

Alguma informação, alguns conselhos, uma opinião?

www.adene.pt

www.isr.uc.pt

www.ademe.fr/dexa-mcp

O seu contacto de parceiro:

Produzido por "ATMOSPHERE" para:

ADEME



www.ademe.fr

Com o apoio de

Intelligent Energy  Europe

Traduzido e adaptado para Português por:



ISR - Universidade de Coimbra

Dep. de Eng. Electrotécnica e de Computadores
Universidade de Coimbra 3030-290 Coimbra

Tel.: +351 239406672 Fax: +351 239796325

E-mail: carlospatrazo@isr.uc.pt



ADENE - Agência para a Energia

Rua Dr. António Loureiro Borges, 5 - 6º - Arquiparque -
Miraflores 1495-131 Algés - Portugal

Tel.: +351 214722813 Fax: +351 214722898

E-mail: fernando.oliveira@adene.pt



O Programa Europeu Motor Challenge
Uma iniciativa apoiada pela Comissão Europeia



SISTEMAS DE AR
COMPRIMIDO

SISTEMAS DE
PRODUÇÃO DE
FRIO

SISTEMAS DE
BOMBAGEM

SISTEMAS DE
VENTILAÇÃO

SISTEMAS DE
ACCIONAMENTOS
DE FORÇA MOTRIZ

REDE INDUSTRIAL
DE DISTRIBUIÇÃO
DE ENERGIA
ELÉCTRICA



Programa Motor Challenge

Guia Técnico

Soluções para melhorar os sistemas accionados por motores eléctricos



ETIQUETA MOTOR CHALLENGE
Economias de energia em sistemas de motores



Porquê este guia ?

Os sistemas accionados por motores eléctricos são responsáveis por cerca de 2/3 do consumo de energia eléctrica no Sector Industrial da União Europeia. Em Portugal este valor é superior, representa 77% do consumo de energia eléctrica na Indústria, que equivale a 11,7 TWh dos 15,3 TWh de consumo anual que este sector regista.

O programa Europeu «Motor Challenge» foi implementado para ajudar o sector industrial a melhorar os seus sistemas de motores eléctricos.

Os sistemas envolvidos neste programa são:

1. Sistemas de ar comprimido
2. Sistemas frigoríficos
3. Sistemas de bombagem
4. Sistemas de ventilação
5. Accionamentos de força motriz em geral
6. Redes industriais de distribuição de energia eléctrica

A Comissão Europeia premeia com uma etiqueta as empresas que adoptem medidas voluntaristas conducentes a economias de energia, de acordo com um plano de acção definido numa base anual.

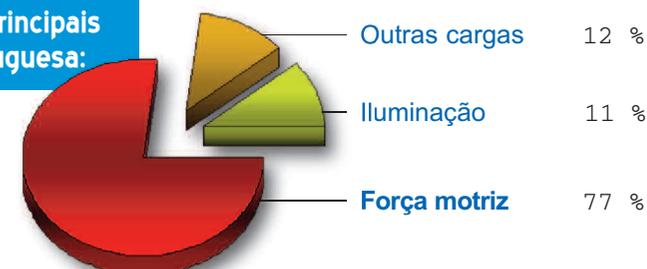
Sumário

Este guia técnico apresenta os 6 sistemas do Programa Motor Challenge mais utilizados em ambiente industrial. Para cada sistema, os aspectos energéticos são expostos, bem como as principais pistas para melhoramentos da eficiência energética que devem ser considerados no diagrama processual representativo duma instalação industrial. Como complemento, para cada uma das referidas pistas de melhoramentos são listadas as acções concretas que podem conduzir a ganhos energéticos importantes, a curto ou médio prazo. Elas estão organizadas em torno dos 5 itens seguintes: produção, rede de distribuição, utilização, controlo e manutenção. Estas acções não são limitativas e as possíveis economias dependerão das instalações existentes e dos melhoramentos propostos.

Este programa que foca especificamente a utilização eficiente de energia eléctrica no sector industrial aplica-se a qualquer sistema eléctrico de força motriz em que se demonstre serem possíveis economias de energia significativas. Muitos exemplos em Portugal e na Europa em geral mostram

que, em média, **30% do consumo de energia eléctrica**, por exemplo devido a sistemas de bombagem, sistemas de ar comprimido, sistemas frigoríficos e sistemas de ventilação, **pode ser economizado**.

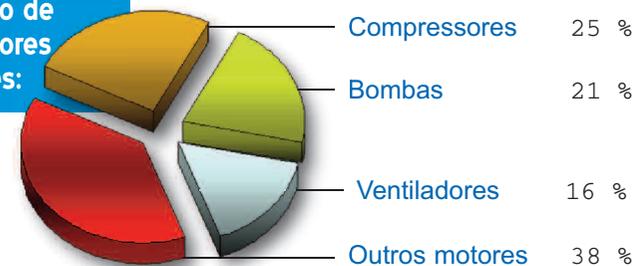
Desagregação do consumo de energia eléctrica pelas principais cargas na Indústria Portuguesa:



Até ao momento **23 países Europeus estão envolvidos no Programa Motor Challenge**, todos com a presença de um Ponto de Contacto Nacional, que para Portugal é a ADENE. Qualquer entidade que deseje contribuir para os objectivos deste Programa, subscrevendo um compromisso de implementação de

medidas de economia de energia nos seus sistemas eléctricos de força motriz, pode requerer o estatuto de Parceiro e juntar-se à rede de Parceiros do Programa Motor Challenge. A atribuição pela Comissão Europeia de uma etiqueta «Motor Challenge» premiará este compromisso.

