

Inovação Tecnológica

Desafios da aplicação da
tecnologia de automação
no saneamento

28 de novembro de 2016
das 8h às 17h30

Sabesp - Complexo Ponte Pequena
Avenida do Estado, 561 - São Paulo/SP

III Simpósio ISA São Paulo
de Automação em Sistemas
de Água e de Esgoto



Eficiência Energética e Qualidade de Energia em Sistemas Motrizes.

Nova Tecnologia para alcançar níveis IE4 e IE5

Godofredo Winnischofer, Engenheiro Especialista em Acionamentos Elétricos – ABB Ltda

Inovação Tecnológica
Desafios da aplicação da tecnologia
de automação no saneamento

Eficiência Energética e Qualidade de Energia em Sistemas Motrizes.

Godofredo Winnischofer

III Simpósio ISA São Paulo
de Automação em Sistemas
de Água e de Esgoto



28 de novembro/2016
São Paulo - SP

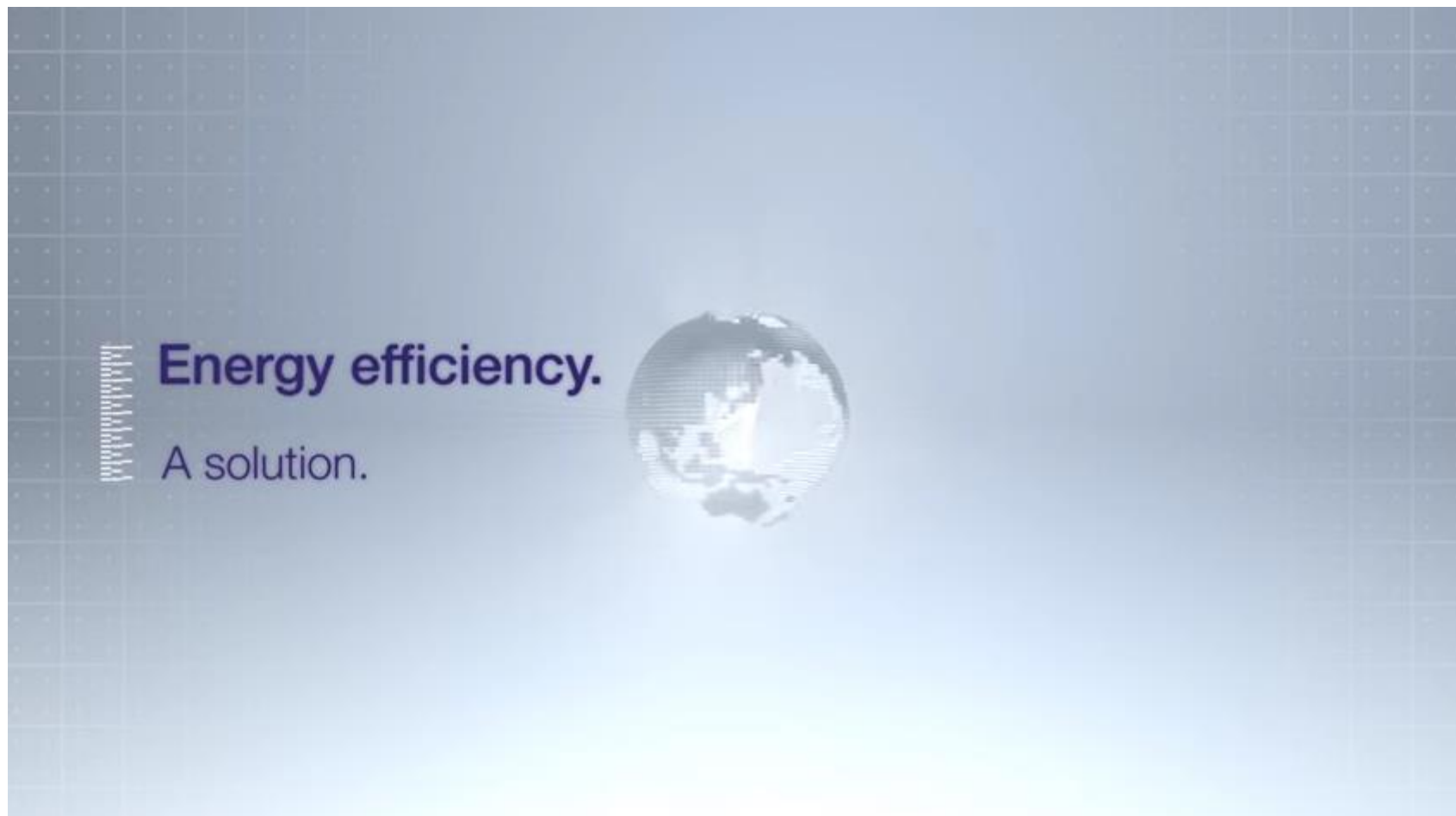
Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

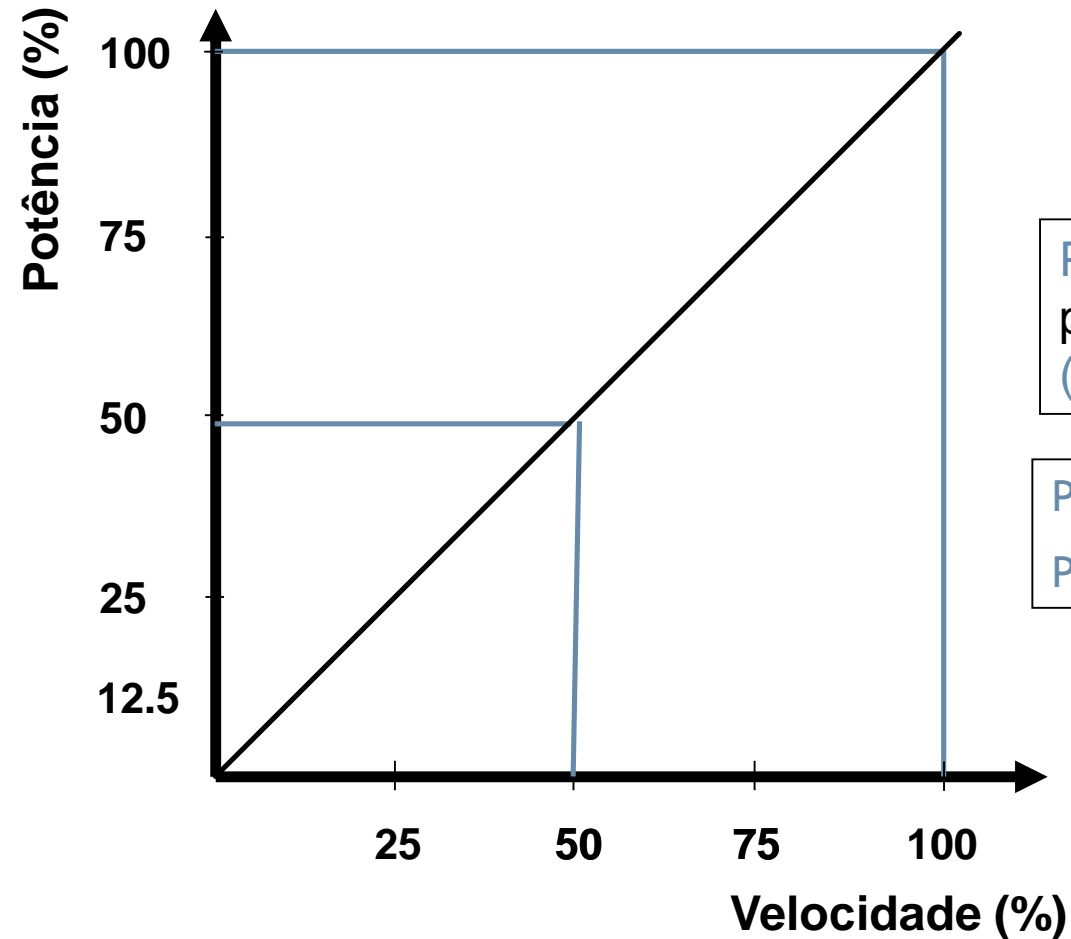
Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

