

# Manual de Ar Comprimido

6ª edição -2017

 **Metalplan**  
**AIRPOWER** 



## CARTA AO LEITOR

Compreender as necessidades do mercado e traduzi-las em produtos e serviços inovadores, reconhecidos pela sua qualidade e desempenho, tem sido um processo permanente na história da Metalplan.

Um exemplo desse pioneirismo foi o lançamento, há quase vinte anos, do primeiro purgador eletrônico do Brasil, assim como o primeiro purgador eletrônico temporizado digital do mundo.

O empenho contínuo em oferecer soluções que representam o máximo de economia, sob todos os aspectos, está sintetizado em nossa missão;

*“Eficiência máxima  
em energia e fluidos”*

Esse Manual é um testemunho dos nossos valores e do nosso compromisso pela difusão das melhores práticas envolvendo o uso racional do ar comprimido.

Boa leitura.



# ÍNDICE

PREFÁCIO .....	05
E POR FALAR EM ENERGIA .....	08
• Vazamento de ar comprimido .....	09
• Perda da carga (queda de pressão) .....	10
• Temperatura de admissão do ar .....	11
OS EQUIPAMENTOS DE UM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO .....	12
GERAÇÃO DE AR COMPRIMIDO.....	13
• A sala dos compressores .....	13
• O compressor de ar .....	14
• Quantidade de compressores .....	19
TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO .....	20
• Norma ISO-8573-1 .....	22
OS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO .....	26
• O resfriador-posterior .....	26
• O filtro de ar comprimido .....	28
• O secador de ar comprimido .....	35
• O secador por refrigeração .....	36
• O secador por adsorção .....	38
ARMAZENAMENTO DE AR COMPRIMIDO.....	42
• Para compressores de pistão .....	42
• Para compressores rotativos .....	43
DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO .....	46
LINHA DE PRODUTOS .....	48
• TotalPack/Flex .....	48
• Rotor Plus .....	49
• Energy .....	50
• Titan Plus .....	51
• Secadores por Absorção .....	52
• Purgadores Automáticos .....	53
• Hyperfilter .....	54
• Polar .....	55
INSTITUCIONAL.....	56
BIBLIOGRAFIA .....	59

# PREFÁCIO

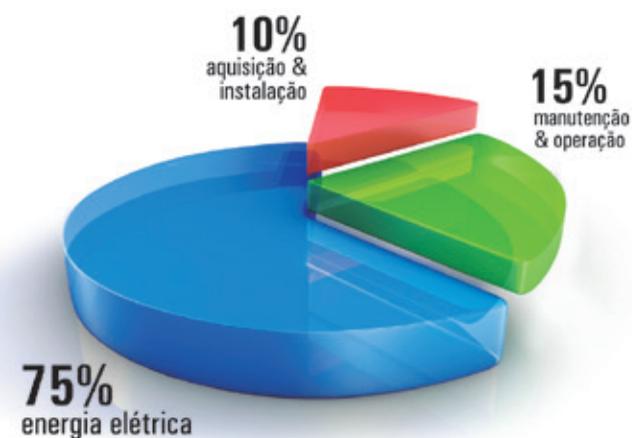
À medida que as exigências dos usuários evoluem, altera-se o conceito de eficiência de um sistema de ar comprimido.

Em poucos anos, as preocupações com produtividade e qualidade expandiram-se para a racionalização do consumo de energia e atingiram o estágio em que se encontram muitas empresas, focados na busca incansável pelo menor custo de um sistema de ar comprimido, que propõe equacionar as variáveis relativas à posse e controle, quais sejam: aquisição, instalação, operação e manutenção.

Num período de trabalho de aproximadamente dez anos, o custo de um sistema de ar comprimido terá respeitado as seguintes proporções aproximadas. (Vide tabela abaixo)

Nesse período, esse sistema poderá ter operado continuamente por até 80 mil horas. A título de comparação, um automóvel, nesses mesmos dez anos, não terá rodado mais do que 10 mil horas, em média.

## CUSTO DE UM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO



No entanto, nossa proposta é avançar um passo adiante e considerar, além dos custos, outros dois aspectos frequentemente relegados nos projetos de um sistema de ar comprimido: a integridade física de pessoas e ativos e o respeito ao meio ambiente.

Quando destacamos a questão da segurança, estamos reforçando o princípio de que o usuário deverá estar atento para que todas as exigências legais, bem como aquelas ditadas pelo bom senso, sejam cumpridas. Normas de projeto, fabricação e testes de equipamentos e instalações devem ser respeitadas. Nos casos onde a legislação for omissa, as melhores práticas deverão ser aplicadas.

Afinal, não são poucos os acidentes relacionados com o ar pressurizado, incluindo muitos casos fatais.

Com relação ao meio ambiente, um sistema de ar comprimido eficiente e consciente é aquele que gera o menor nível possível de contaminação capaz de afetar a natureza.

A combinação equilibrada de todos esses parâmetros é um dos objetivos desse Manual, fornecendo subsídios atualizados para a tomada das decisões corretas por parte dos usuários.



# ROTOR PLUS

## O COMPRESSOR DE PARAFUSO LÍDER NA PEQUENA E MÉDIA EMPRESA

4 a 25 hp

**MAIS ECONÔMICO**  
**60%**  
**MAIS EFICIENTE**

- #80%+Silencioso
- #Manutenção80%+Barata
- #70%+Compacto
- #oMaisVendidoDoBrasil

### ROTOR PLUS EXCLUSIVO

MÓDULOS INTEGRÁVEIS

Você monta o seu compressor a partir de qualquer módulo, conforme as suas necessidades e quando for melhor para o seu negócio.

primeiro fabricante de compressores do MUNDO certificado

ISO 50001 GESTÃO DE ENERGIA

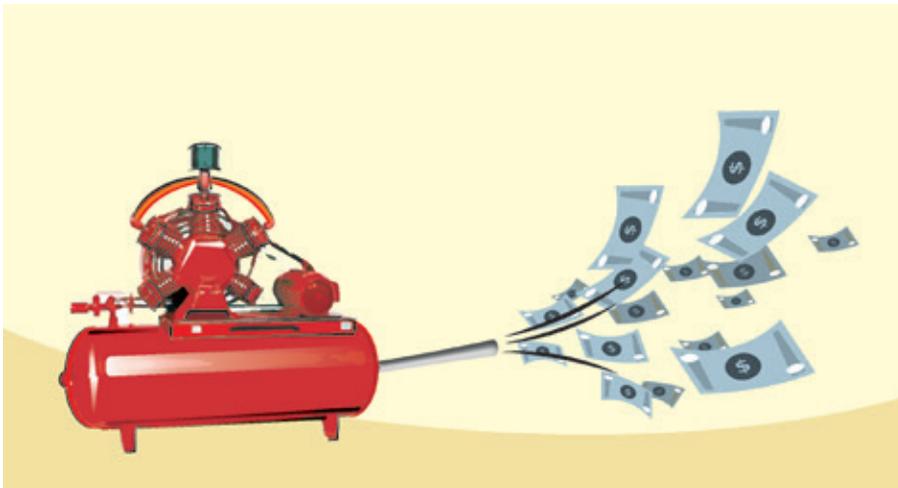
## E POR FALAR EM ENERGIA...