Desagregação do consumo de energia eléctrica dos motores pelas principais utilizações:



Para estimular qualquer iniciativa voluntária de uma empresa que pretenda envolver-se neste programa, a ADENE e/ou o ISR-UC dar-lhe-á o apoio necessário. Qualquer destas entidades pode ajudar a **definir e a implementar um plano de acção conducente a economias de energia, incluindo assistência na realização de um diagnóstico energético**

e/ou de estudos de viabilidade para identificação do potencial de economias de energia.

O Ponto de Contacto Nacional do Programa Motor Challenge (ADENE) actua como intermediário da Comissão Europeia, promovendo o Programa e ajudando as empresas a ganharem a etiqueta Motor Challenge.

Porquê este guia ?	p. 2 & 3
Sistemas de ar comprimido	p. 4 & 5
Sistemas frigoríficos	p. 6 & 7
Sistemas de bombagem	p. 8 & 9
Sistemas de ventilação	p. 10 & 11
Sistemas de accionamentos de força motriz	p. 12 & 13
Rede industrial de distribuição de energia eléctrica	p. 14 & 15



Sistemas de ar comprimido

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Adopção de um sistema de compressão mais eficiente	Minimização das perdas de carga na rede (pressão máxima de 0,5 bar entre o compressor e os pontos de consumo de ar)	Redução dos desperdícios	Controlo da produção por ajuste em função das necessidades	Manutenção regular
Optimização das condições de produção	Optimização da capacidade dos reservatórios de ar e da sua localização na rede		Medições regulares	Redução das fugas
Redução do consumo de energia em consequência do(a) tratamento / qualidade do ar (filtração – secagem)				
Ajuste da pressão do ar comprimido em função das necessidades mínimas das utilizações finais				

Desagregação dos custos do ar comprimido



- Aumentar o diâmetro das tubagens
 - Reduzir a extensão da rede
 - Rede em anel
 - Limitar cotovelos e mudanças de direcção ou de secção
 - Reparar fugas periodicamente
- 15 a 50 % da produção de ar comprimido perde-se através das fugas

- ◆ Instalar um sistema com vários valores de pressão (sistemas ou redes de multi-pressão), separados ou ligados (com utilização de sobrepressores locais)
- Reduzir a pressão de 7 bar para 6 bar conduz a uma economia de energia de 8% em média

- ◆ Instalar um recuperador de calor: valorização no processo ou no aquecimento das instalações

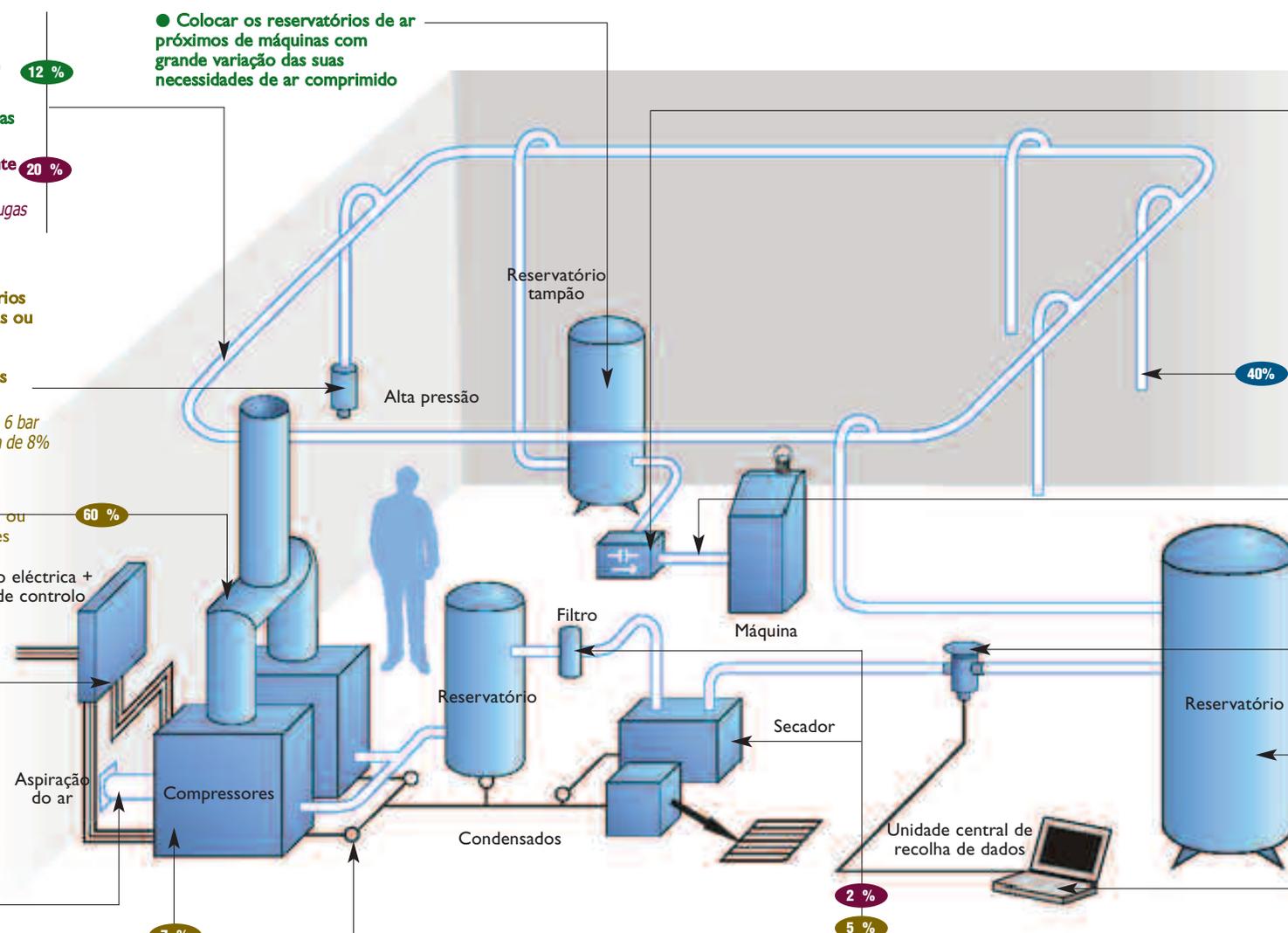
- + Instalar por exemplo um sistema de regulação da produção de ar comprimido através de um compressor de velocidade variável ou de um controlo automático de todos os compressores em função das necessidades.
- 15 % de economias, em média, com um controlo automático (típico entre 5 e 35 %)

