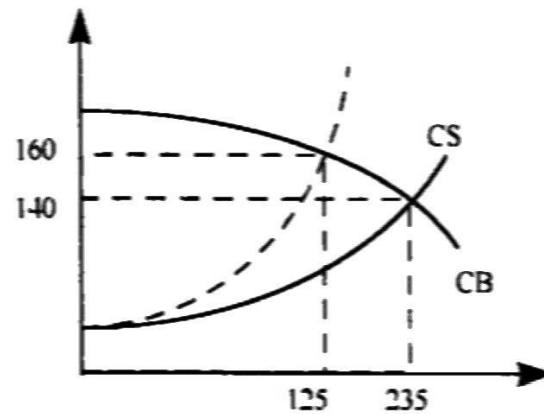
Pressão

**SIEMENS**

Válvula de controle x Variação de velocidade

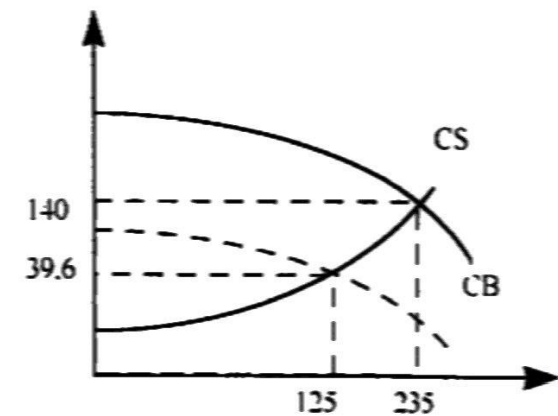
Saneamento

Válvula de Controle



Novo Q = 125 m³/h
 Novo H = 160 m
 Novo η = 60 %
 Novo BHP = 98,8 CV
 Motor = 150 CV
 Motor operará a 66 % da carga
 RPM = 3550

Variador de Velocidade



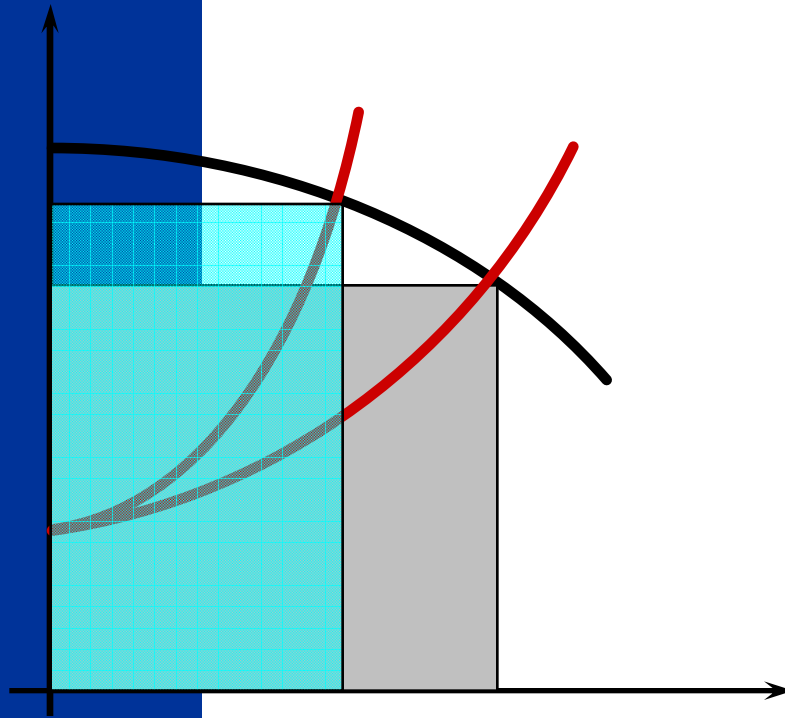
Novo Q = 125 m³/h
 Nova AMT = 39,6 m
 Novo η = 72 %
 Novo BHP = 20,4 CV
 Motor = 150 CV
 Motor operará a 90 % da carga
 RPM = 1888