O ar comprimido é uma importante forma de energia, insubstituível em diversas aplicações e resultado da compressão do ar ambiente, cuja composição é uma mistura de oxigênio (~20,5%), nitrogênio (~79%) e alguns gases raros.

Atualmente, cerca de 6 bilhões de toneladas de ar são comprimidas por ano em todo o planeta, gerando um consumo de 500 bilhões de kWh a um custo de 30 bilhões de dólares.

São números que provocam um grande impacto no meio ambiente, mas que poderiam ser substancialmente reduzidos com medidas racionais.

Na indústria, um metro cúbico de ar à pressão de 7 barg custa cerca de meio centavo de dólar (1,0 m<sup>3</sup> ar ~ R\$ 0,04) apenas em energia.



Em função das perdas decorrentes da transformação de energia, o ar comprimido (energia pneumática) pode custar de *sete a dez vezes* mais do que a energia elétrica para realizar uma aplicação similar, embora isso seja normalmente compensado pelas vantagens de flexibilidade, conveniência e segurança proporcionadas pela energia pneumática.

Mesmo assim, procure sempre verificar se o ar comprimido é realmente necessário para aquela tarefa particular ou se pode ser substituído pela eletricidade.

O importante é ter em mente que o consumo racional do ar comprimido deve ser uma preocupação constante entre os usuários.

As tabelas das próximas páginas relacionam e quantificam as perdas de energia usualmente verificadas num sistema de ar comprimido.

### Vazamento de ar comprimido

Todos os sistemas de ar comprimido estão sujeitos a vazamentos e não são raras perdas de até 40% de todo o ar comprimido produzido.

Portanto, identificar, eliminar e reduzir os vazamentos de ar comprimido é uma das maneiras mais simples e eficientes de economizar energia.

Válvulas, tubos, mangueiras e conexões mal vedados, corroídos, furados e sem manutenção são responsáveis por vazamentos de enormes proporções num sistema pneumático.

Um método simples para estabelecer a grandeza dessas perdas é interromper o consumo de todo o ar comprimido do sistema, mantendo os compressores em operação.

Com isso, a pressão na rede chegará ao seu limite máximo. Dependendo do tipo de controle de cada compressor, eles deveriam se desligar ou entrar em alívio, pois não haveria consumo de ar.

Se existirem vazamentos, a pressão na rede cairá e os compressores (total ou parcialmente) voltarão a comprimir. Medindo-se os tempos carga/alívio dos mesmos e sabendo-se sua vazão efetiva, pode-se deduzir a magnitude total dos vazamentos.



### Vazamento através de diferentes orifícios x custo energético

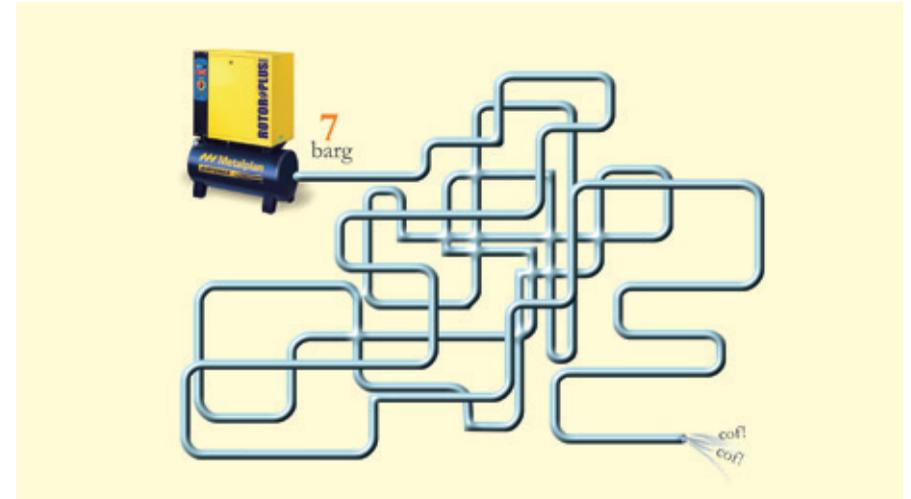
CUSTO DO VAZAMENTO					
Diâmetro do orifício de vazamento (pol)	1/32"	1/16"	1/8"	1/4"	3/8"
m³/h vazamento	2,72	10,9	44,2	174,0	397,5
R\$/ano	544,00	2.176,00	8.824,00	34.744,00	79.376,00

Considerando: P = 7 barg uso = 16h/dia 300 dias/ano (1,0kWh ~ R\$ 0,40)

### Perda de carga (queda de pressão)

Além da redução da pressão do ar comprimido provocada por uma rede de distribuição inadequada (diâmetro da tubulação inferior ao necessário, *lay-out* incorreto da tubulação, curvas e conexões em excesso, etc.), um sistema de ar comprimido também pode estar operando numa pressão muito superior à exigida pela aplicação.

O cálculo correto das redes de distribuição principal e secundárias, a manutenção (substituição) periódica de elementos filtrantes saturados, a regulagem precisa da pressão de cada ponto de consumo, a escolha de componentes e acessórios com menor restrição ao fluxo de ar, bem como a seleção correta do compressor em função das necessidades de pressão do sistema, poderão contribuir de forma fundamental para a redução do consumo de energia associado à perda de carga.



### A tabela abaixo apresenta alguns custos com a queda de pressão

m³/h	340	800	1700
$\Delta P$ bar (psi)	0,07 (1)	0,14 (2)	0,07 (1) 0,14 (2)
R\$/ano	344,00	688,00	808,00 1.616,00 1.720,00 3.440,00

Considerando: P=7barg / uso=16h/dia - 300 dias/anc (1,0 kWh=R\$ 0,40)

### Temperatura de admissão do ar

A elevação da temperatura ambiente diminui a densidade do ar, provocando uma redução da massa aspirada pelo compressor. Em consequência, a eficiência do compressor fica comprometida.