- ◆ Reduzir a temperatura do ar de admissão
- 1 % de economia no consumo por cada decréscimo de 3°C

- ◆ Substituir compressores por nova(s) e melhor(es) máquina(s), com menor consumo específico de energia (por exemplo, com mais andares de compressão) e melhor adaptada(s) às necessidades do sistema.

- Utilizar purgadores de condensados do tipo «sem perdas de ar»
- Uma rede de distribuição eficiente permite uma perda de carga máxima de 0,5 bar ao longo do seu comprimento

- ◆ Secar e filtrar moderadamente o ar, de acordo com as suas necessidades
- Optimizar e verificar as válvulas reguladoras de pressão, os filtros, os lubrificadores, os secadores e os purgadores de condensados



- Dividir a rede de distribuição em troços com controlos de pressão ou válvulas de seccionamento adequadas. Isolar/fechar os troços da rede que estão fora de serviço

- ▶ Não alimentar máquinas com ar comprimido quando estas estão desligadas (corte da rede por via de uma válvula solenóide)

- Cortar a alimentação de máquinas fora de serviço (por exemplo, através de válvula solenóide automática)

- ▶ Para limpeza, usar preferencialmente aspiradores eléctricos que consomem menos energia do que os insufladores de ar como bicos de sopro ou pistolas de ar

- Substituir partes de equipamento geradoras de fugas (por exemplo, mangueiras)

- + Instalar equipamentos de controlo tais como caudalímetros e contadores de ar, contadores de energia eléctrica, manómetros...

- Dimensionar adequadamente as capacidades de armazenagem para permitir o funcionamento dos compressores com um rendimento optimizado e evitar arranques-paragens intempestivas

- + Efectuar registos regulares com o devido acompanhamento e controlo (por exemplo, c/ indicadores)



A refrigeração industrial representa cerca de 4% do consumo de electricidade na Indústria Portuguesa, o que equivale a 1,4% do consumo global desta fonte de energia no País. Estima-se que dos cerca de 0,63 TWh/ano de consumo de energia eléctrica devido a sistemas frigoríficos na Indústria nacional, aproximadamente 80% daquele valor se deve exclusivamente ao Sector Agro-Alimentar. O potencial de poupança de energia eléctrica no domínio dos sistemas frigoríficos industriais é avaliado como podendo atingir um valor da ordem dos 20%, o que equivale a aproximadamente 0,13 TWh/ano.

Sistemas frigoríficos

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Utilização de um compressor frigorífico mais eficiente	Isolamento térmico da rede de distribuição de frio	Diminuição das entradas de calor na zona de utilização de frio	Controlo da produção de frio ao nível do compressor em função das necessidades	Optimização da manutenção dos circuitos
Utilização de condensadores/evaporadores mais eficientes			Optimização do rendimento energético da instalação em função das condições exteriores e das necessidades	
Recuperação e utilização do calor dissipado pelos compressores			Optimização do armazenamento de frio	
			Controlo da regulação dos diferentes caudais	
			Optimização do funcionamento das baterias de frio	

◆ Utilizar um compressor mais eficiente (por exemplo, uma unidade com vários andares)

◆ Substituir um compressor sobredimensionado por um compressor mais eficiente, com uma potência adaptada às reais necessidades, eventualmente com um sistema de armazenamento de frio (ver “controlo”)

+ Utilizar compressores frigoríficos de velocidade variável para ajustar a produção de frio em função da procura

◆ Instalar um recuperador de calor: valorização no processo ou para aquecimento das instalações

■ Controlar e reparar fugas do fluido refrigerante no circuito
■ Efectuar a recarga do circuito com fluido refrigerante se necessário

■ Controlar o estado do isolamento térmico do circuito de frio e proceder à sua reparação se necessário
5 a 10 % de economias, em média, com um melhor isolamento

+ Regular o caudal de fluido refrigerante (por exemplo, através de variação electrónica de velocidade na bomba do circuito)
Economias até 30% do consumo energético correspondente e 6% do consumo global

+ Instalar uma unidade tampão de armazenamento de frio, se necessário
+ Regular o caudal de ar das baterias de arrefecimento (por exemplo, através de variação electrónica de velocidade)
+ Adoptar uma estratégia de descongelação adequada e eficiente

+ Modular em função do período do ano, dos períodos de produção, dos tipos de produção, ...
+ Desligar compressores desnecessários
+ Implantar um sistema de Alta Pressão e/ou Baixa Pressão flutuante
10 a 25 % de economias em média

+ Controlar os caudais de ar nos condensadores (por exemplo, através de variação electrónica de velocidade nos ventiladores)
Economias até 30% do consumo energético correspondente e 6% do consumo global

◆ Instalar condensadores evaporativos, que são mais eficientes do que condensadores do tipo seco
◆ Instalar um recuperador de calor no condensador para valorização do calor residual no processo ou para aquecimento ambiente de instalações
+ Implementar uma estratégia de sub-arrefecimento optimizado
■ Purgar o ar que entra no circuito e nos condensadores
■ Limpar os condensadores e implementar um dispositivo de verificação regular