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

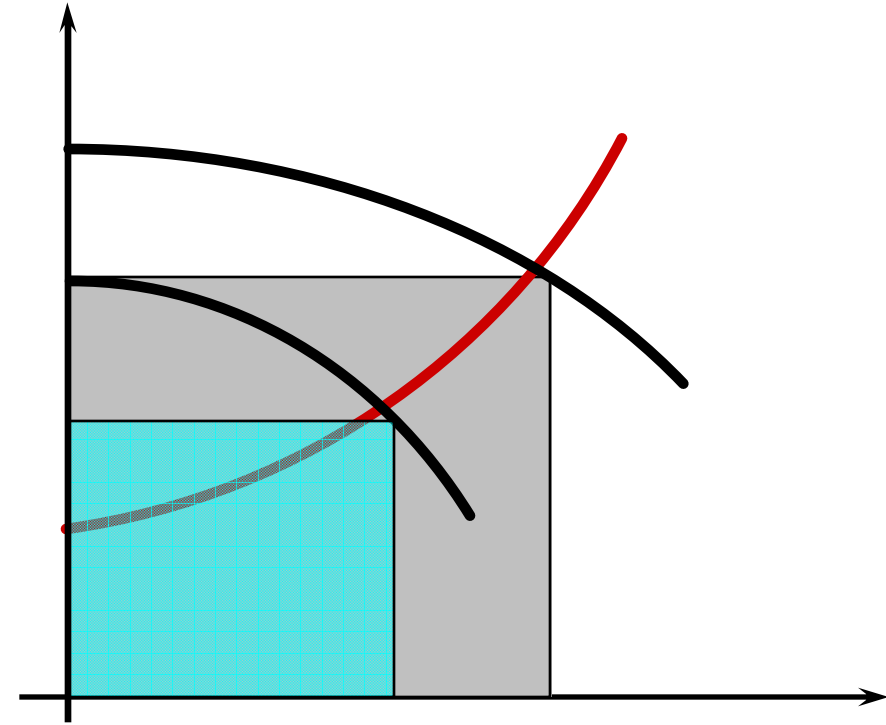
SIEMENS

Economia de energia

Saneamento



Válvula de estrangulamento



Variação de velocidade

SIEMENS

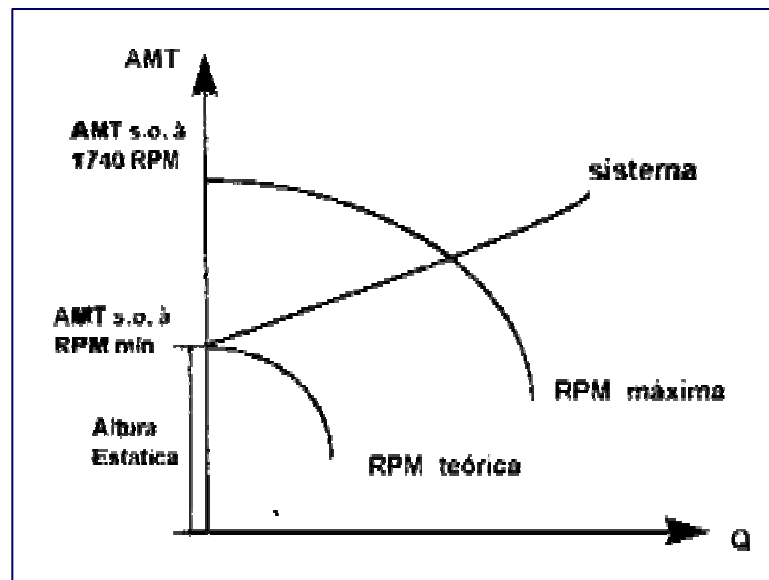
Perfect Harmony Drive System

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:

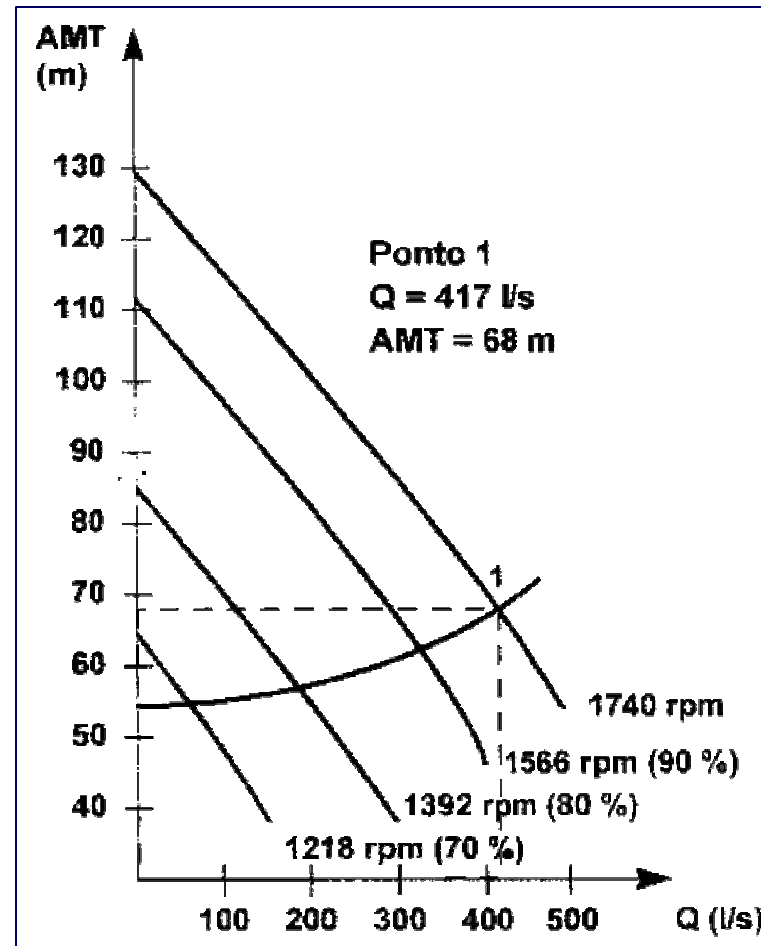
$$\frac{AMT_1}{AMT_2} = \frac{RPM_1^2}{RPM_2^2} = \frac{130}{55} = \frac{1740^2}{RPM_{min}^2}$$