Introdução - Vídeo



Teoria - Cargas de torque constante

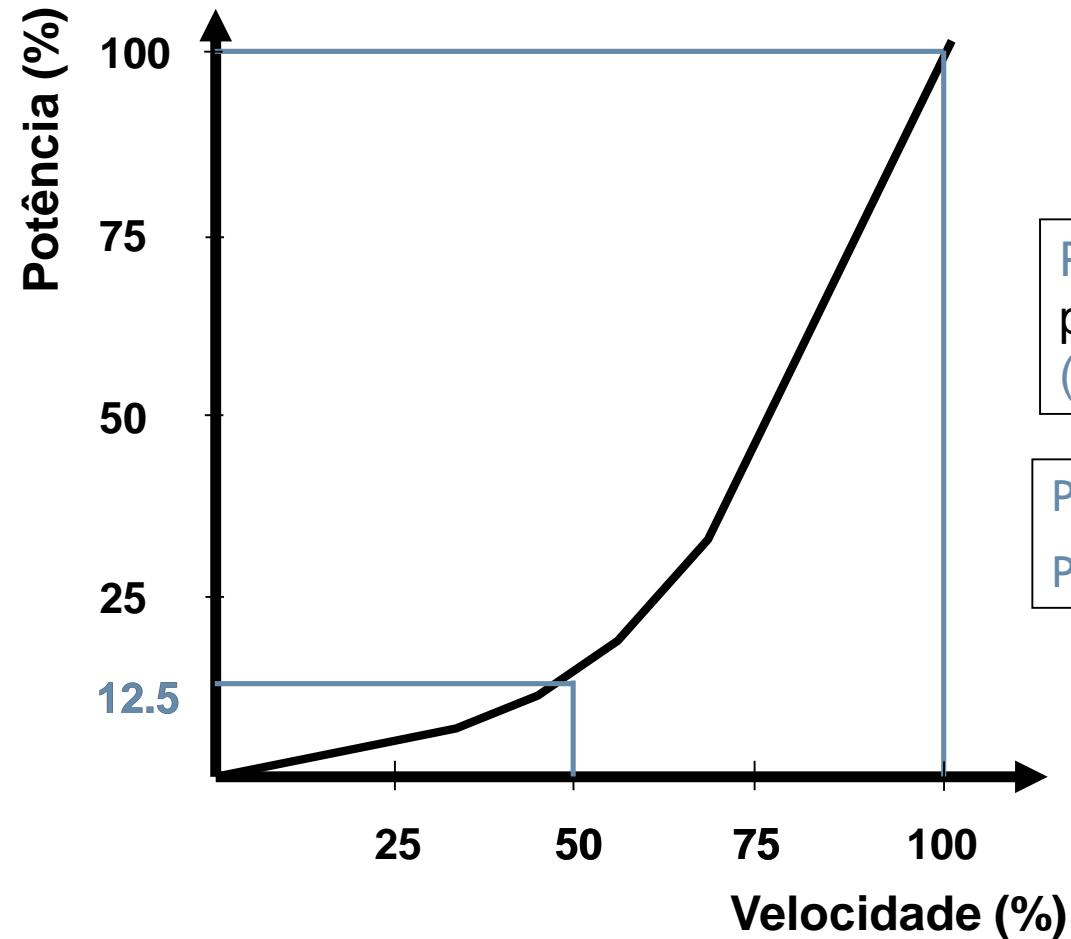


Potência é
proporcional à
(Velocidade)

$P = \text{Torque} \times \text{Velocidade}$

$P = \text{Pressão} \times \text{Vazão}$

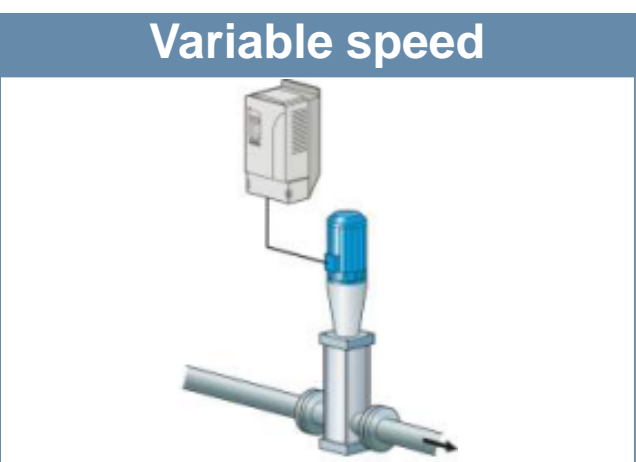
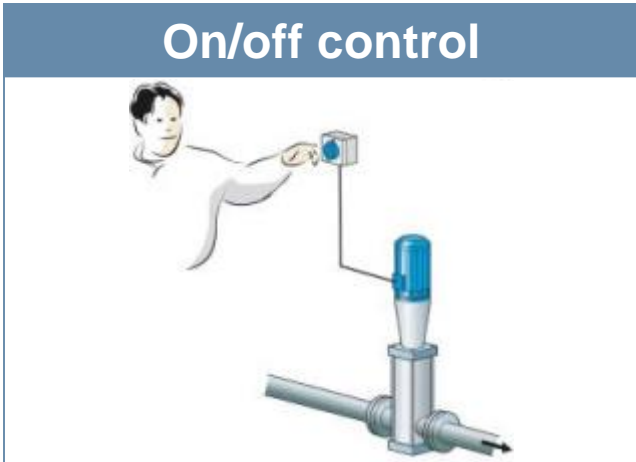
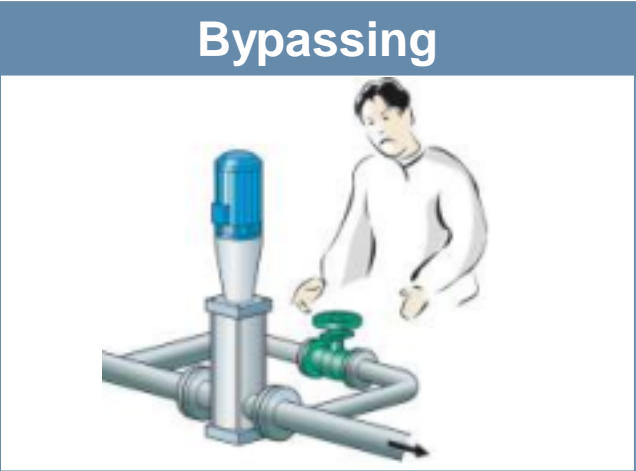
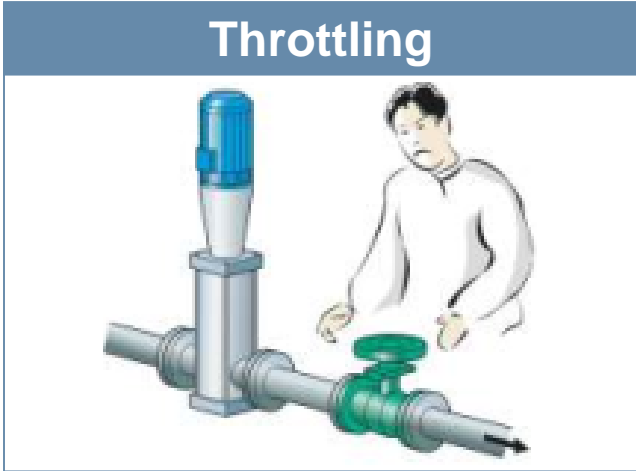
Teoria - Cargas de torque variável