**Custo da temperatura de admissão**



**+3°C**  
Elevação da temperatura do ar ambiente na admissão do compressor

⇒

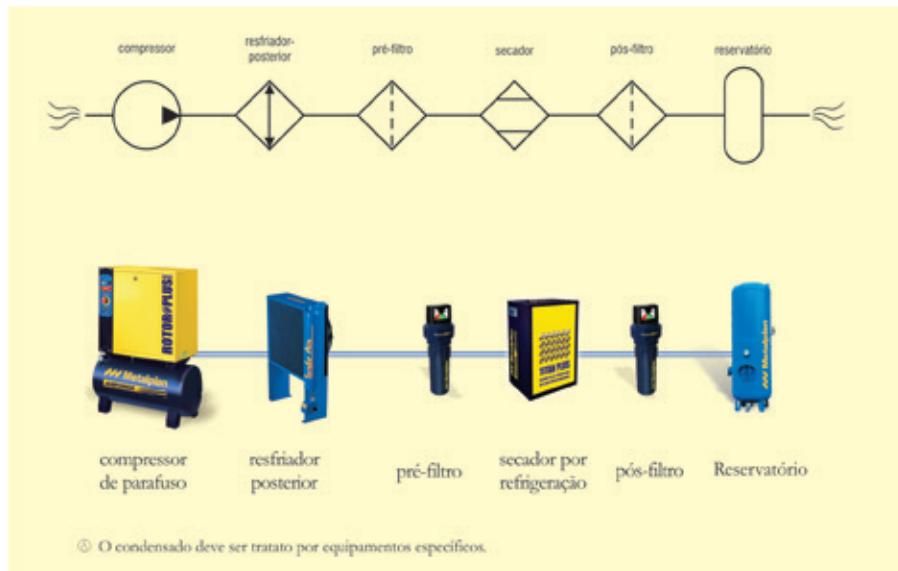
**+1%**  
Elevação do consumo de energia elétrica do compressor



Admite-se que uma redução de 3°C na temperatura de admissão do ar ambiente pelo compressor implica numa economia de energia de 1%.

# OS EQUIPAMENTOS DE UM SISTEMA DE AR COMPRIMIDO

A figura a seguir ilustra um sistema de ar comprimido típico, de acordo com a norma ISO-8573, com os equipamentos habitualmente necessários para o fornecimento confiável de ar comprimido de qualidade.



A quantidade e o tipo de cada equipamento utilizado é função da aplicação do ar comprimido.

Aplicações mais críticas exigem sistemas redundantes, com fontes de energia alternativas, para garantir o suprimento de ar comprimido em situações de emergência.

Outras aplicações irão requerer um sistema de purificação do ar mais sofisticado, com monitoração constante do nível de contaminação, afim de evitar danos irreversíveis aos usuários.

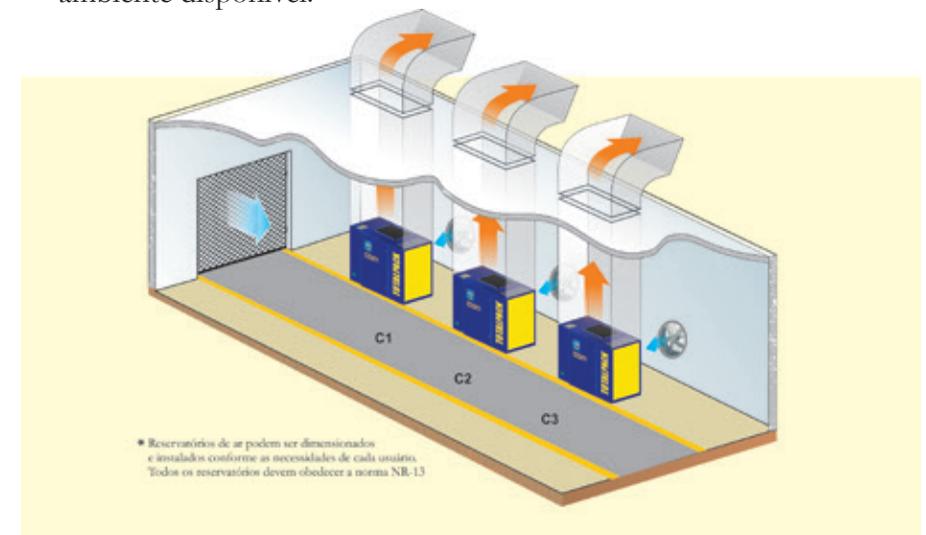
# GERAÇÃO DE AR COMPRIMIDO

## A sala dos compressores

Os compressores e demais equipamentos de geração, tratamento e armazenamento de ar comprimido situam-se na categoria de utilidades, tais como caldeiras, geradores, tratamento, bomba etc.

Dessa forma, procure respeitar as seguintes orientações:

- Reserve uma sala específica para isso, separada das demais áreas da empresa.
- O ruído emitido pelos equipamentos deve ser isolado do exterior.
- O ingresso na sala deve ser permitido apenas ao pessoal autorizado, portando os EPI's mínimos exigidos por lei, como o protetor auricular.
- A captação do ar atmosférico deve ficar distante de quaisquer tipos de fontes de contaminação ou calor, tais como: torres de resfriamento de água, ruas sem calçamento, banhos químicos, chaminés, caldeiras, escapes de motores de combustão, etc. O descuido com esse item gera problemas com a qualidade do ar comprimido e com o consumo de energia.
- O arrefecimento de compressores resfriados a ar deve ser realizado por dutos de entrada e saída, procurando-se obter a menor temperatura ambiente disponível.



## O compressor de ar

O equipamento que realiza a compressão do ar ambiente é denominado *compressor de ar*, que transforma um tipo de energia (normalmente elétrica) em energia pneumática.

Hoje, existem cerca de 40 milhões de compressores em operação no mundo e outros 4 milhões são fabricados todos os anos.

Para o escopo desse Manual, interessa-nos dois tipos básicos de compressores: alternativos (de pistão) e rotativos (de parafuso e centrífugo).

Em termos conceituais, os compressores de pistão e de parafuso são denominados de *deslocamento positivo*, pois a compressão do ar é obtida pela redução de seu volume, de forma alternada (pistão) ou contínua (parafuso).

O compressor centrífugo é do tipo *dinâmico*, pois a compressão ocorre pela transformação da energia cinética (velocidade) do ar em energia potencial (pressão).



Os compressores de pistão são comumente aplicados para pequenas vazões (até 100 m<sup>3</sup>/h).



Os compressores de parafuso são mais indicados para pequenas, médias e grandes vazões (50 m<sup>3</sup>/h a 2000 m<sup>3</sup>/h).



Os compressores centrífugos são mais indicados para vazões grandes e muito grandes (> 1500 m<sup>3</sup>/h).

As pressões atingidas pelos compressores variam, em geral, entre 6 barg e 40 barg, sendo a pressão de 7 barg tipicamente encontrada na maioria das aplicações.