RPMmin = 1132 (65% da RPM_{max})

Adotar = 70 a 100% da RPM_{max}

Definição da desempenho da bomba

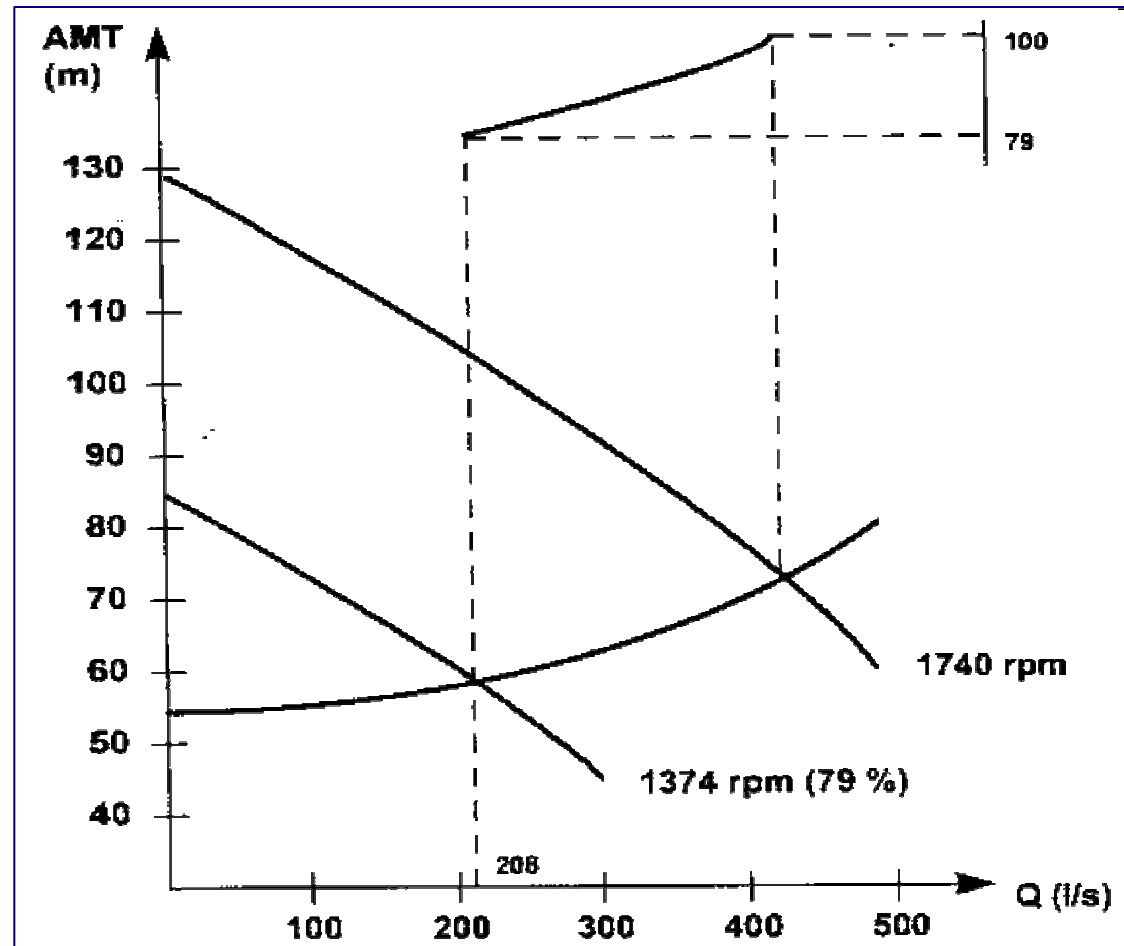
Saneamento



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