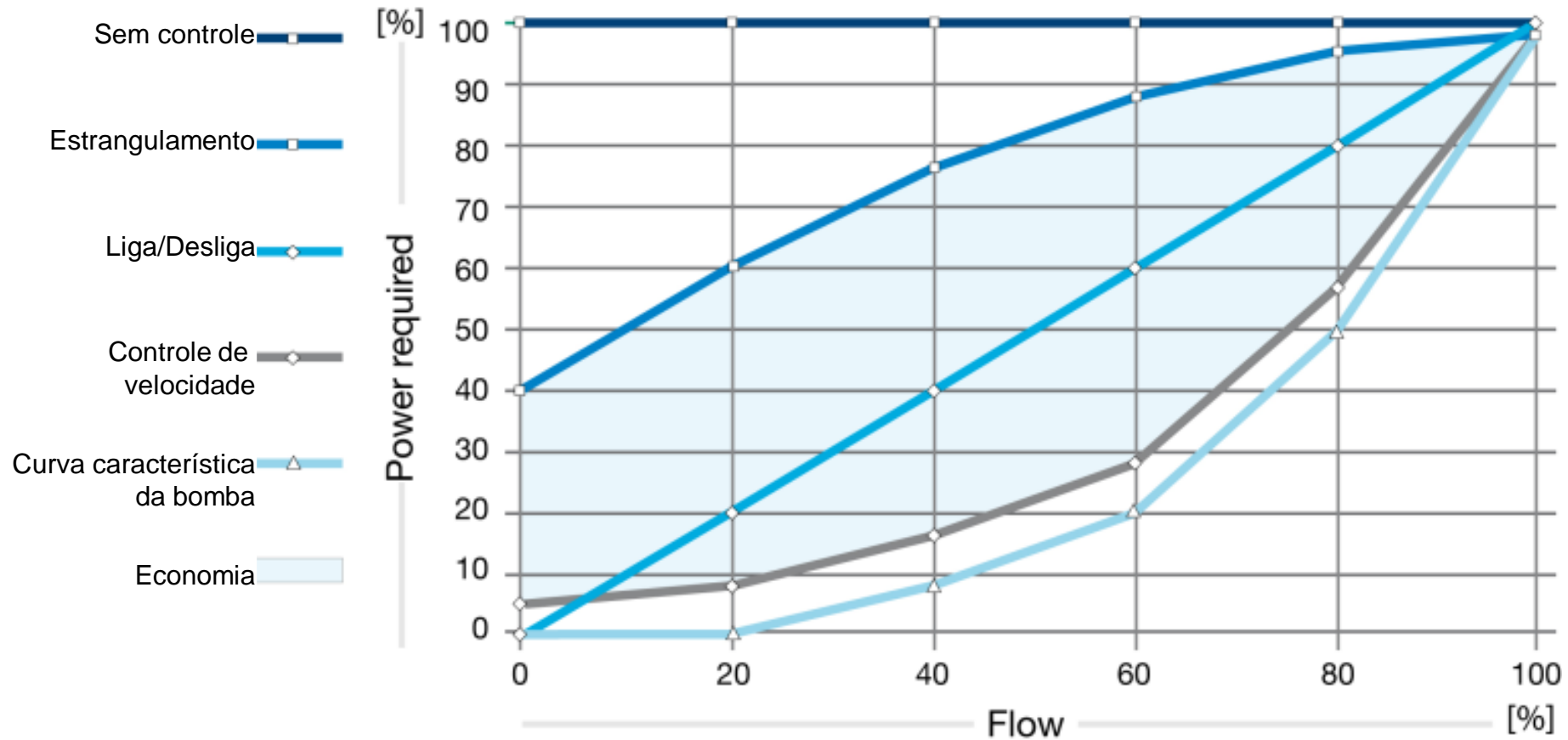
Potência é
proporcional à
 $(\text{Velocidade})^3$

$P = \text{Torque} \times \text{Velocidade}$
 $P = \text{Pressão} \times \text{Vazão}$

Bombas - Formas de controle de vazão



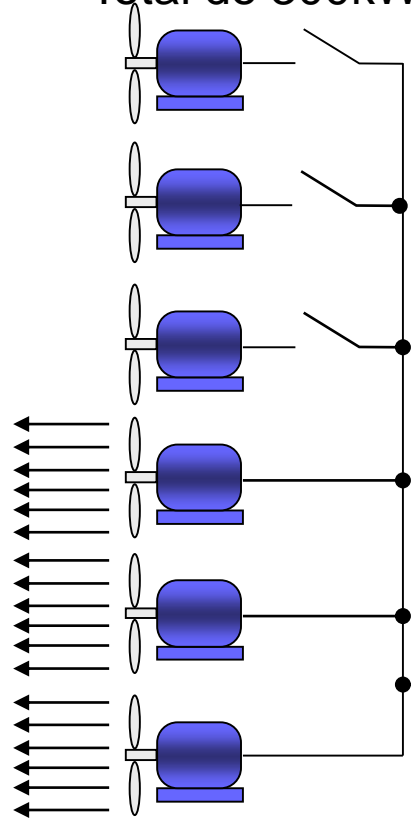
Bombas - Comportamento potência requerida x vazão