# TOTALPACK FLEX DD

## TOTALMENTE INTEGRADO - TOTALMENTE FLEXÍVEL

### COMPRESSOR DE PARAFUSO COM SECADOR E FILTROS INTEGRADOS

10 a 250 hp



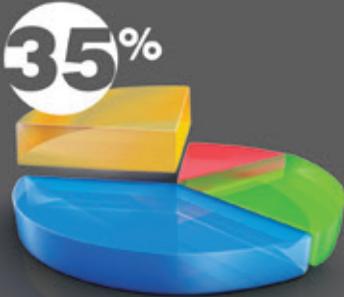
**5 anos**  
garantia platinum  
• sem limite de horas  
• total cobertura de peças  
• exclusividade Metalplan

**2 anos**  
garantia standard  
• sem limite de horas  
• sem contrato de manutenção  
• máxima cobertura de peças

VARIADOR DE VELOCIDADE | RESFRIADOR POSTERIOR | PRÉ E PÓS-FILTRO COALESCENTE

### TECNOLOGIA FLEX

garante uma redução do consumo de energia de até 35% em comparação com os compressores convencionais

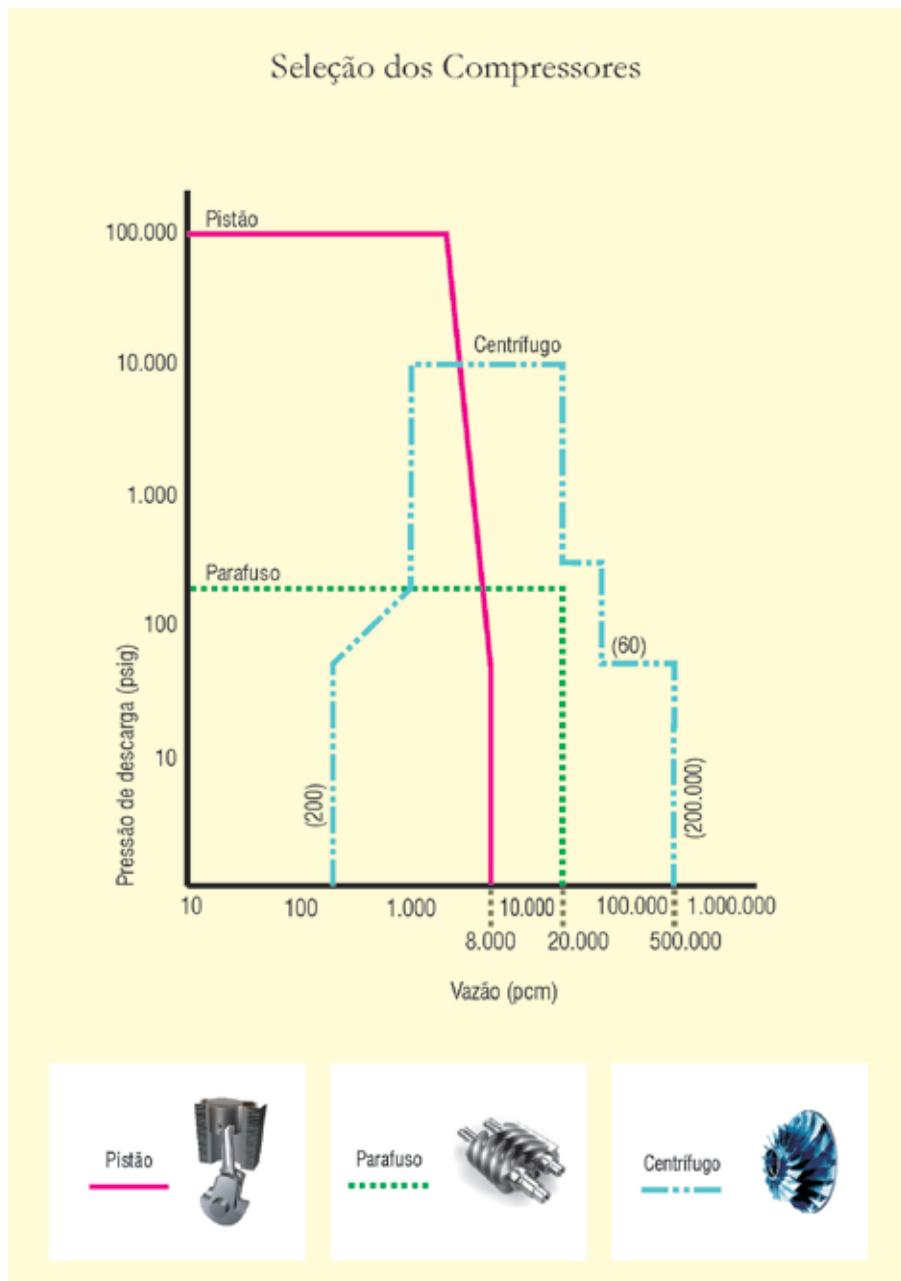


- energia elétrica
- redução do consumo de energia
- aquisição & instalação
- manutenção & operação

primeiro fabricante de compressores do mundo certificado ISO 50001 GESTÃO DE ENERGIA



Um eficiente sistema de ar comprimido começa pela escolha do compressor mais adequado para cada atividade.



A seleção do compressor mais adequado para uma determinada aplicação é função da *vazão*, *pressão* e *nível de pureza* exigidos por tal aplicação.

O diagrama a seguir, elaborado pelo Compressed Air and Gas Institute (CAGI-EUA), auxilia na escolha do tipo de compressor mais indicado para atender os parâmetros *vazão* e *pressão*:

Embora a faixa de aplicação dos compressores de pistão seja bastante ampla, é notório que os compressores de parafuso têm recebido a preferência dos usuários para vazões a partir de 50 pcm (85m<sup>3</sup>/h), devido às suas características de desempenho superiores.

O quadro da página seguinte apresenta a diferença do Custo de Propriedade entre compressores de pistão e de parafusos, nas mesmas condições de operação.

Quanto ao *nível de pureza* do ar comprimido, é conveniente fazer uma distinção entre aplicação crítica e não-crítica.

Nessas situações críticas, os compressores lubrificadas só poderão ser utilizados quando o sistema possuir um módulo específico de segurança, com alarme e proteção redundante, capaz de garantir a qualidade do ar comprimido, mesmo no caso da ruptura dos separadores de óleo do compressor.



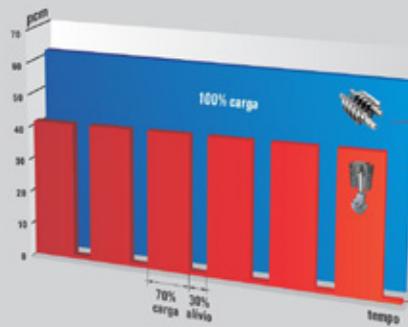
## você já calculou o custo de energia do seu compressor de ar?

O consumo de energia elétrica representa o custo mais importante num sistema de ar comprimido.

CUSTO DO SISTEMA DE AR COMPRIMIDO AO LONGO DO CICLO DE VIDA



### PRODUÇÃO EFETIVA DE AR COMPRIMIDO



Um compressor de parafuso de 15 hp (vazão efetiva = 62 pcm) produz 3720 pcm de ar comprimido em uma hora, porque pode operar em plena carga durante 100% do tempo.