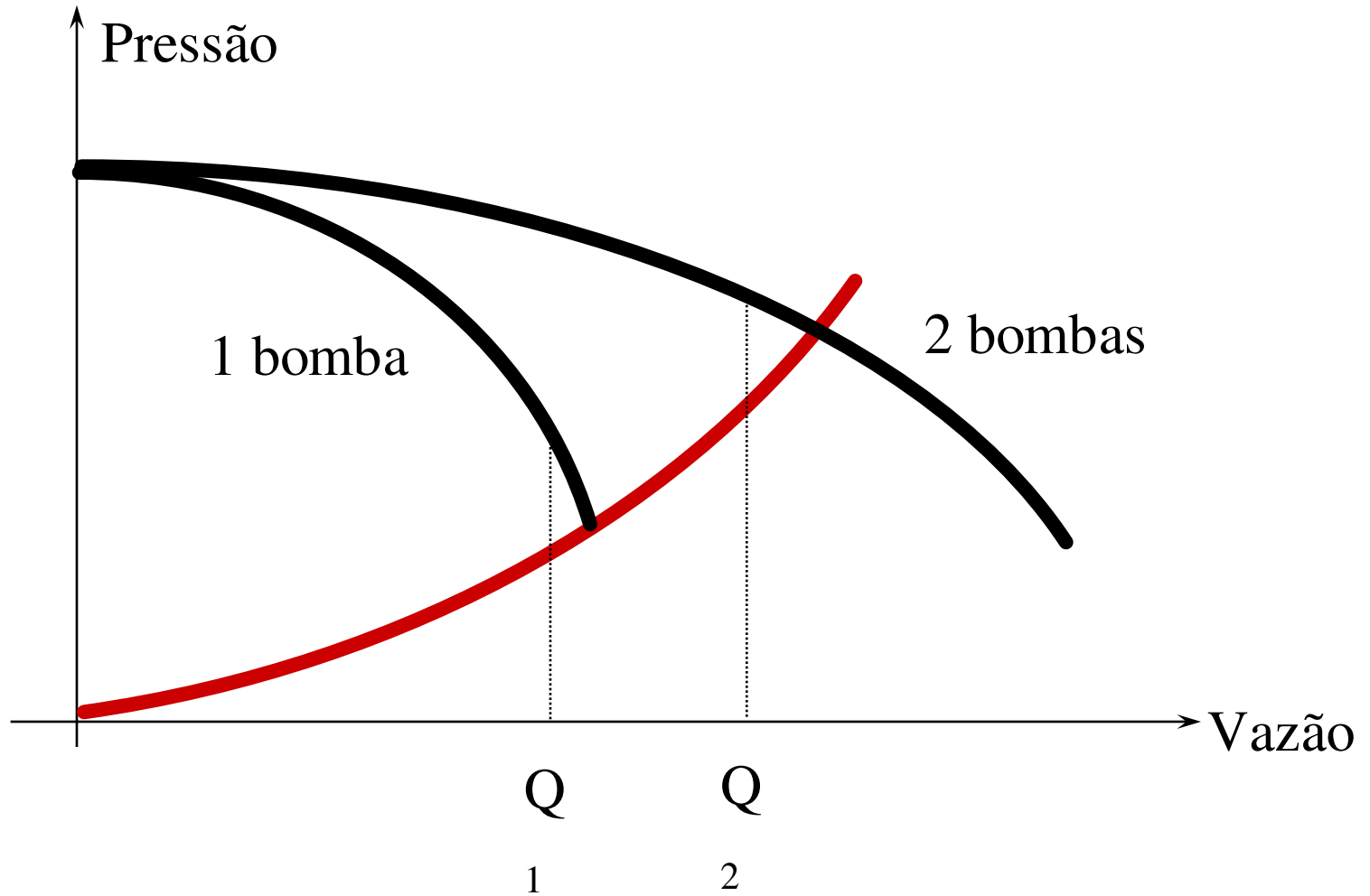
Representação gráfica do sistema

Saneamento



Bombas iguais em paralelo

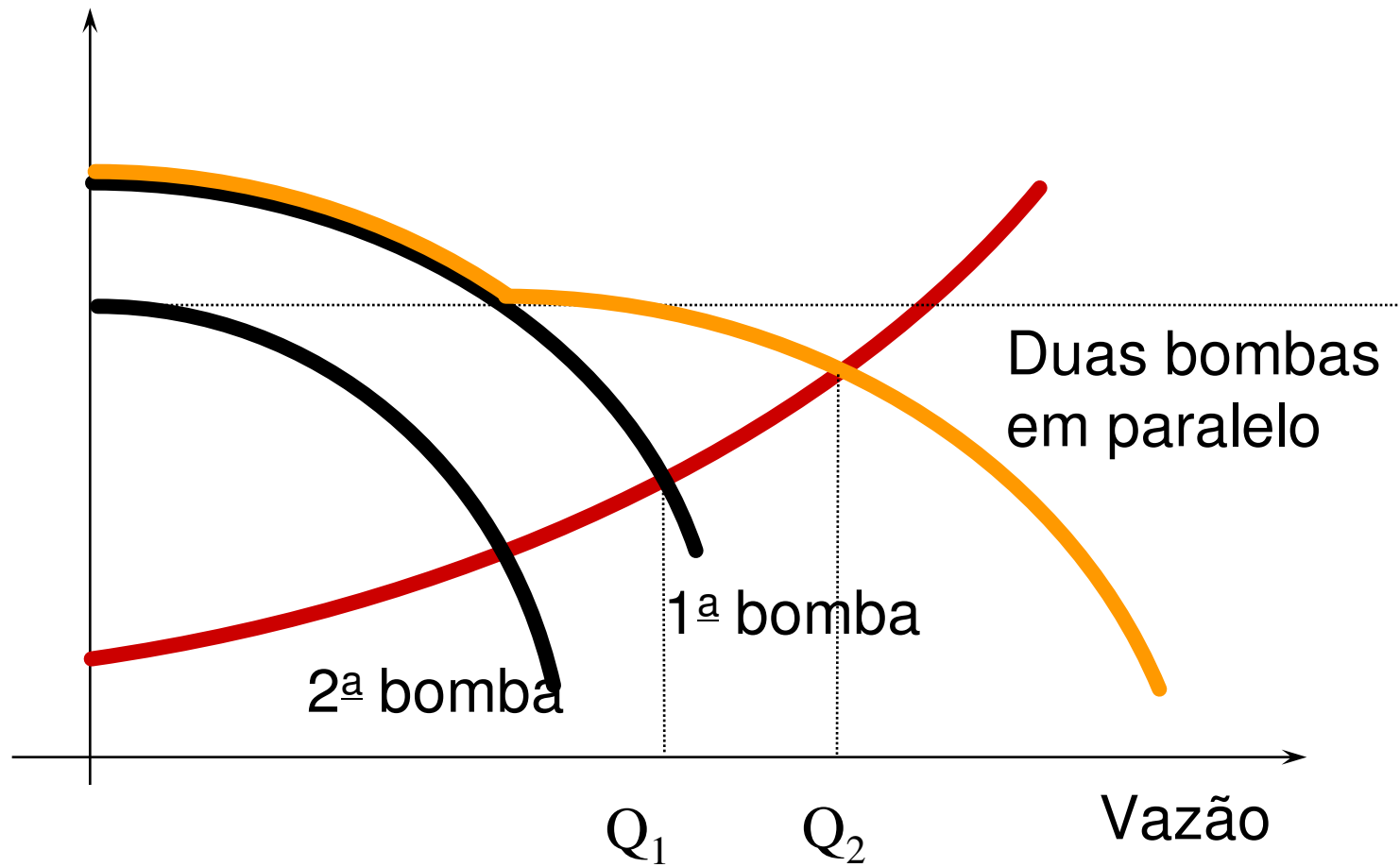
Saneamento

**SIEMENS**

Bombas diferentes em paralelo

Saneamento