Aplicações multimotores

Para obter fluxo = 50%

Motores de 50kW
Total de 300kW



Fluxo \propto Velocidade
Potência \propto Velocidade³

Cálculos

Vazão = 0.5

Velocidade = 0.5

Sem controle

Potência = 3 x Speed³

Potência = 3 x 1³

Com inversor

Potência = 6 x Speed³

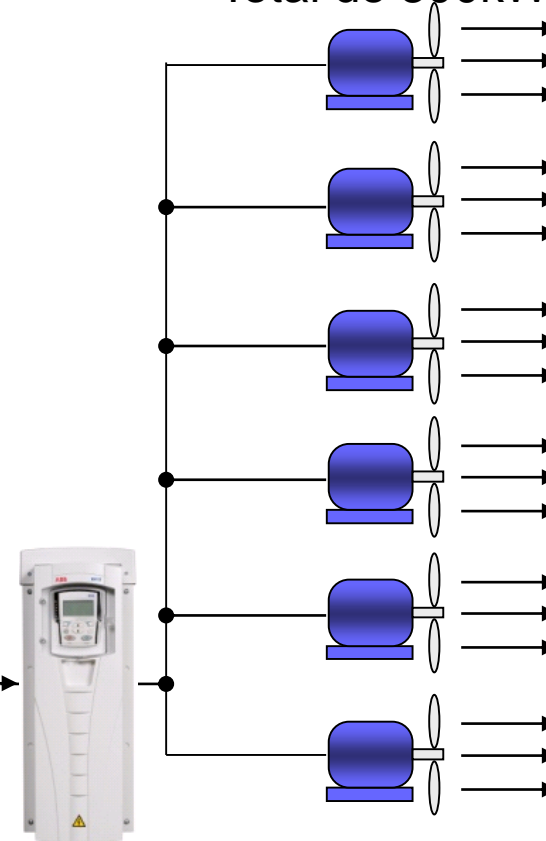
Potência = 6 x 0,5³

150kW

37,5kW

Para obter fluxo = 50%

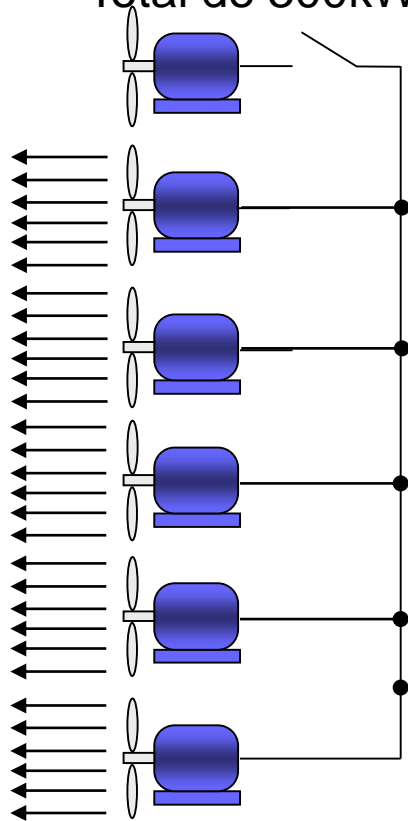
Motores de 50kW
Total de 300kW



Aplicações multimotores

Para obter fluxo = 83%

Motores de 50kW
Total de 300kW



Fluxo \propto Velocidade
Potência \propto Velocidade³

Cálculos

Vazão= 0.83

Velocidade = 0.83

Sem controle

Potência = 5 x P x Speed³

Potência = 5 x P x 50kW

Com inversor

Potência = 6 x P x Speed³

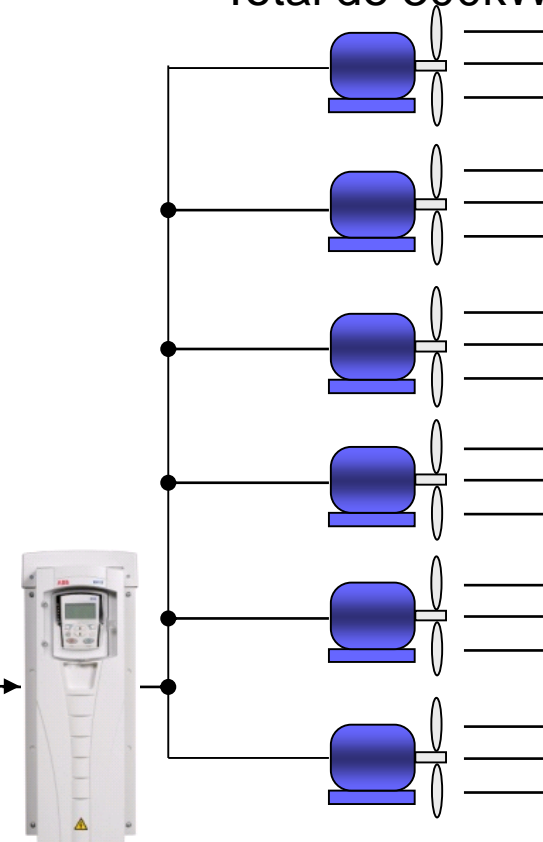
Potência = 6 x 50kW x 0,83³

250kW

174kW

Para obter fluxo = 83%

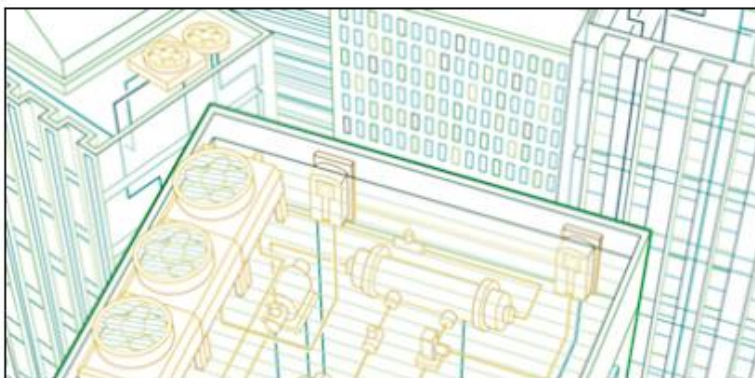
Motores de 50kW
Total de 300kW



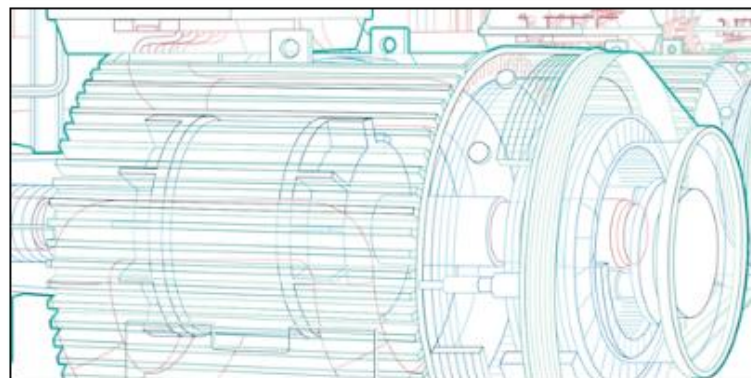
Cálculo de economia de energia - demonstração

EnergySave Calculator

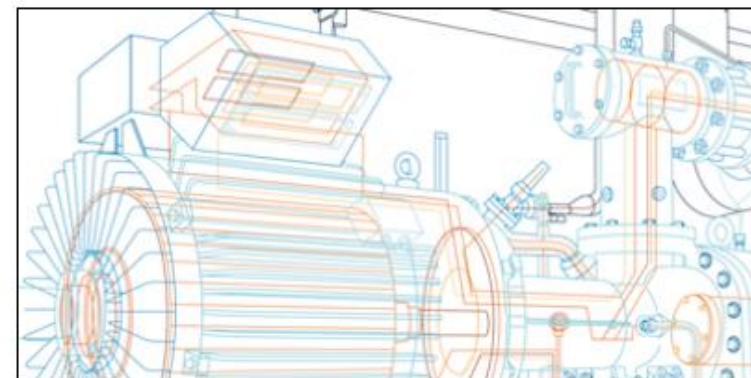
Settings



Fan



Pump



Compressor

Power and productivity
for a better world™ **ABB**

Avaliação energética

ABB Motores e Inversores

Relatório estimativo de serviço da Avaliação Energética



Cliente - Estudo Bombas Centrifugas

Este é um relatório estimativo de Avaliação Energética realizada com base em dados informados pelo cliente. O objetivo deste relatório é estimar quanta energia elétrica poderia ser economizada nas aplicações selecionadas pelo uso de motores de alta eficiência e conversores de frequência. O relatório também inclui recomendações sobre como obter essas economias na prática.

Para obter uma avaliação final é necessário informações precisas de aplicação, ciclo de trabalho e outras que serão solicitados e

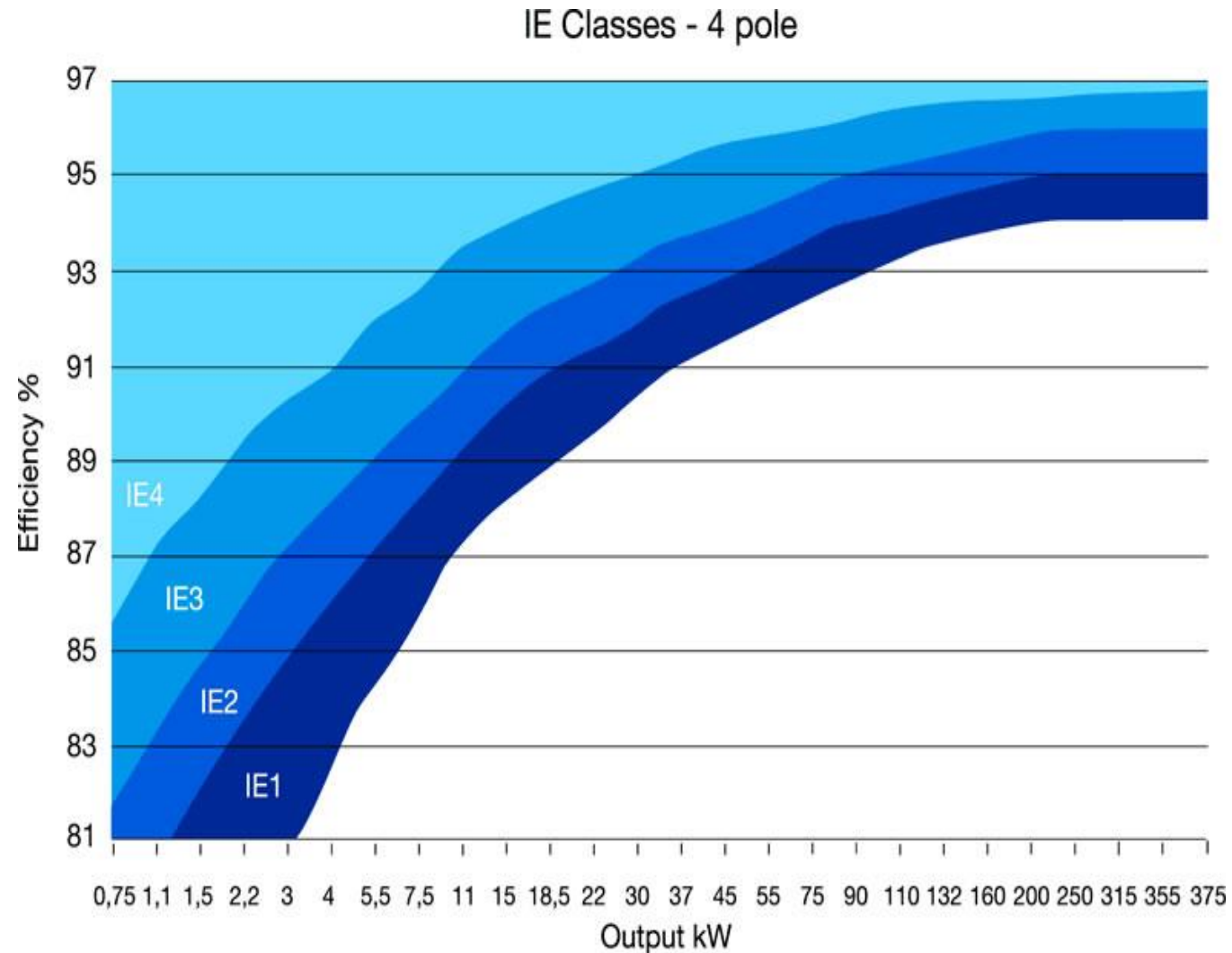
Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

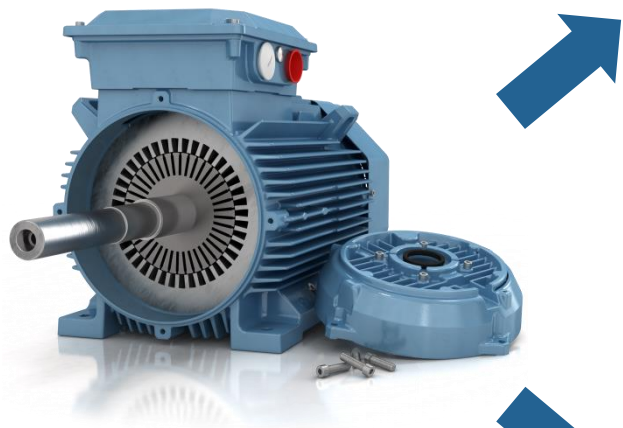
Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

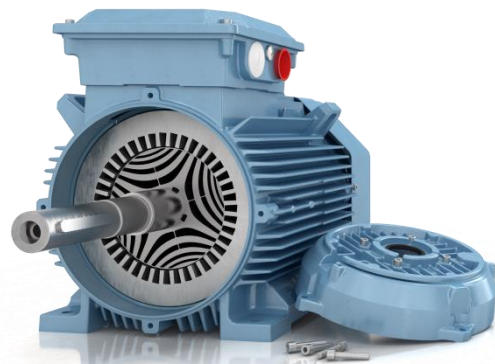
Classes de eficiência de motores de acordo com IEC