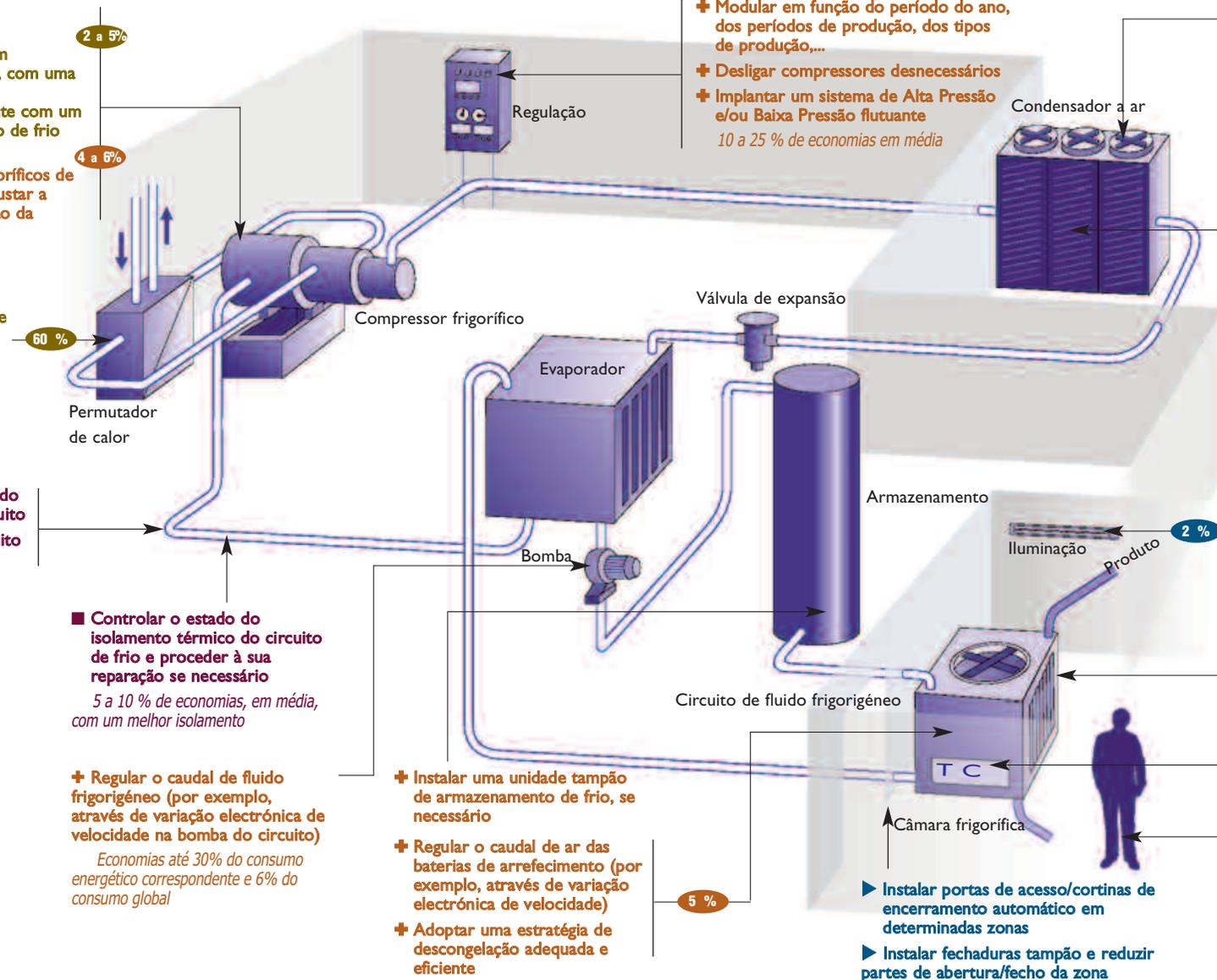
▶ Instalar sistemas de iluminação eficientes

+ Utilizar o “free-cooling” (arrefecimento natural)

+ Ajustar a temperatura de refrigeração (evitando temperaturas mais baixas do que o necessário)
▶ Reduzir o tempo de presença humana na zona

Uma pessoa gera uma potência calorífica de 80 W quando em descanso

▶ Instalar portas de acesso/cortinas de encerramento automático em determinadas zonas
▶ Instalar fechaduras tampão e reduzir partes de abertura/fecho da zona





Os sistemas de bombagem representam aproximadamente 16% do consumo de energia eléctrica da indústria de Portugal e 25% do consumo de electricidade a nível mundial. Vários estudos revelam que a utilização de equipamento mais eficiente e de sistemas de controlo adequados pode conduzir a economias de energia significativas, sendo possível economizar até 40% da energia utilizada nesses sistemas, considerando um período médio de vida de 15 a 20 anos. Os dois principais tipos de bombas são as bombas centrífugas e as bombas de deslocamento. As bombas centrífugas, com uma quota de mercado de aproximadamente 85%, apresentam um elevado potencial de oportunidades de economia de energia, em virtude de 60-70% dos sistemas de bombagem estarem sobredimensionados, muitos deles na ordem dos 20%.