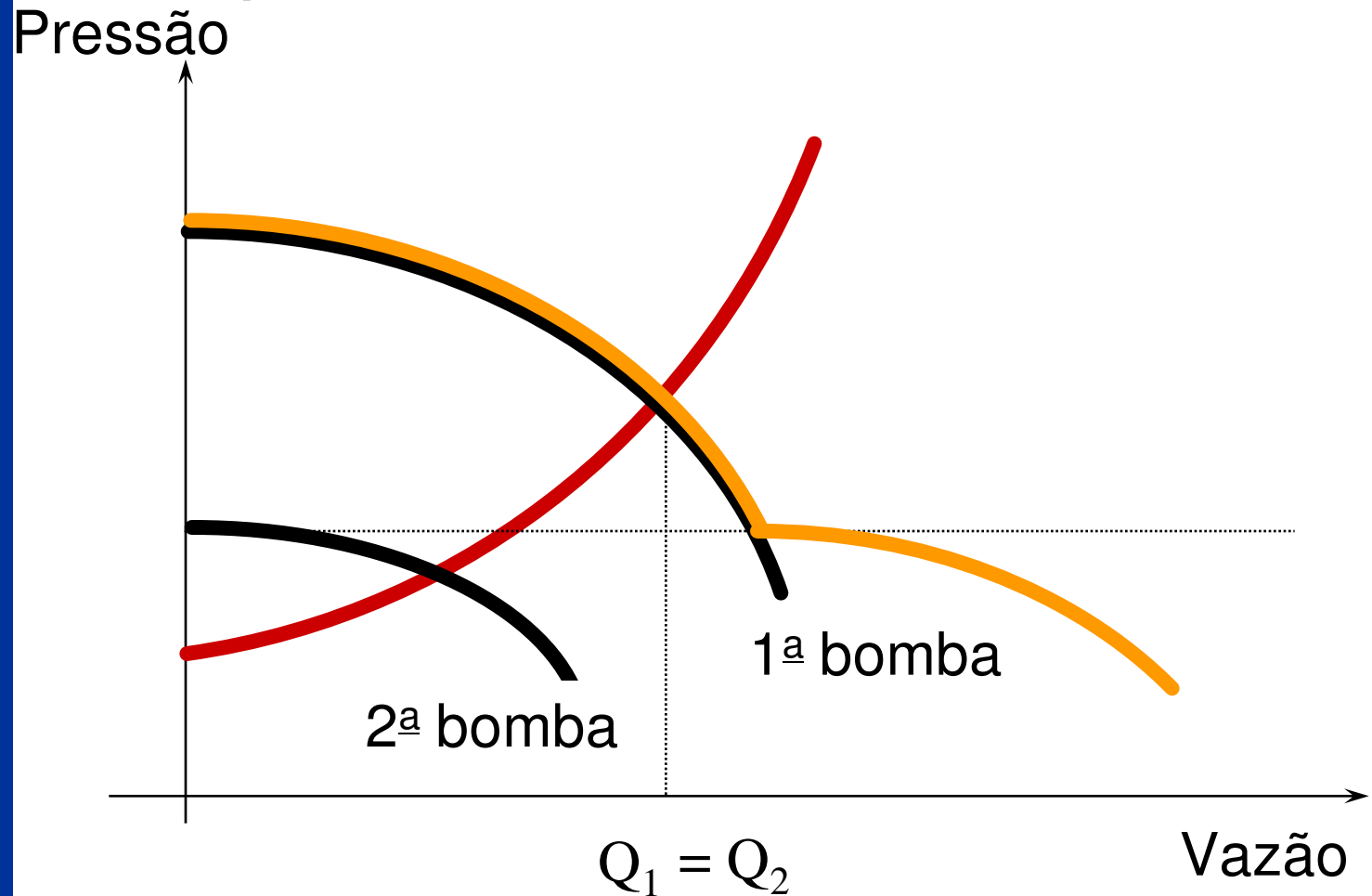
Pressão

**SIEMENS**

Bombas diferentes em paralelo

Saneamento

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

**SIEMENS**

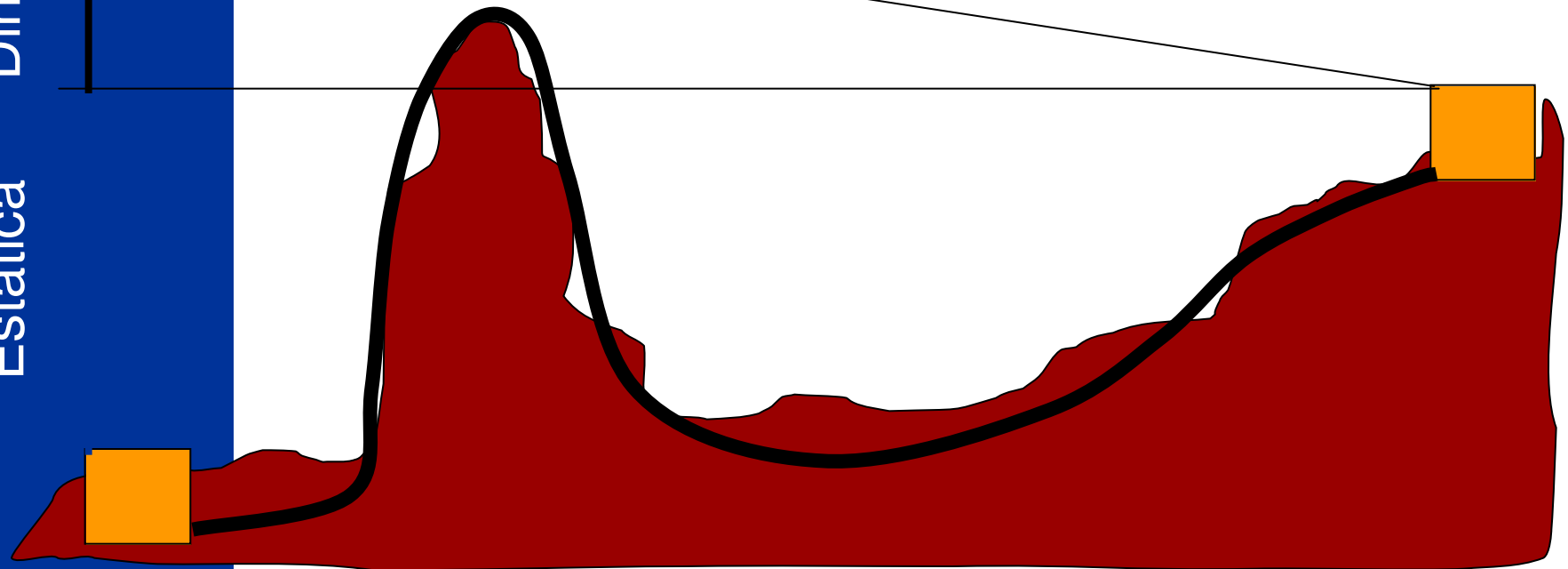