Um compressor de pistão de 15 hp (vazão efetiva = 42 pcm) produz 1764 pcm de ar comprimido em uma hora, porque pode operar apenas 70% do tempo em plena carga, para não fundir.

### VEJA UMA COMPARAÇÃO REAL

SISTEMAS DE MESMA VAZÃO	Pistão	Parafuso	Economia <sup>1</sup>
Quantidade necessária de compressores			
Vazão efetiva total	126 pcm	124 pcm	
Potência instalada	45 hp	30 hp	
Aquisição	R\$ 38.000,00 <sup>2</sup>	R\$ 32.000,00	
Energia	R\$ 810.000,00	R\$ 540.000,00	
Manutenção	R\$ 367.000,00	R\$ 115.000,00	
Custo total	<b>R\$ 1.215.000,00</b>	<b>R\$ 687.000,00</b>	<b>R\$ 528.000,00* (56,5%)</b>

\*Economia calculada apenas na geração do ar, sem levar em conta a economia obtida com o tratamento do ar (veja próxima página)

## Quantidade de Compressores

Assim que a vazão total do sistema for definida, estabeleça um fator entre 20% e 50% para futuras ampliações e selecione dois compressores que, somados, atendam essa vazão.

Um terceiro compressor, da mesma capacidade, pode ser adicionado ao sistema como *stand by* (veja dica).

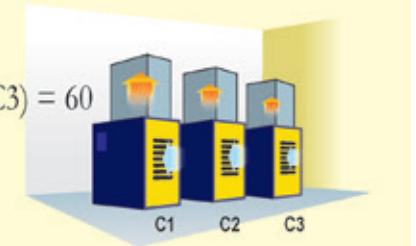
Em conjunto, os três compressores podem ser programados para operar num sistema de rodízio, proporcionando o mesmo nível de utilização para todos.

Vazão requerida = 100

Vazão de cada compressor (C1, C2, C3) = 60

C1 + C2 = 120 (operação)

C3 = 60 (stand by)



Um rodízio bem planejado permite, inclusive, que as manutenções preventivas aconteçam em intervalos defazados, gerando menor concentração de custos para essa tarefa.

Essa configuração é, sob qualquer aspecto, a mais vantajosa para o usuário, pois garante o suprimento de ar comprimido, presente e futuro, com o menor risco de falha.

Verifique a potência e a vazão efetivamente produzida pelo compressor. Cuidado com informações do tipo “volume deslocado”, pois costumam omitir as perdas ocorridas no processo de compressão.

### Dica:

O papel do terceiro compressor reserva pode ser feito pelos antigos compressores da instalação original.

Isso é mais inteligente do que se desfazer dos mesmos, pois o valor apurado na sua venda costuma ser muito baixo.

De qualquer maneira, a definição da quantidade correta de compressores e seu regime de trabalho será fortemente influenciada pelo perfil de consumo de ar comprimido, que deverá ser traçado com a melhor precisão possível no momento do projeto.

## TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO

A contaminação do ar comprimido é a *soma* da contaminação do ar ambiente com outras substâncias que são introduzidas durante o processo de compressão.

O ar ambiente é contaminado por partículas sólidas (poeira, microorganismos, etc.), vapor d'água (umidade relativa), vapores de hidrocarbonetos (fumaça de óleo diesel, etc.), dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido nitroso, dióxido de enxofre, etc.

Durante o processo de compressão, o ar comprimido também é contaminado pelo óleo lubrificante do compressor e por partículas sólidas provenientes do desgaste das peças móveis do mesmo.

Na tubulação de distribuição, o ar comprimido ainda pode arrastar ferrugem e outras partículas.

A norma ISO-8573<sup>1</sup> classifica os contaminantes do ar comprimido e suas unidades de medida da seguinte maneira:

Contaminante	Dimensão	Concentração	Ponto de orvalho
Sólidos	μm	mg/m <sup>3</sup>	-X-
Água	-X-	-X-	°C
Óleo	-X-	mg/m <sup>3</sup>	-X-

A pressão e a temperatura do ar comprimido potencializam os efeitos prejudiciais de todos esses contaminantes.

A redução gradual da temperatura do ar comprimido ao longo da tubulação causa a condensação de alguns contaminantes gasosos.

Ao atingirem a fase líquida (condensado), esses contaminantes estarão presentes no fluxo de ar comprimido sob diferentes aspectos, desde um conjunto amorfo (filete de condensado) depositado nas partes inferiores da tubulação e dos equipamentos, passando por pequenas gotas e chegando até a aerossóis microscópicos dispersos entre as moléculas do ar comprimido.

# SECADORES POR REFRIGERAÇÃO

OS ÚNICOS COM PRÉ-FILTRO E PÓS-FILTRO INTEGRADOS

**ENERGY PLUS**  
250 a 9600 pcm

**TITAN PLUS**  
20 a 250 pcm

**ENERGY PLUS**  
250 a 9600 pcm

**CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS**

- Painel eletrônico.
- Compatível com qualquer tipo de compressor.
- Operação e manutenção centralizadas.
- Gás ecológico.
- Válvula *hot gas by-pass*, anti-congelamento.
- Purgador eletrônico programável.
- Projetado para clima tropical.
- Menor consumo de energia.
- Livre de corrosão.
- Vazamento zero do fluido refrigerante.

Elementos *premium*  
Hi-Flux e Hi-Flux Gemini\*

\* somente nos modelos TITAN PLUS 40, 70 e 110

primeiro fabricante de compressores do mundo certificado | ISO 50001 GESTÃO DE ENERGIA | Metalplan AIRPOWER

Por definição (ISO-8573/2.4), aerossol é uma *suspensão num meio gasoso de partículas sólidas e/ou líquidas com uma desprezível velocidade de queda (< 0,25 m/s).*

O resultado da mistura de todos os contaminantes é uma emulsão ácida e abrasiva que compromete o correto funcionamento de um sistema de ar comprimido em qualquer tipo de aplicação.

A análise do ar ambiente de uma região industrial típica encontra as seguintes taxas aproximadas de contaminação, considerando-se uma temperatura ambiente de 38 °C e umidade relativa de 100%:

Contaminante	Dimensão	Concentração
Sólidos	0,01 a 2,0 $\mu\text{m}$	$10^{20}$ partículas/ $\text{m}^3$
Água	-x-	46,3 g/ $\text{m}^3$
Óleo	-x-	15 mg/ $\text{m}^3$

Esses contaminantes serão aspirados por qualquer compressor de ar, **seja lubrificado ou isento de óleo**, juntamente com os gases citados anteriormente.