Sistemas de bombagem

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Utilização de bombas mais eficientes para a aplicação considerada	Redução das perdas de carga na rede	Redução da quantidade de matéria a bombear	Optimização da regulação da bombagem, de forma a evitar desperdícios (adequação às necessidades)	Evitar fugas na rede
Utilização de um motor e de um sistema de accionamento mais eficientes para a aplicação considerada			Instalação de dispositivos de medição/contagem e registo regular de dados	Manutenção periódica das bombas e dos sistemas de accionamento a fim de garantir um rendimento máximo

Custos típicos de uma bomba ao longo da sua vida útil



■ Eliminação de fugas

● Instalar equipamento de medição para controlo da perda de carga

■ Repôr periodicamente as folgas internas das bombas

■ Aplicar um revestimento interno para redução das perdas por atrito na bomba
3 a 5% de economias, em média

+ Utilizar várias bombas em paralelo para funcionamento de acordo com as necessidades

◆ Substituir ou modificar bombas sobredimensionadas 4%

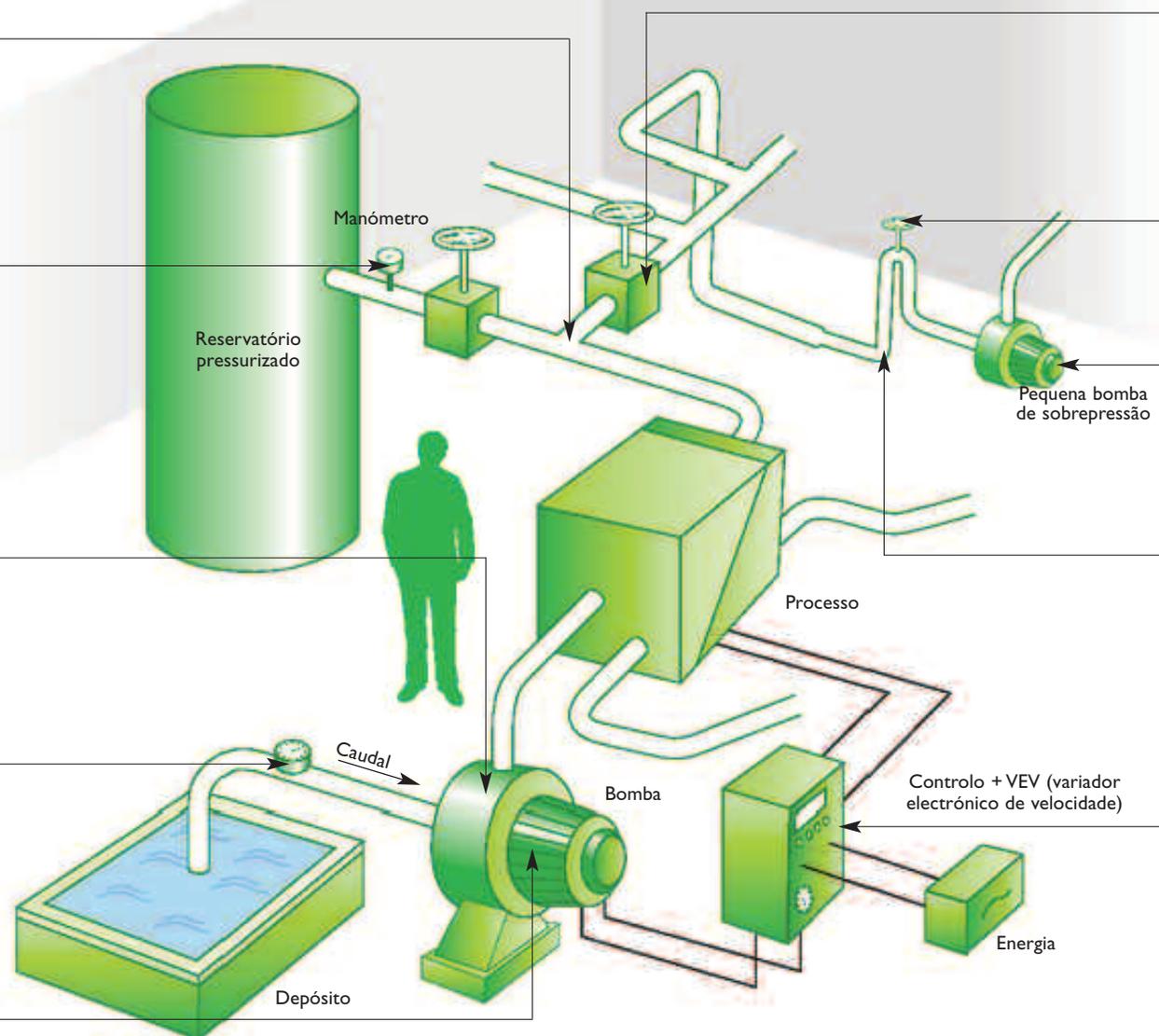
◆ Modificar o diâmetro dos impulsores de bombas centrífugas 4%

◆ Utilizar bombas de rendimento superior 3%

+ Instalar contadores volumétricos ou eléctricos, caudalímetros

+ Efectuar registos regulares com o devido acompanhamento e controlo (indicadores, por exemplo)

◆ Substituir motores sobredimensionados de bombas por outros melhor dimensionados e de alto rendimento: classe «EFF 1»
Rendimento superior de 2 a 5%



■ Isolar/fechar qualquer parte do circuito quando não utilizada

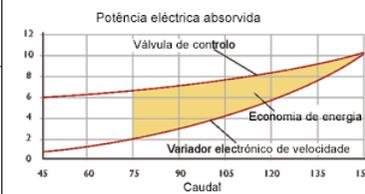
■ Efectuar purgas de ar regulares

◆ Utilizar uma pequena bomba auxiliar de aumento de pressão para necessidades específicas

● Aumentar a secção das tubagens e evitar cotovelos e mudanças de direcção desnecessárias

● Reduzir o comprimento da rede

+ Utilizar variadores electrónicos de velocidade em motores eléctricos de bombas (para regulação do caudal) em vez de estrangulamento por meio de válvulas



+ Parar bombas desnecessárias



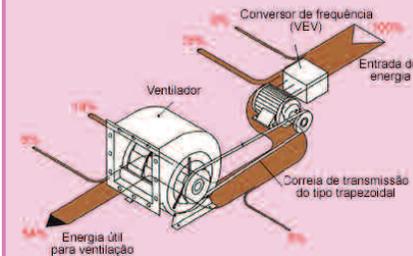
A ventilação é um serviço auxiliar indispensável a uma adequada operação de uma instalação industrial. Permite melhorar a qualidade da produção e proteger as pessoas nos locais de trabalho de emissões de poluentes ou de calor. O consumo energético associado a ventiladores numa unidade fabril da Indústria Portuguesa representa, em média, 12% do seu consumo total de energia eléctrica. Esta percentagem até pode ser considerada superior se se contabilizar o consumo indirecto de energia, quando o ar tem um elevado conteúdo energético em resultado do seu condicionamento (aquecimento, arrefecimento, ...). Na maior parte das instalações industriais que foram objecto de auditorias energéticas foi demonstrado que são possíveis economias de energia até 30% dos consumos que se registam nos sistemas de ventilação, muitas das vezes com períodos de retorno dos investimentos associados inferiores a 2 anos.