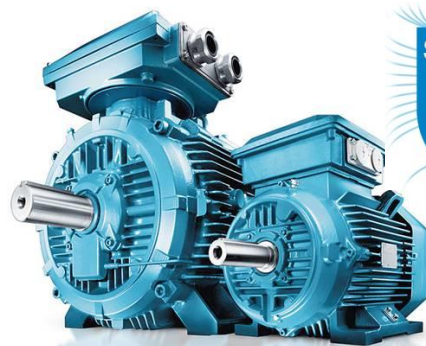
Alternativas para elevação da eficiência



Motor de Indução IE2



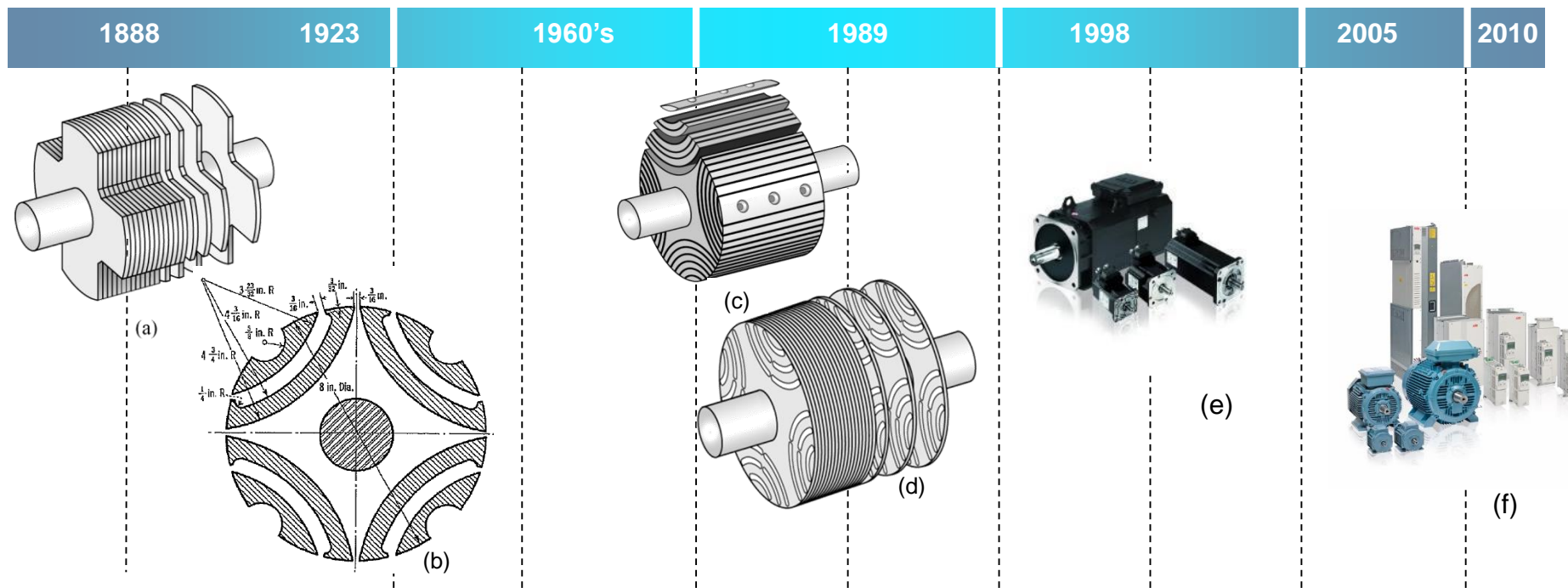
Motor Síncrono de Relutância IE4 (SynRM)



Motor Síncrono de Ímãs Permanentes IE4 (PM)

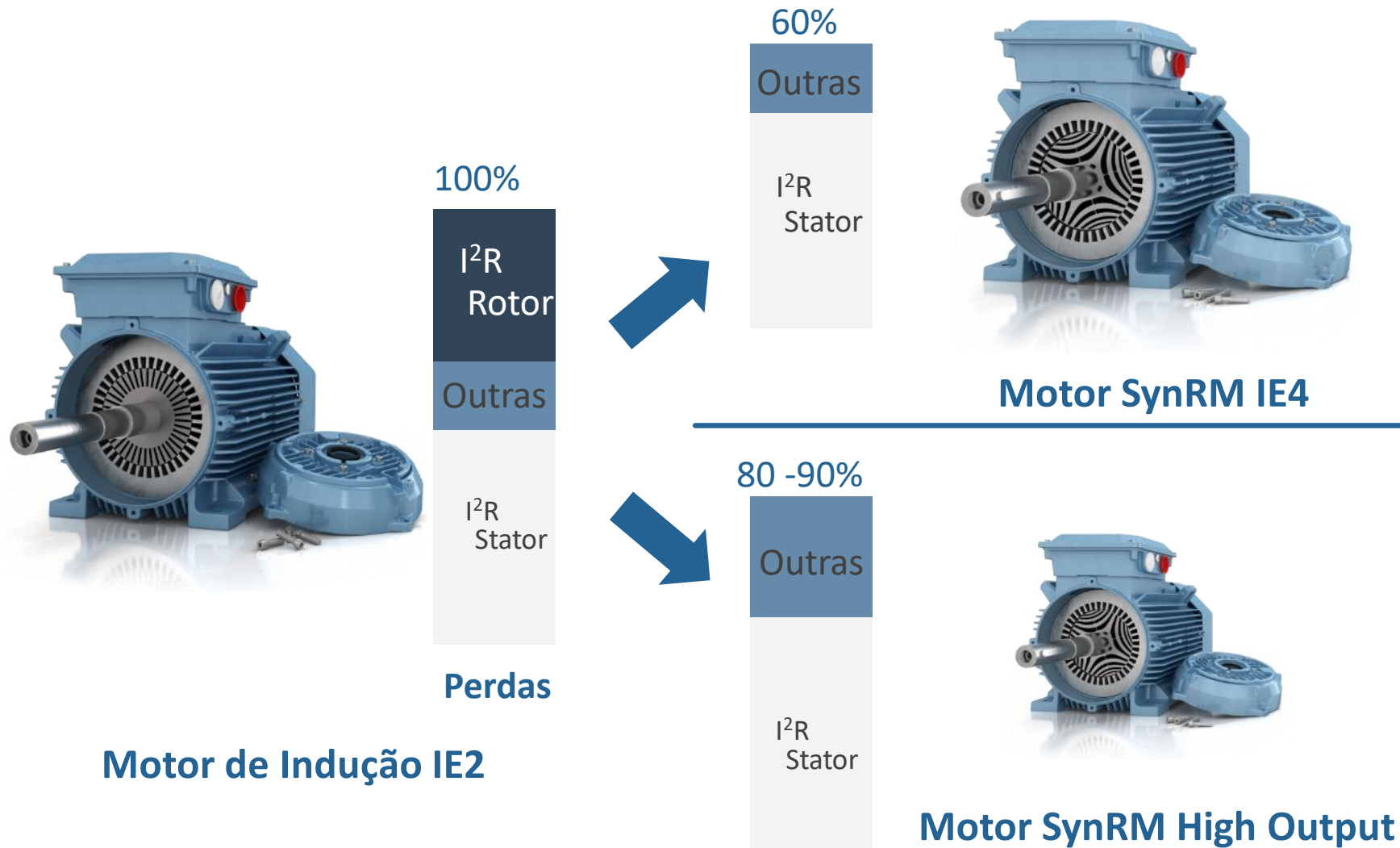


Evolução Tecnológica do Motor Síncrono de Relutância



- (a) Rotor simples de pólos salientes (SP)
- (b) J. K. Kostko 1923 (patente original)
- (c) Rotor de material anisotrópico laminado axialmente (ALA)
- (d) Rotor de material anisotrópico laminado transversalmente (TLA)
- (e) Servomotores Síncronos de Relutância ABB
- (f) Conjuntos Inversor–Motor Síncrono de Relutância ABB