Pressão ao longo do sistema

Saneamento

Antes - sem Inversor de Frequência

Dinâmica

Estática



SIEMENS

Perfect Harmony Drive System

Pressão ao longo do sistema

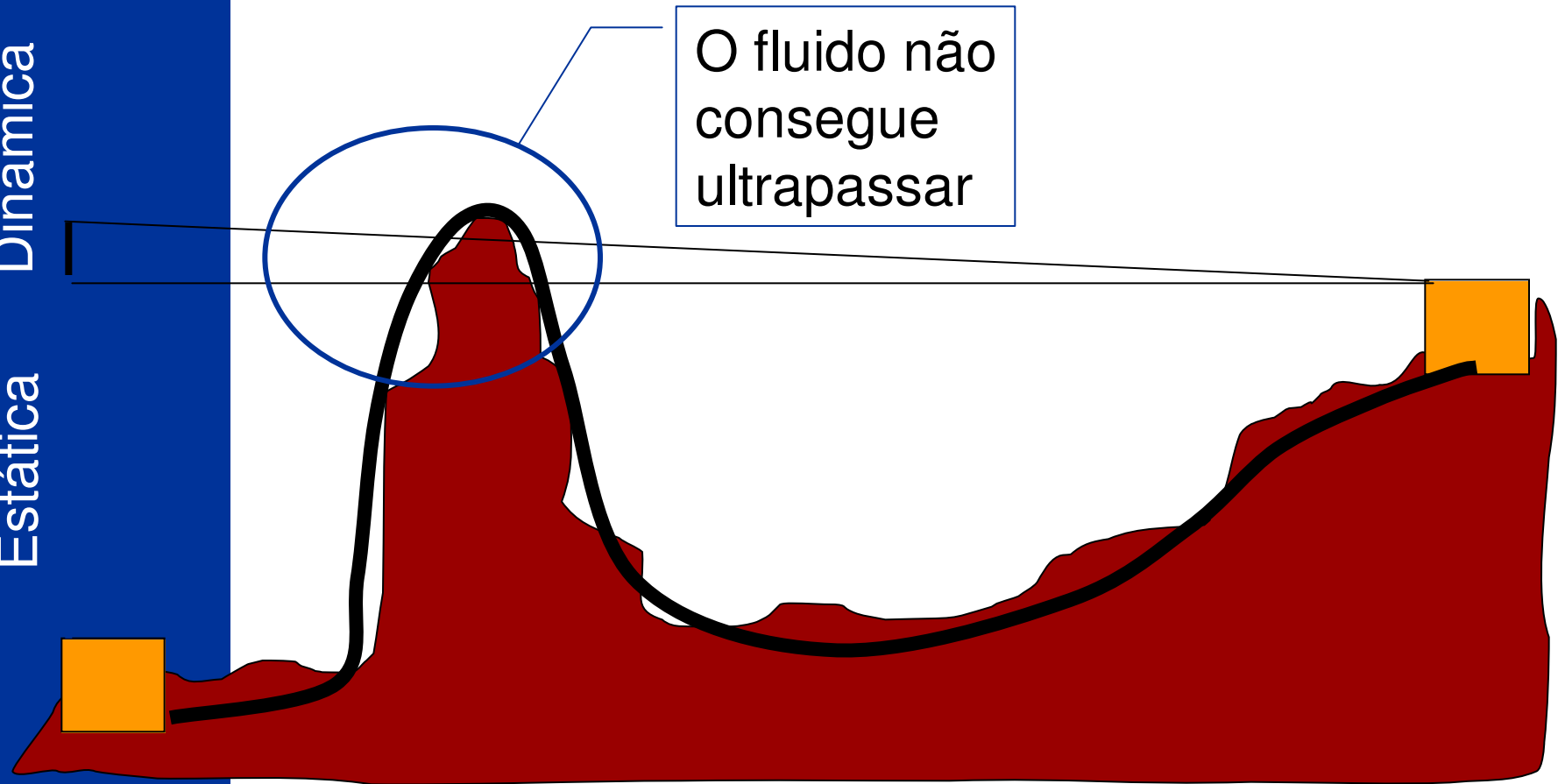
Saneamento