Sistemas de Ventilação

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Utilização de ventiladores mais eficientes na aplicação considerada	Redução das perdas de carga ao longo da rede de distribuição e de eventuais problemas de equilíbrio de pressões	Optimização dos procedimentos e dos sistemas de ventilação utilizados	Optimização do controlo e regulação da ventilação para evitar desperdícios energéticos	para evitar fugas na rede de distribuição
Utilização de um motor eléctrico e de um sistema de accionamento mais eficientes na aplicação considerada	Recuperação de energia em ar/gases de extracção		Instalação de equipamento de medição/contagem e de registo de dados numa base regular	Manutenção periódica dos filtros e das condutas

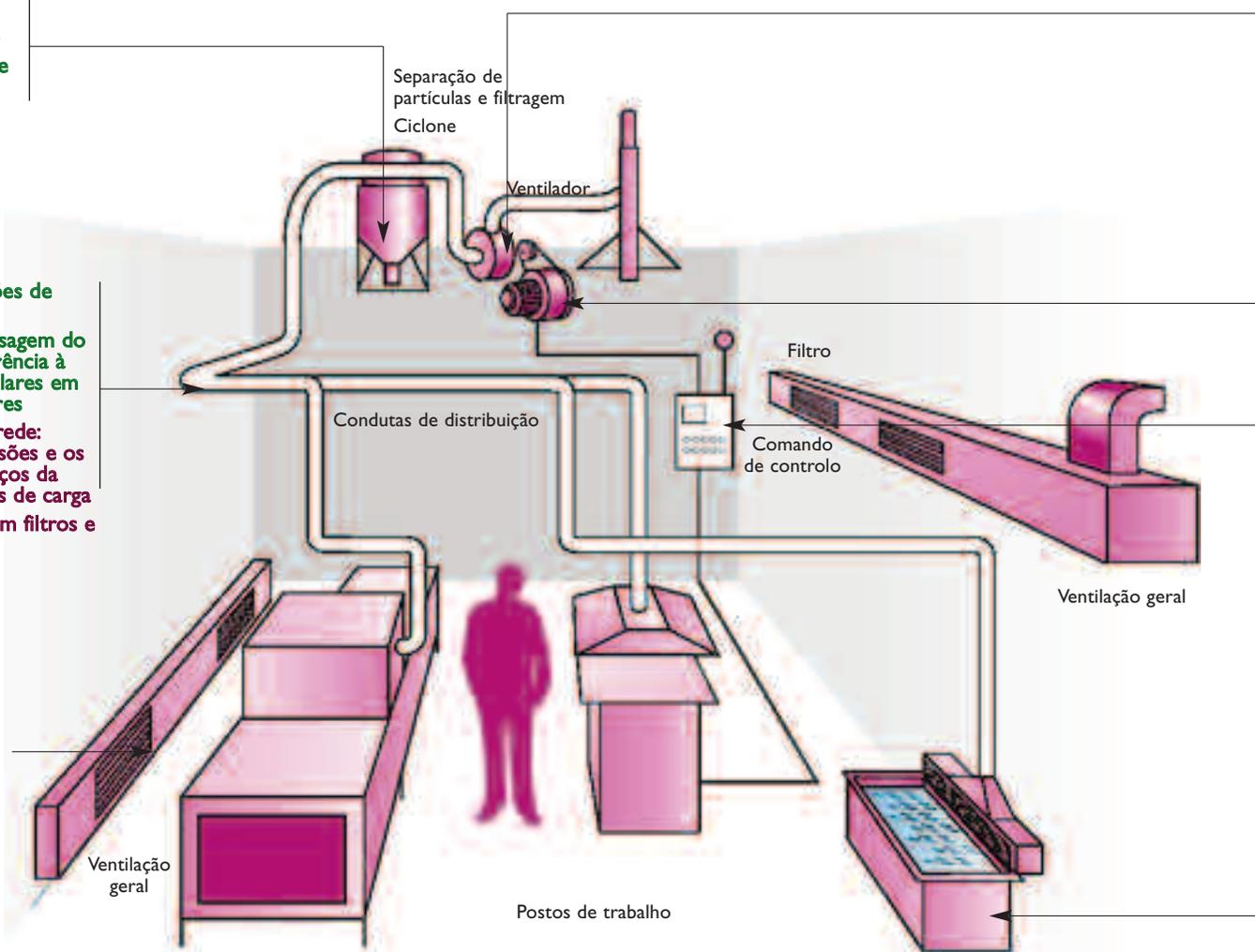
Balço energético num sistema de ventilação



- Utilizar um depurador de ar a fim de reciclar parte do(s) ar/gases de exaustão
- Utilizar um recuperador de calor (permutador) na exaustão de ar/gases
Exemplos de economias até 60%

- Evitar cotovelos e alterações de secção
- Aumentar a secção de passagem do fluido na rede e dar preferência à utilização de secções circulares em vez de secções rectangulares
- Equilibrar as pressões na rede: verificar/controlar as pressões e os caudais nos diferentes troços da rede e equilibrar as perdas de carga
- Limpar/remover poeiras em filtros e condutas