A título de ilustração, tomemos um sistema de ar comprimido com um compressor de 5100  $\text{m}^3/\text{h}$  operando em três turnos. Num ambiente sob temperatura de 25°C e umidade relativa de 75%, este compressor introduzirá 2106 litros de água por dia no sistema.

### Norma ISO-8573-1

A norma internacional ISO-8573-1 é a referência central sobre a qualidade do ar comprimido para uso geral, não valendo para usos muito particulares, como ar medicinal, respiração humana e alguns outros.

A tabela a seguir apresenta as classes de qualidade do ar comprimido em função dos seus três contaminantes típicos: água, óleo e partículas sólidas.

CONTAMINANTES							
classe	PARTÍCULAS SÓLIDAS número máximo de partículas por $\text{m}^3$ (d = dimensão da partícula)			classe	ÁGUA - umidade ponto de orvalho (°C)	classe	ÓLEO - concentração total (líquido/aerossol/vapor) ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )
	$0,1\mu\text{m} < d < 0,5\mu\text{m}$	$0,5\mu\text{m} < d < 1\mu\text{m}$	$1\mu\text{m} < d < 5\mu\text{m}$				
0	CLASSE ZERO - como especificado pelo usuário ou pelo fabricante e mais rígido que a classe 1						
1	$\leq 20.000$	$\leq 400$	$\leq 10$	1	-70	1	$\leq 0,01$
2	$\leq 400.000$	$\leq 6.000$	$\leq 100$	2	-40	2	$\leq 0,1$
3	-	$\leq 90.000$	$\leq 1.000$	3	-20	3	$\leq 1$
4	-	-	$\leq 10.000$	4	+3	4	$\leq 5$
5	-	-	$\leq 100.000$	5	+7	5	---
	Concentração mássica - $C_p$ ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )			6	+10	6	---
6	$0 < C_p \leq 5$				Concentração Água Líquida $C_w$ ( $\text{g}/\text{m}^3$ )		
7	$5 < C_p \leq 10$			7	$C_w \leq 0,5$	7	---
8	---			8	$0,5 < C_w \leq 5$	8	---
9	---			9	$5 < C_w \leq 10$	9	---
X	$C_p > 10$			X	$C_w > 10$	X	$> 5$

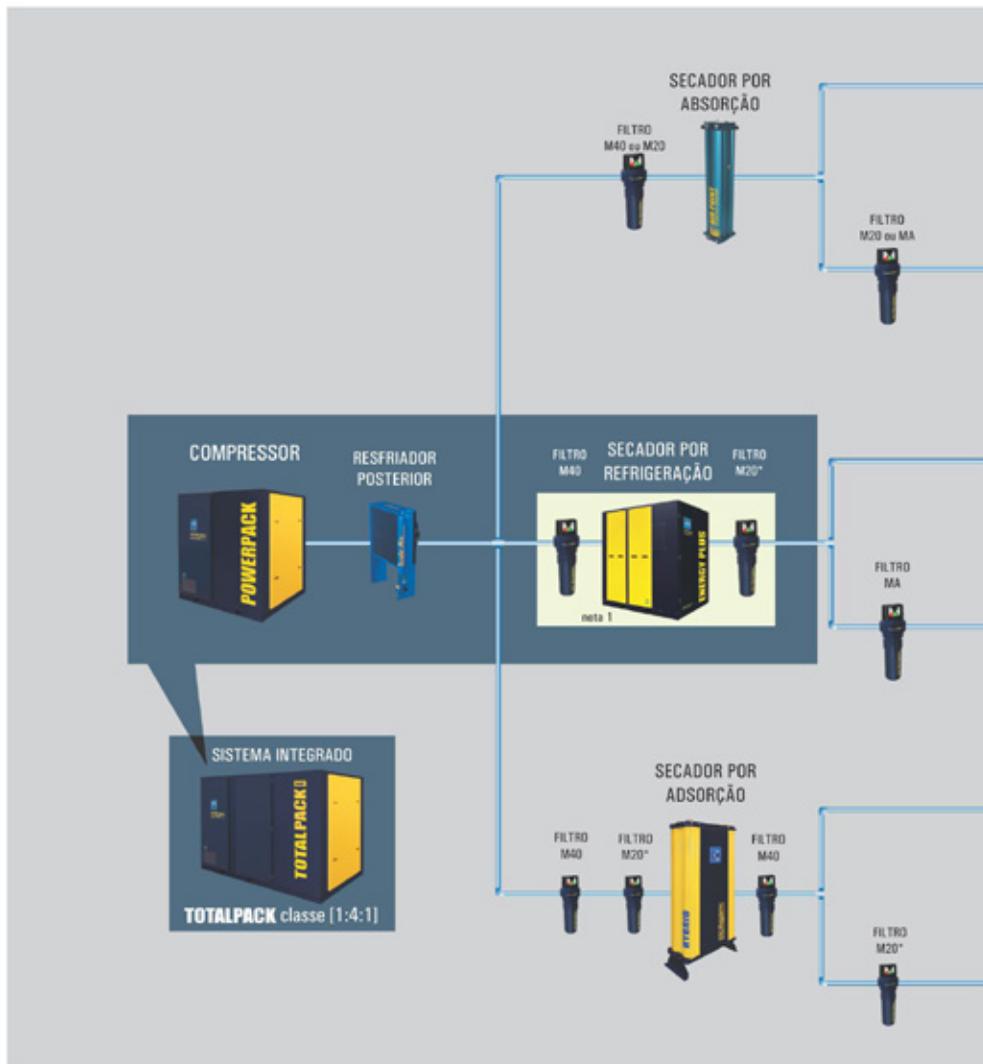
Para a obtenção dos diferentes níveis de pureza do ar comprimido (classes de qualidade), a ISO-8573 recomenda a sequência de equipamentos mostrada na página 12.

Há também uma norma própria - ISO-7183 - que trata do projeto e testes de desempenho de secadores de ar.

Secadores instalados em climas temperados devem obedecer a norma ISO-7183-A, que especifica a temperatura ambiente em 25°C e a temperatura de entrada do ar no secador em 35°C.

Secadores instalados em climas tropicais devem obedecer a norma ISO-7183-B, que especifica a temperatura ambiente em 38°C e a temperatura de entrada do ar no secador em 38°C.

## SISTEMAS TÍPICOS ISO



\* o filtro M20 retém partículas > 0,01 micron.  
 <math>\text{a}</math> temp. entr. ar compr. <math>< 25^{\circ}\text{C}</math>.

† os seccadores Energy Plus e Titan Plus possuem pré e pós-filtros integrados.

classe de qualidade

APLICAÇÕES

[1:6:1]<sup>a</sup>

Ar comprimido seco, com ponto de orvalho médio entre 5°C e 15°C, ideal para pequenas vazões e proteção localizada de válvulas, cilindros, ferramentas pneumáticas, automação, jateamento, pintura, etc.