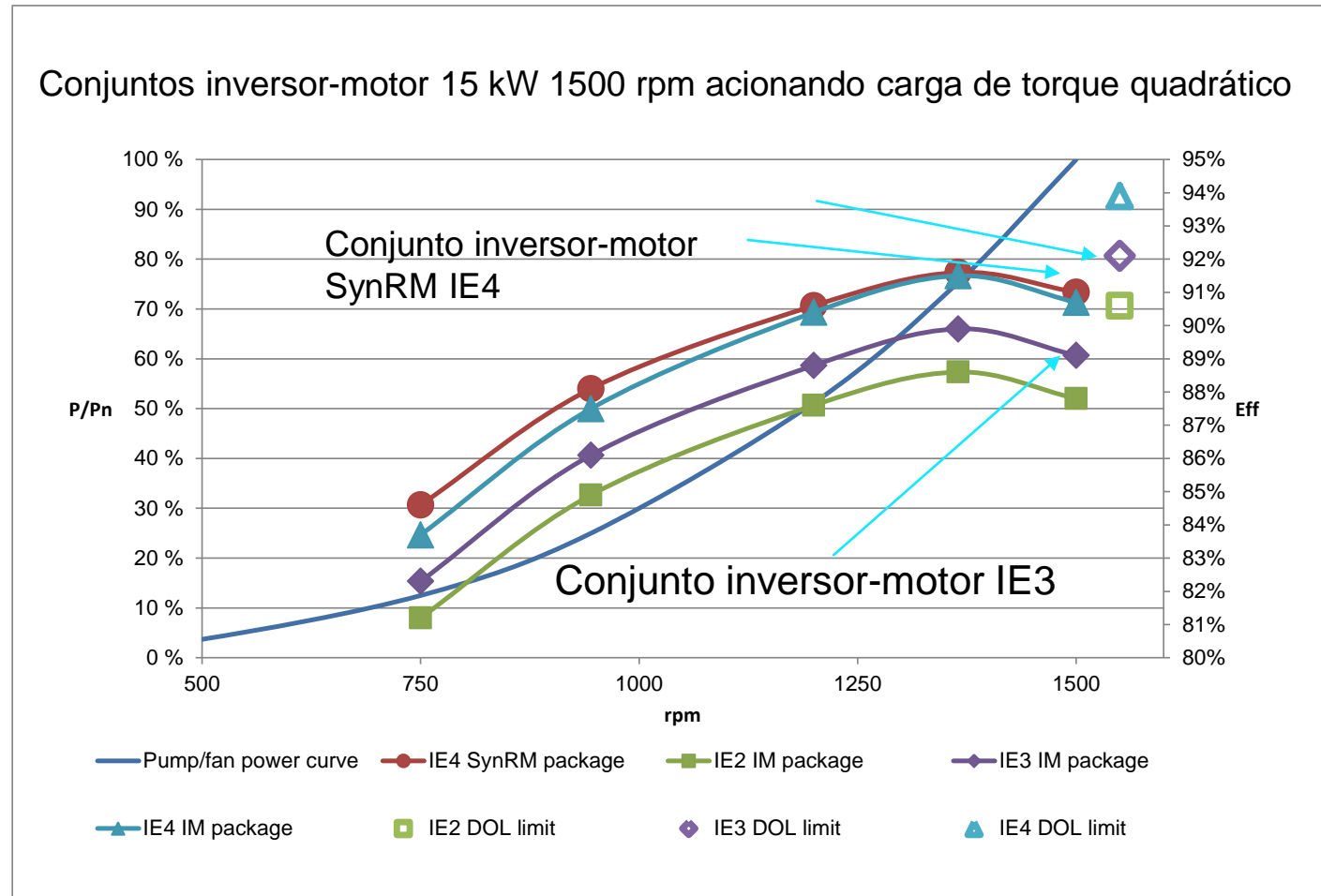
Motor Síncrono de Relutância



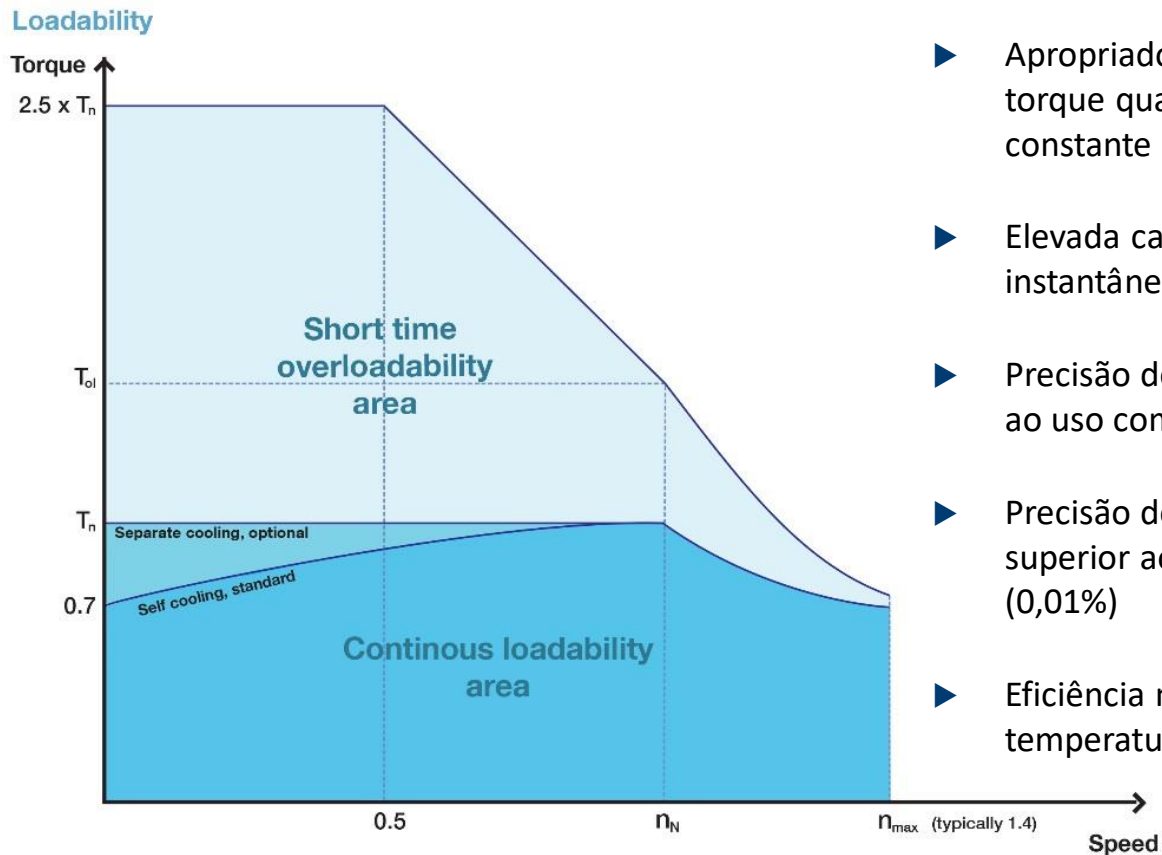
Motor Síncrono de Relutância - Vídeo



Eficiência medida em conjuntos inversor-motor



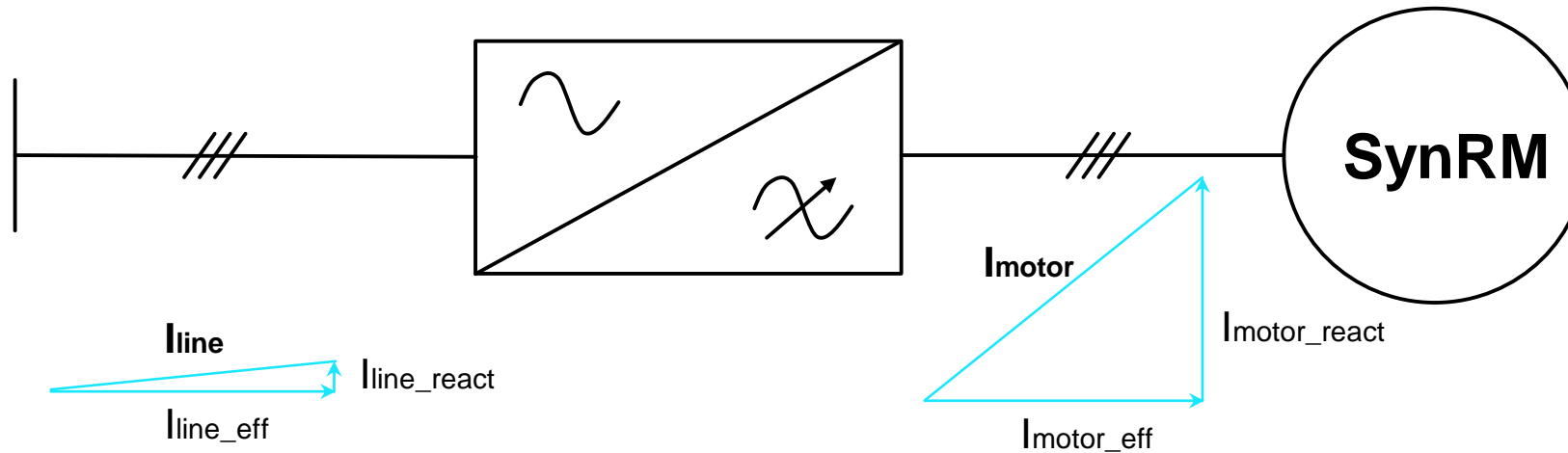
Faixa de aplicação do motor síncrono de relutância