- ▶ Considerar a implementação de um sistema de ventilação por deslocamento para substituir um outro de ventilação por mistura

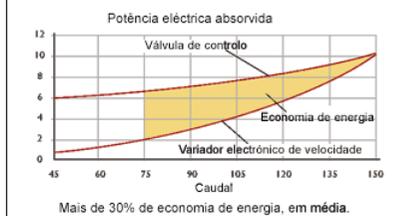


- ◆ Utilizar ventiladores com um rendimento máximo
- ◆ Substituir os ventiladores sobredimensionados

- ◆ Substituir motores sobredimensionados de ventiladores por outros mais adequados e com melhores rendimentos (de classe «EFF 1»)
- ◆ Utilizar um sistema de accionamento do ventilador mais eficiente, ao nível da transmissão mecânica: preferencialmente por acoplamento directo ou evitando correias trapezoidais

- ▶ Aspirar apenas a quantidade mínima de ar necessária

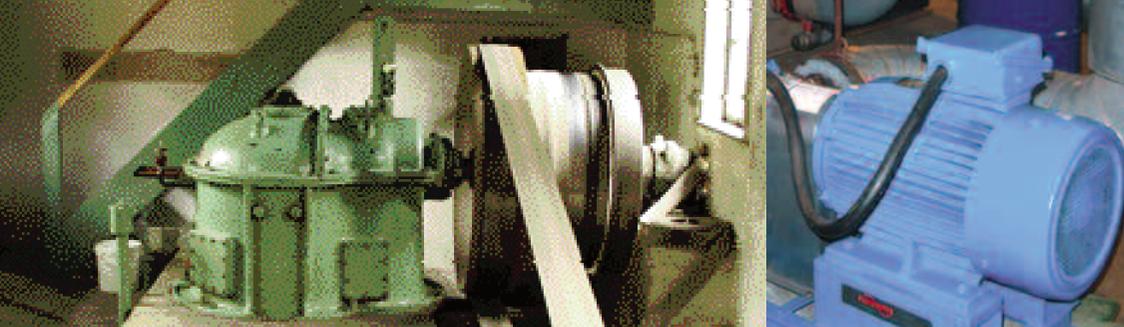
- + Desligar qualquer ventilador quando não utilizado
- + Utilizar variadores electrónicos de velocidade nos motores eléctricos de ventiladores em vez de válvulas de estrangulamento



- + Instalar contadores de deslocamento positivo ou contadores eléctricos, caudalímetros,...
- + Efectuar registos periódicos com o devido acompanhamento e controlo (ex., indicadores)

- ▶ Utilizar captações específicas em locais poluídos em vez de um sistema geral de ventilação

Exemplos de economias de energia até 55%



Os motores eléctricos representam, na Europa, uma das principais fontes de consumo de electricidade: da ordem dos 70% na indústria e de 33% do consumo total no sector dos serviços. 96% dos custos de funcionamento de um motor ao longo da sua vida útil resultam do respectivo consumo energético (e apenas 2,5% desses custos se deve ao investimento inicial e 1,5% aos custos de manutenção). Aquando da compra de um motor, é, portanto, essencial que o seu consumo de energia seja tido em consideração e que se procure que este seja o mínimo possível. Assim, para gerir um parque de motores o mais economicamente possível, é aconselhável que sejam tidos em consideração os seguintes parâmetros: o rendimento do motor, o seu dimensionamento, as perdas de transmissão a jusante, a manutenção (reparação e rebobinagem), bem como a utilização de sistemas de controlo tais como os variadores electrónicos de velocidade (VEV).

Sistemas de accionamentos de força motriz

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Utilização de motores e sistemas de accionamento mais eficientes na aplicação considerada	Melhoria das transmissões mecânicas		Optimização do sistema de controlo e regulação do accionamento (de acordo com as necessidades)	Manutenção regular da qualidade da alimentação do motor, de acordo com as especificações do fabricante
			Instalação de equipamento de monitorização e de obtenção de registos periódicos	Manutenção regular do sistema de accionamento para assegurar um rendimento máximo