[1:6:1]<sup>a</sup>

Em relação ao arranjo anterior, o filtro de carvão ativado garante a eliminação de odores e um residual de óleo <math>< 0,003 \text{ mg/m}^3</math>, adequado para clínicas odontológicas e aplicações similares, desde que o ar comprimido não seja utilizado como única fonte de respiração humana.

[1:4:1]

Esta combinação compõe o sistema de tratamento mais largamente utilizado na indústria. Em função de seu abrangente nível de proteção, atende a diversos setores, como o automobilístico, plástico, têxtil, papel e celulose, mecânico e metalúrgico, etc.

[1:4:1]

Qualidade similar ao sistema anterior, porém com eliminação de odores e um menor residual de óleo (<math>< 0,003 \text{ mg/m}^3</math>), importante em geração de  $\text{N}_2$  e  $\text{O}_2$ , indústrias alimentícias, químicas, farmacêuticas, etc.

[1:2:1]

[1:1:1]

Utilizado quando o ar comprimido entra em contato com produtos higroscópicos (cimento, leite em pó, resinas, liofilizados, pastilhas efervescentes, etc.), devido ao risco de absorção do vapor d'água e também quando for submetido a baixas temperaturas, devido ao risco de congelamento.

[1:2:1]

[1:1:1]

A combinação de um baixíssimo ponto de orvalho com retenção máxima de particulados é fundamental em aplicações como a fabricação de fibras óticas, circuitos integrados, compact discs, processamento de filmes, instrumentação crítica, siderurgia, reatores nucleares, etc.

Para ar comprimido terapêutico, refira-se à RDC-50 - ANVISA

# OS COMPONENTES DE UM SISTEMA DE TRATAMENTO DE AR COMPRIMIDO

## O resfriador-posterior

Sua função é reduzir a temperatura do ar que deixa o compressor para níveis próximos da temperatura ambiente. Com isso, obtém-se uma grande condensação dos contaminantes gasosos, especialmente do vapor d'água.



O separador mecânico de condensados do resfriador-posterior responde pela remoção de aproximadamente 70% dos vapores condensados do fluxo de ar comprimido.

Um purgador automático deve ser instalado sob o separador de condensados para garantir a eliminação desta contaminação líquida para a atmosfera, com perda mínima de ar comprimido.

Os purgadores são pequenos aparatos destinados a efetuar a drenagem dos contaminantes líquidos do sistema de ar comprimido para o meio ambiente.

Podem ser *manuais* ou *automáticos*, sendo que estes últimos dividem-se normalmente em *eletrônicos* e *mecânicos*. Os purgadores eletrônicos são encontrados nos tipos *temporizado digital* ou com *sensor de umidade*.



Em termos construtivos, o resfriador-posterior é um trocador de calor convencional resfriado pelo ar ambiente ou por água.

# PURGADORES AUTOMÁTICOS

**CRONOMATIC 6000**  
eletrônico

**ZEROMATIC**  
magnético



IP-65

- Perda ZERO de ar comprimido.
- Eficiência energética – 100%.
- Ecologicamente correto.
- Não utiliza eletricidade
- O mecanismo magnético abre a válvula instantaneamente.
- Remove o condensado de filtros, separadores mecânicos, reservatórios, secadores e redes de ar comprimido.
- Não entope e não emperra.

- Remove o condensado de todo o sistema de ar comprimido.
- Não entope e não emperra.
- Temporizador eletrônico.
- Grande orifício de purga garante alto fluxo de condensado.
- Display digital
- Teclado de membrana
- Alta capacidade de drenagem
- Marcação CE.

## EASY DRAIN

- Coleta o condensado de reservatórios de compressores, facilitando a tarefa de drenagem.
- Permite a instalação do purgador Cronomatic 6000.
- Compatível com qualquer marca e modelo de compressor.



primeiro fabricante de compressores do mundo certificado

ISO 50001  
GESTÃO DE ENERGIA

**Metalplan**  
AIRPOWER

## O filtro de ar comprimido

O filtro de ar comprimido aparece geralmente em três posições diferentes: antes e depois do secador de ar comprimido e também junto ao ponto-de-uso.

A função do *filtro instalado antes do secador* por refrigeração (pré-filtro) é separar o restante da contaminação sólida e líquida (~30%) não totalmente eliminada pelo separador de condensados do resfriador-posterior, protegendo os trocadores de calor do secador contra o excesso de óleo oriundo do compressor de ar, o que poderia impregná-los, prejudicando sua eficiência.

O excesso de condensado no secador também reduz sua capacidade de resfriamento do ar comprimido, pois consome-se energia para resfriar um condensado que já poderia ter sido eliminado do sistema.



No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pré-filtro deverá garantir que nenhuma quantidade de contaminação líquida, inclusive os aerossóis de água e óleo, atinja o material adsorvedor, obstruindo seus poros e impedindo a sua reativação.

O *filtro instalado após o secador* (pós-filtro) deve ser responsável pela eliminação da umidade residual (~30%) não removida pelo separador mecânico de condensados do secador por refrigeração, além da contenção dos sólidos não retidos no pré-filtro.

A capacidade do pós-filtro efetuar a eliminação de qualquer umidade residual

é seriamente afetada pela temperatura do ar comprimido na saída do secador.

Na verdade, em qualquer secador por refrigeração, o ar comprimido sofre um reaquecimento antes de voltar à tubulação. Esse reaquecimento é intencional (economiza energia e evita que a tubulação fique gelada), mas provoca a completa reevaporação da umidade residual que não foi removida pelo separador de condensados. No estado gasoso, essa umidade não pode ser eliminada pelo pós-filtro.

Na prática, o pós-filtro instalado após o secador por refrigeração retém apenas partículas sólidas.

No caso de sistemas dotados de secadores por adsorção, o pós-filtro destina-se apenas à retenção das partículas sólidas produzidas pela abrasão do material adsorvedor (poeira do adsorvedor).

Os *filtros instalados no ponto-de-uso* são utilizados para evitar que os contaminantes presentes ao longo da tubulação de ar comprimido atinjam a aplicação final do mesmo.

Se o sistema não possui qualquer tipo de tratamento de ar comprimido, os filtros instalados no ponto-de-uso são ainda mais recomendados.

Os modernos filtros para ar comprimido são do tipo *coalescente* e *adsorvedor*.

Esses filtros são constituídos por uma carcaça resistente a pressão do ar comprimido e por um elemento filtrante, que é responsável pela filtração do ar.

Alguns acessórios costumam fazer parte deste equipamento, como um purgador automático e um manômetro indicador da saturação do elemento filtrante (perda de carga).