Torque characteristics of SynRM motors

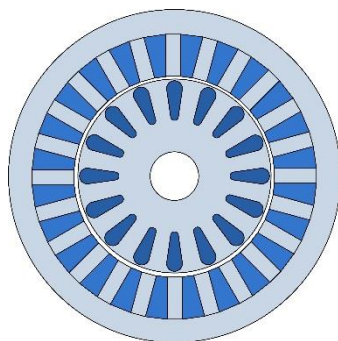
- ▶ Adequado tanto para aplicações com torque quadrático quanto torque constante
- ▶ Elevada capacidade de sobrecarga instantânea, de até 250%
- ▶ Precisão de controle de torque igualável ao uso com motor de indução
- ▶ Precisão de controle de velocidade superior ao uso com motor de indução (0,01%)
- ▶ Eficiência mais elevada e operação com temperatura do motor inferior

Considerações acerca do fator de potência



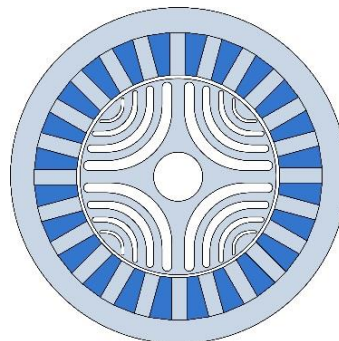
- ▶ FP do conjunto é praticamente 1 (do inversor 6-pulsos)
- ▶ FP do motor é, usualmente, por volta de 0,69 – 0,82
- ▶ A corrente reativa é suprida pelo inversor e deve ser considerada no dimensionamento do inversor
- ▶ Cabos, seccionadora/disjuntor, reator, etc. possuem o mesmo dimensionamento de um sistema de acionamento utilizando motor de indução convencional

Comparativo entre alternativas de elevado rendimento

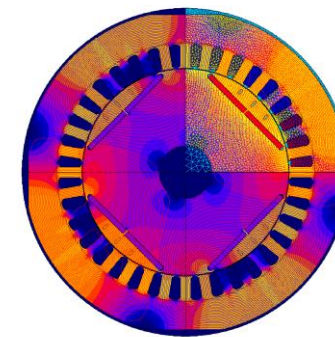


Motor de Indução

- Conhecido, confiável e robusto
- Pode partir direto na rede (DOL)
- Fácil manuseio e manutenção
- Eficiência inferior em baixas velocidades
- Perdas rotóricas aquecem os rolamentos
- Precisão alta difícil de se obter sem sensores



SynRM



PM Motor

- Elevada Eficiência
- Compacto
- Controle preciso de velocidade
- Temperaturas de operação baixas e vida útil elevada dos rolamentos
- Custo elevado
- Somente para operação com inversores
- Risco de desmagnetização dos ímãs permanentes
- Manutenção dificultada pelas forças produzidas pelos ímãs permanentes

Caso de Sucesso



November 2012

World's first IE4 SynRM from ABB South Staffs Water UK

Caso de Sucesso



- ▶ **Antecedentes**
- ▶ A concessionária de águas é uma das mais eficientes do Reino Unido, porém gasta ainda £ 9 milhões por ano em eletricidade, 90 por cento dos quais é usado para bombear água.
- ▶ **Desafio**
- ▶ Necessidade de substituição de um motor de indução vertical de 115 kW com 20 anos acionando uma bomba.
- ▶ A bomba já era acionada por inversor ACS800, o que garantia economia de energia.
- ▶ Aumentar a eficiência e reduzir os custos de manutenção.

Caso de Sucesso



- ▶ **Solução**
- ▶ Substituição do conjunto inversor-motor existente pelo pacote SynRM composto de ACS850 e motor síncrono de relutância IE4 de 110 kW, adaptado à bomba de poço profundo captando $2,5 \cdot 10^6$ litros/dia.
- ▶ **Benefícios**
- ▶ 6% de economia de energia sobre o sistema existente quando em operação à baixa carga.
- ▶ 58% de redução de temperatura no hotspot da carcaça.
- ▶ Redução de temperatura no enrolamento e no rolamento aumentaram a confiabilidade.

Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

Agenda

- Teoria - Eficiência Energética em Sistemas Motrizes
- Conjuntos Inversor-Motor para níveis IE4 e IE5
- Caso de Sucesso utilizando Motor Síncrono de Relutância IE4
- Qualidade de Energia em Sistemas de Acionamento

Harmônicas, Fator de Potência e Cos(ϕ)

$$FP = \frac{\cos(\phi_1)}{\sqrt{1 + \text{THD}(I)^2}}$$

Defasagem Tensão x Corrente
(Fator de Deslocamento)

Cargas lineares (Ex. motor elétrico)

Taxa de Distorção Harmônica (i)

Cargas não lineares (Ex. inversor de frequência)

Exemplos:



Motor assíncrono

THD(i) = 0%

Cos(ϕ) = 0,88

∴

FP = 0,88



Inversor de Frequência

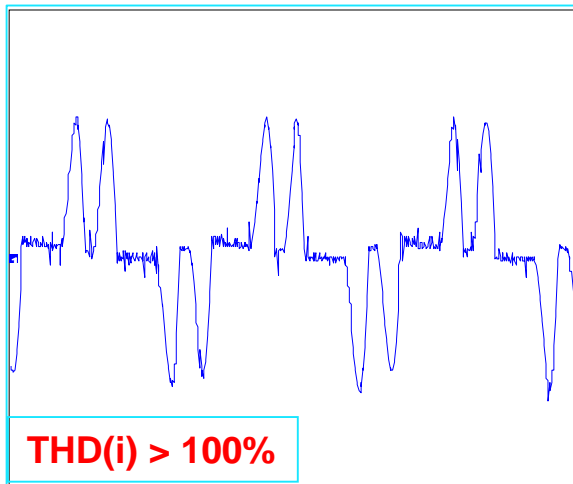
THD(i) = 35%

Cos(ϕ) = 0,98

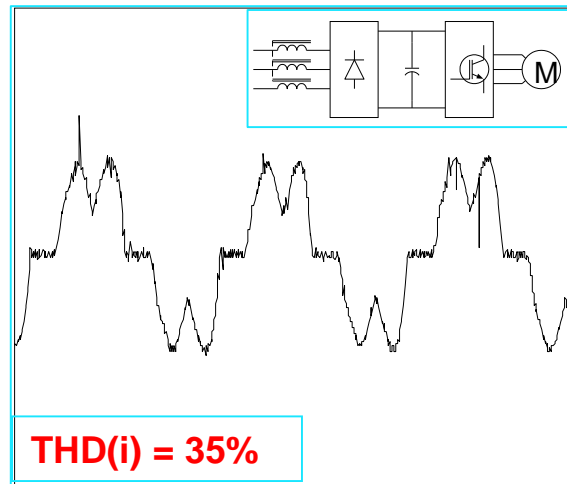
∴

FP = 0,93

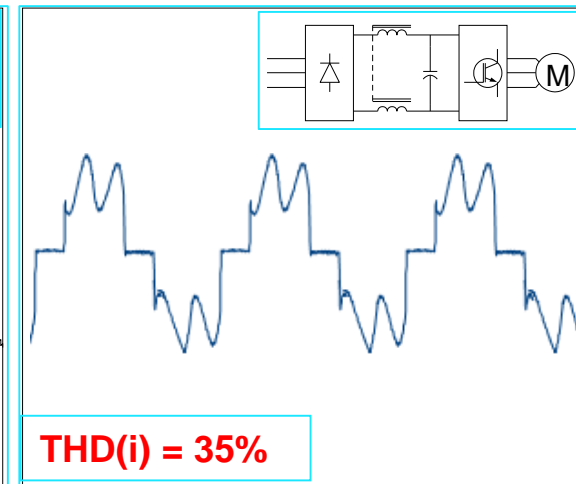
Mitigação - Reator de rede & indutor de link CC