Depois - com Inversor de Frequência

Dinâmica

Estática

O fluido não consegue ultrapassar



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

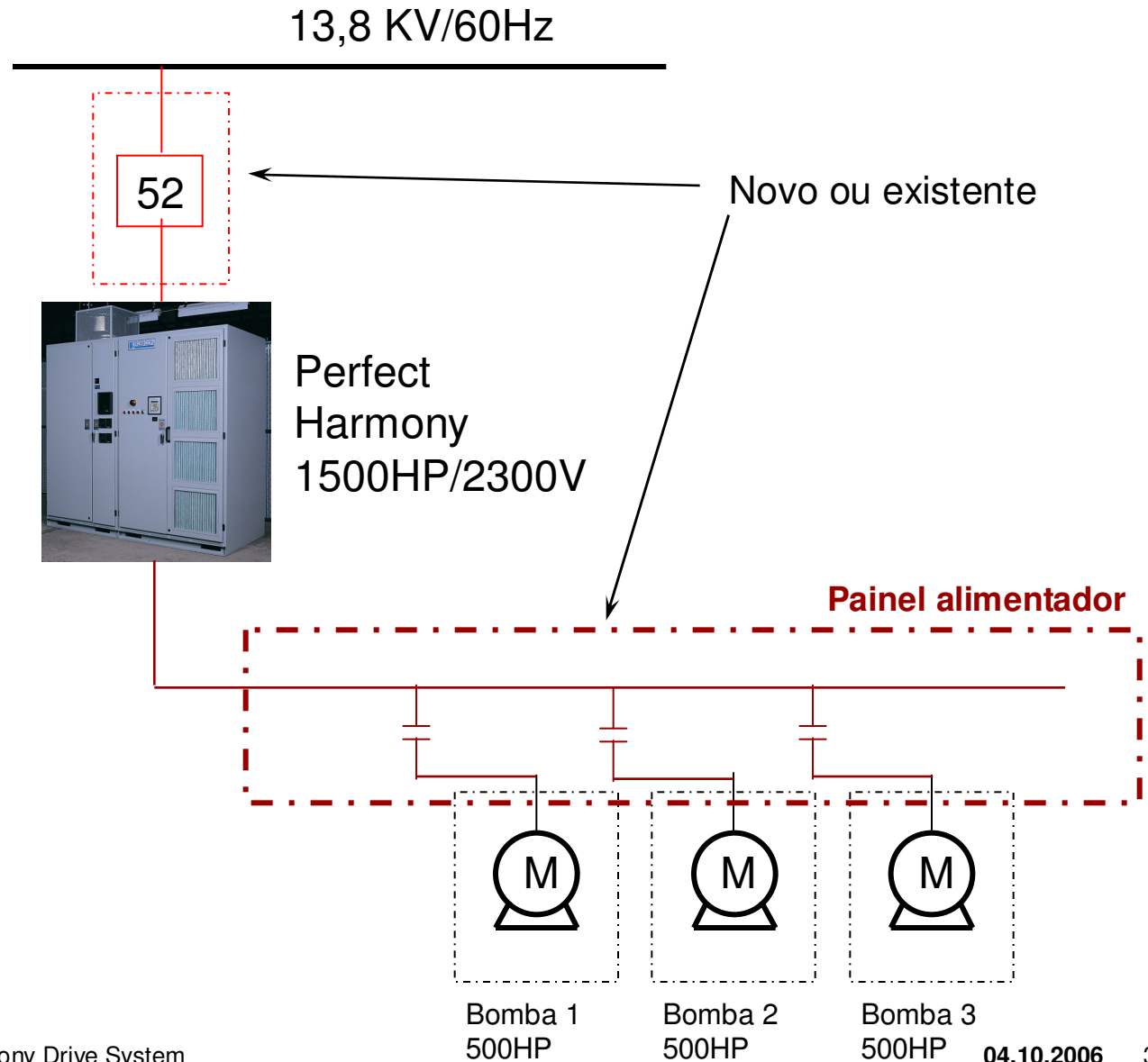
Devido a curva característica dos ventiladores, e a inexistência do fenômeno de cavitação, o retorno em conservação de energia pela aplicação de variação de velocidade em ventiladores é extremamente rápido.

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