Custos totais de um motor eléctrico ao longo da sua vida útil



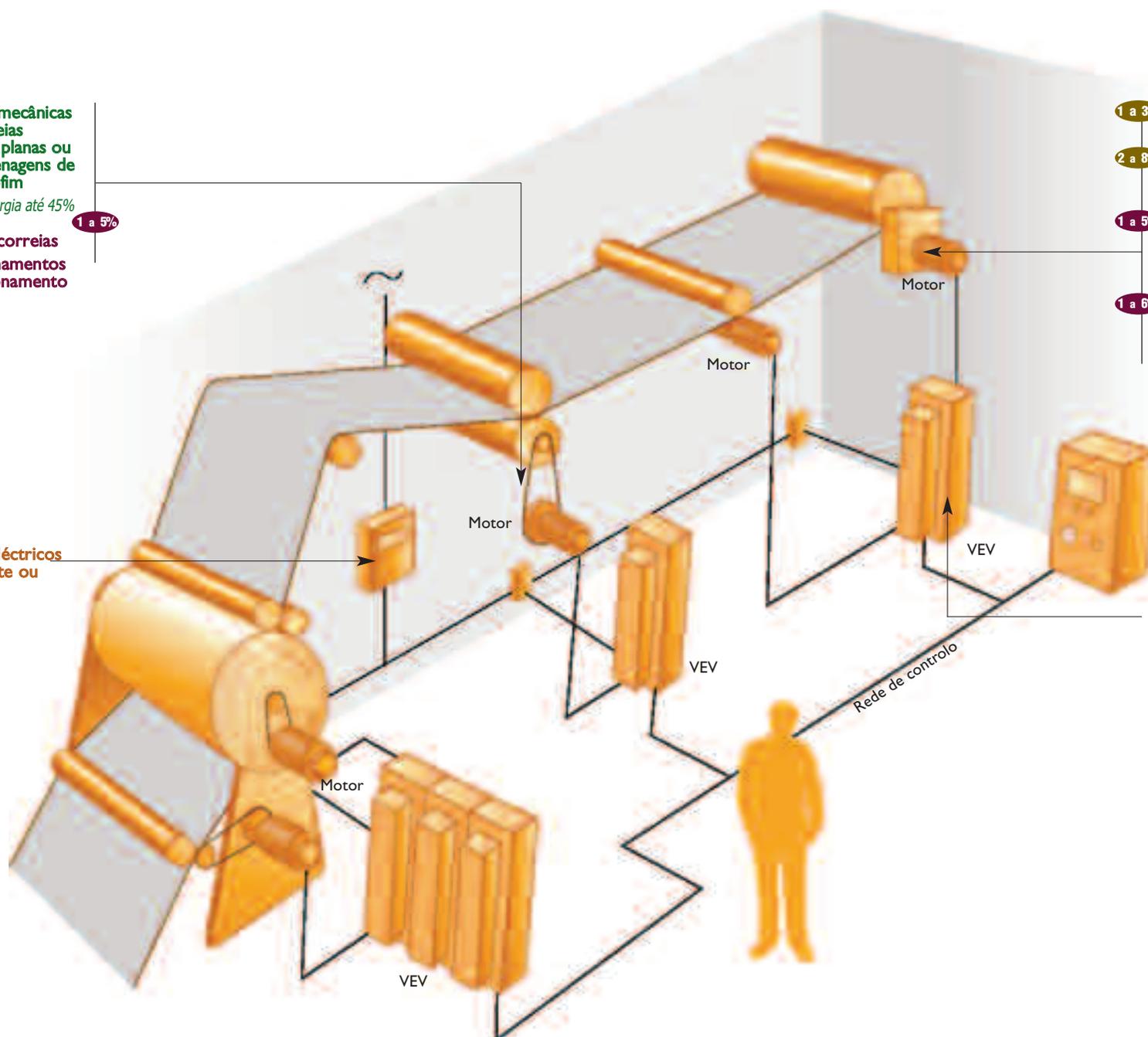
- Utilizar transmissões mecânicas eficientes: evitar correias trapezoidais, correias planas ou não-síncronas e engrenagens de dentes e de tipo sem-fim

Exemplos de perdas de energia até 45%

1 a 5%

- Ajustar a tensão das correias
- Ajustar/afinar os alinhamentos dos sistemas de accionamento

- + Instalar contadores eléctricos numa base permanente ou periódica



- 1 a 3% ♦ Utilizar motores não sobredimensionados

2 a 8%

- ♦ Utilizar motores de alto rendimento (classe "EFF 1")

1 a 5%

- Lubrificar os rolamentos numa base regular, de acordo com as especificações do fabricante

1 a 6%

- Reparação eficiente do motor ou então assegurar que a entidade de reparação está autorizada pelo fabricante do motor para realizar o trabalho pretendido: reparar um motor origina na maior parte das vezes uma diminuição de rendimento

- + Utilizar um variador electrónico de velocidade (VEV) de modo a ajustar com precisão a velocidade de rotação do motor em função das necessidades

10 a 50% de economia de energia, dependendo das aplicações



A rede de distribuição eléctrica de uma empresa deve verificar vários pressupostos: garantir o bom funcionamento dos processos industriais, a segurança das pessoas, a não deterioração dos equipamentos e a preservação da estabilidade, a continuidade e a qualidade da alimentação eléctrica da rede. Com efeito, não controlar a qualidade da sua rede terá repercussões em termos de encargos com energia reactiva, maiores consumos de energia que podem ir até 5-10% mais (perdas na cablagem, nos transformadores, ...) e, não menos importante, de acréscimo de custos devidos a não qualidade da produção ou até mesmo de não produção.

Redes de distribuição eléctrica industrial

Pistas de reflexão

◇ PRODUÇÃO	○ REDE	▷ UTILIZAÇÃO	+ CONTROLO	□ MANUTENÇÃO
Redução das perdas de energia no(s) transformador(es)	Redução das perdas de energia na rede de distribuição	Consumo razoável de energia eléctrica	Melhoria da qualidade da alimentação eléctrica	Optimização da manutenção do circuito
		Monitorização de cargas poluentes sobre a rede: criação de harmónicos, absorção ou emissão de energia reactiva, picos de intensidade,...	Melhoria do factor de potência ($\cos \phi$) da instalação para redução da energia reactiva na rede	
			Redução da distorção harmónica na rede	
			Instalação de equipamento de medição/contagem e de registo numa base regular	

Variação do custo de uma interrupção momentânea do fornecimento de energia eléctrica (€/kW tomado)



- ◆ Utilizar um ou mais transformadores com elevado rendimento: perdas mínimas em carga e em vazio
- ◆ Dimensionar o(s) transformador(es) de acordo com a utilização

- Detectar pontos quentes nos quadros e cabos eléctricos (por termografia de infravermelhos)
- Reapertar barramentos e cabos eléctricos
- Limpar pontos de contacto (para evitar riscos de corrosão)
- Substituir os QGBT - Quadros Gerais de Baixa Tensão antigos (fabricados nos anos 80) por novos Quadros (dos anos 2000), de dimensões mais reduzidas (da ordem dos 40%)
- Seleccionar componentes dos QGBT de baixo consumo para evitar a necessidade de climatização das instalações (contactores-disjuntores standard (20 W) / eficientes (7 W))

- Reduzir as perdas por efeito de Joule em resultado de maiores secções dos condutores