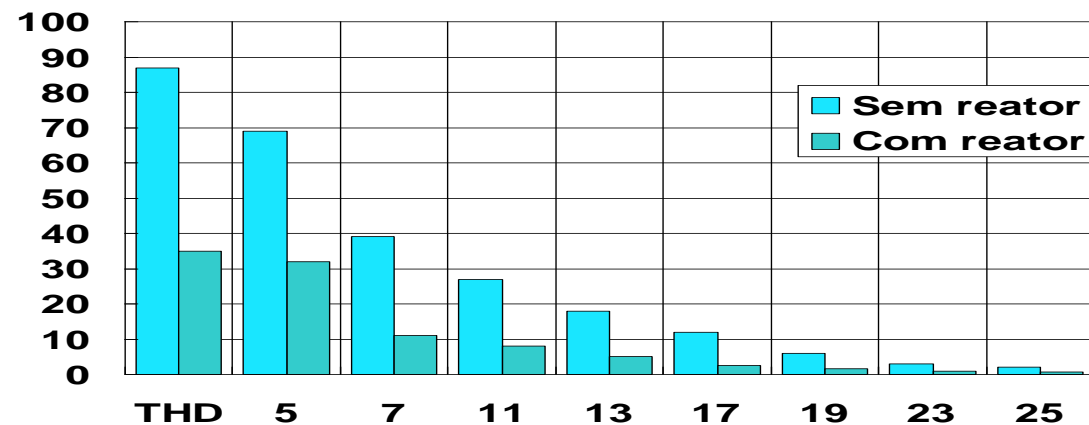
Sem reator CA ou indutor de link CC



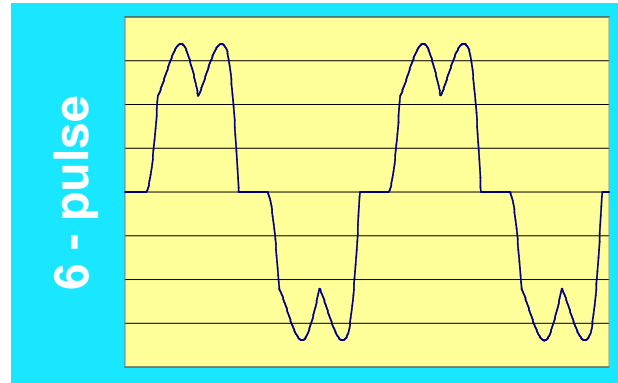
Com reator CA



Com indutor de link CC

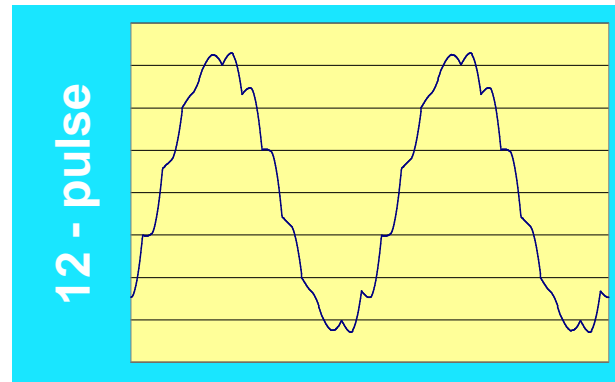
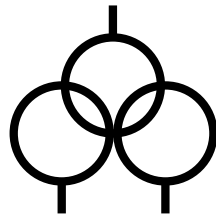


Mitigação - Retificadores multi-pulsos e ativo



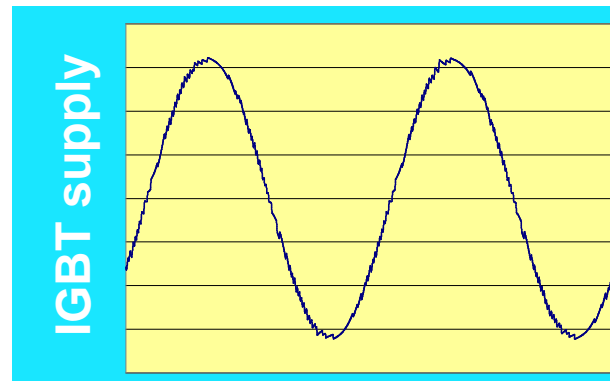
6 - pulse

THDI = 30 %
THDU_{RSC=20} = 10 %
THDU_{RSC=100} = 2 %
COS φ total = 0,93...0,95



12 - pulse

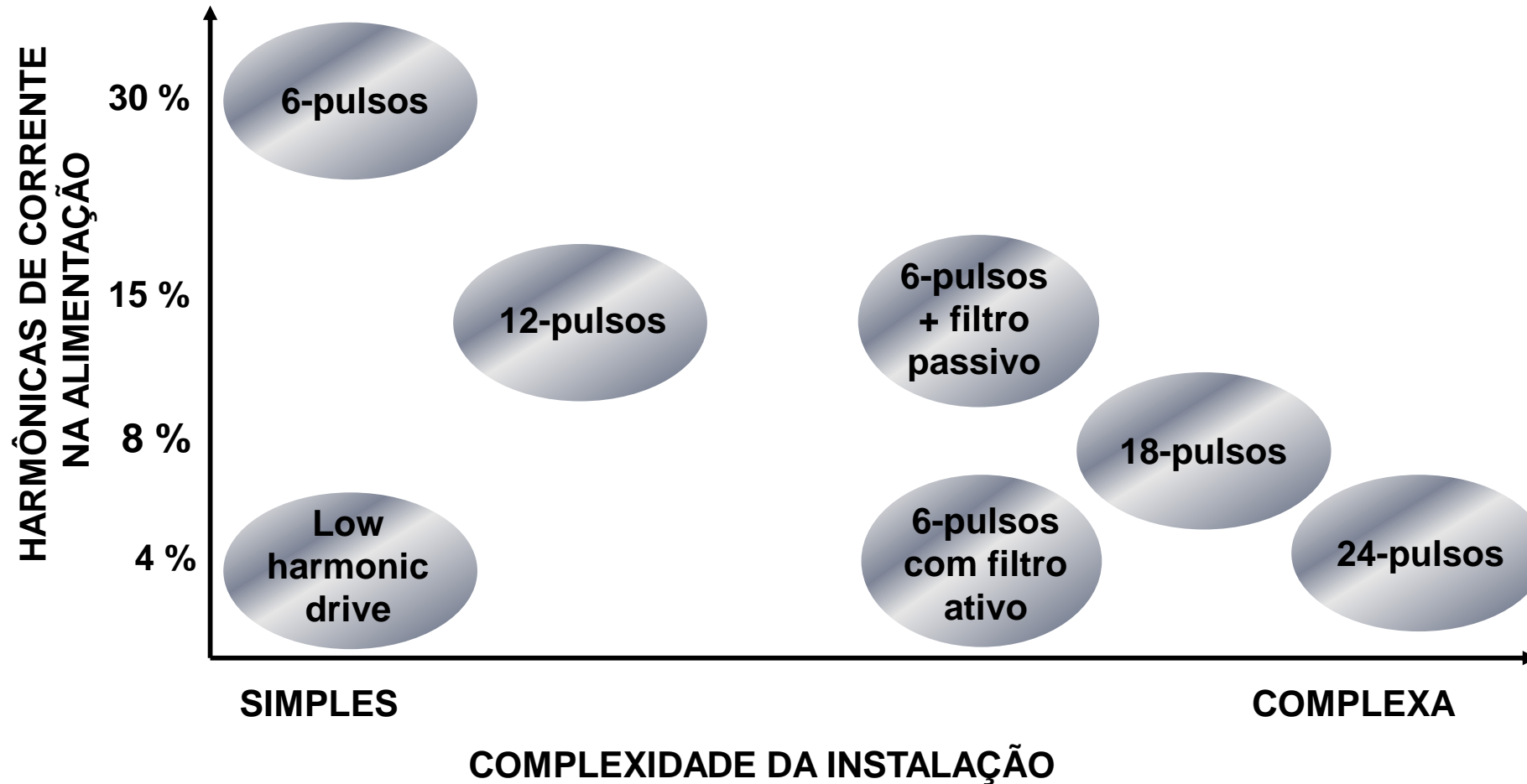
THDI = 12 %
THDU_{RSC=20} = 7 %
THDU_{RSC=100} = 1,4 %
COS φ total = 0,93...0,95



IGBT - Supply unit

THDI = 4 %
THDU_{RSC=20} = 3 %
THDU_{RSC=100} = 0,8 %
COS φ 1 = 1
COS φ total = 0,99

Mitigação - Complexidade x Efetividade das soluções



Inovação Tecnológica
Desafios da aplicação da tecnologia
de automação no saneamento

Perguntas

Godofredo Winnischofer

godofredo.winnischofer@br.abb.com

Tel.: + 55 15 3330-6113

III Simpósio ISA São Paulo
de Automação em Sistemas
de Água e de Esgoto



28 de novembro/2016
São Paulo - SP