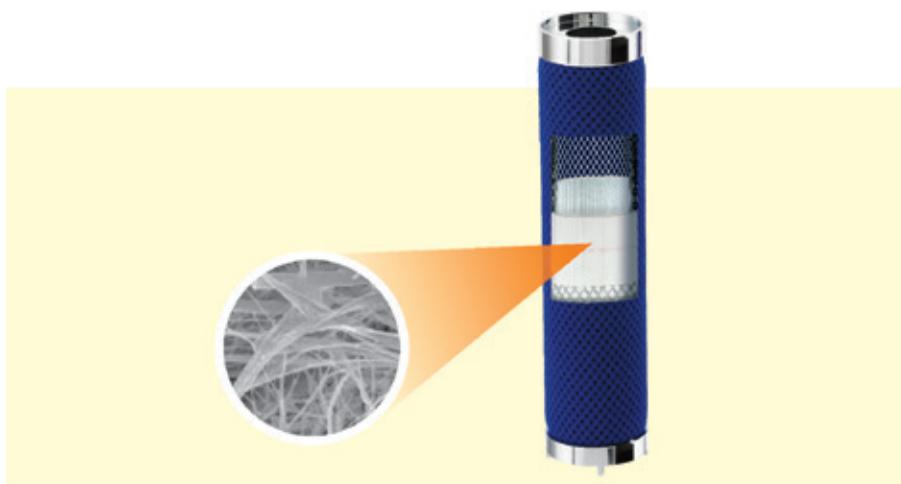
Os elementos filtrantes são geralmente apresentados em diferentes graus de filtração, utilizados conforme a aplicação do ar comprimido e a posição do filtro no sistema.

Aplicações menos severas, bem como os pré-filtros, exigem elementos com menor capacidade de retenção.

Da mesma forma, aplicações críticas e pós-filtros necessitarão de elementos com maior poder de filtração.

O mecanismo de operação de um filtro coalescente é bastante particular. Baseia-se em dois processos distintos: a retenção mecânica e a coalescência.

A retenção mecânica é a simples obstrução da passagem do contaminante sólido através do elemento, permitindo apenas que o ar comprimido siga adiante. Nesse caso, é fácil notar que o contaminante deverá ser maior do que o menor poro do elemento. Esse processo está contido no primeiro efeito que produz a coalescência (Interceptação Direta), conforme será visto logo a seguir.



A *coalescência*, porém, é considerada um fenômeno um pouco mais complexo e muitos estudiosos não a vêem como um processo de filtração propriamente dito.

A norma ISO-8573 define a coalescência com bastante precisão como sendo a *ação pela qual partículas líquidas em suspensão unem-se para formar partículas maiores*.

Como uma parte significativa (~30%) da contaminação líquida presente no ar comprimido é composta por aerossóis, a coalescência ganhou importância central para a eficiência de um sistema de tratamento de ar comprimido, pois é somente através desse efeito que se consegue separar os aerossóis.

# SECADORES POR ABSORÇÃO

A RESPOSTA ECONÔMICA E DEFINITIVA PARA SECAR O AR COMPRIMIDO

- Projetados para compressores de pistão e de parafuso.
- Ideais para pintura, ferramentas pneumáticas, corte a plasma, etc.
- Aumentam a produtividade e a qualidade do sistema.
- Não consomem energia elétrica.
- Não consomem ar comprimido.
- Construídos em alumínio: livres de corrosão.
- Suporte para afixar na parede.
- Não contém partes móveis.

## DENTAL AIR PURIFIER

Para uso em odontologia, garante ar comprimido da mais elevada pureza, livre de água, óleo e partículas microscópicas. Seus três estágios de purificação atendem a classe de qualidade ISO-8573 - 1.6.1.

**1º estágio - PRÉ-FILTRO - Hi-Flux grau M20**  
Remoção de água, óleo e partículas da dimensão da menor bactéria.

**2º estágio - SECADOR POR ABSORÇÃO**  
Remoção de vapor d'água.

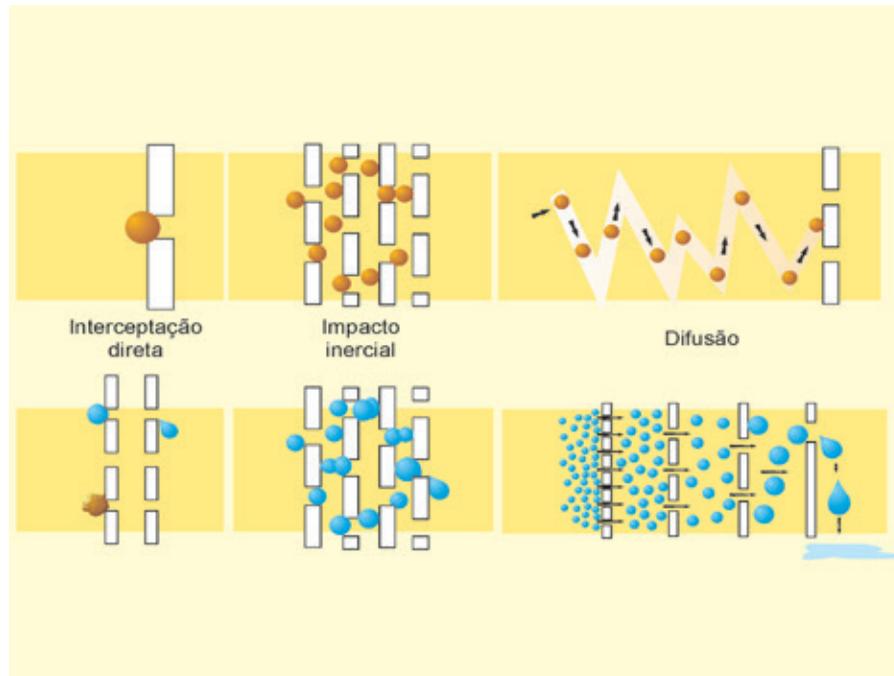
**3º estágio - PÓS-FILTRO - Hi-Flux grau MA**  
Remoção de odores.

Patente # 9002999-2 ✓

primeiro fabricante de compressores do mundo certificado ISO 50001 GESTÃO DE ENERGIA

Três fenômenos se somam para produzir o efeito da coalescência:

- **Interceptação Direta:** *efeito de filtração no qual uma gota ou uma partícula sólida colide com um componente de um meio filtrante que está em seu caminho ou é capturada por poros de diâmetros menores do que o diâmetro da partícula.*
- **Impacto Inercial:** *processo no qual uma partícula colide com uma parte do meio filtrante devido à inércia da partícula.*
- **Difusão:** *movimento (browniano) de moléculas gasosas ou de partículas pequenas causado por uma variação de concentração.*



A nanofibra de borossilicato é o componente principal do meio filtrante, sendo responsável pela ação coalescente. Essas nanofibras são inertes e impermeáveis, o que significa que não reagem quimicamente com outras substâncias e também não adsorvem ou absorvem líquidos.

Pode-se observar que a coalescência não impede a contaminação líquida de atravessar todo o meio filtrante.

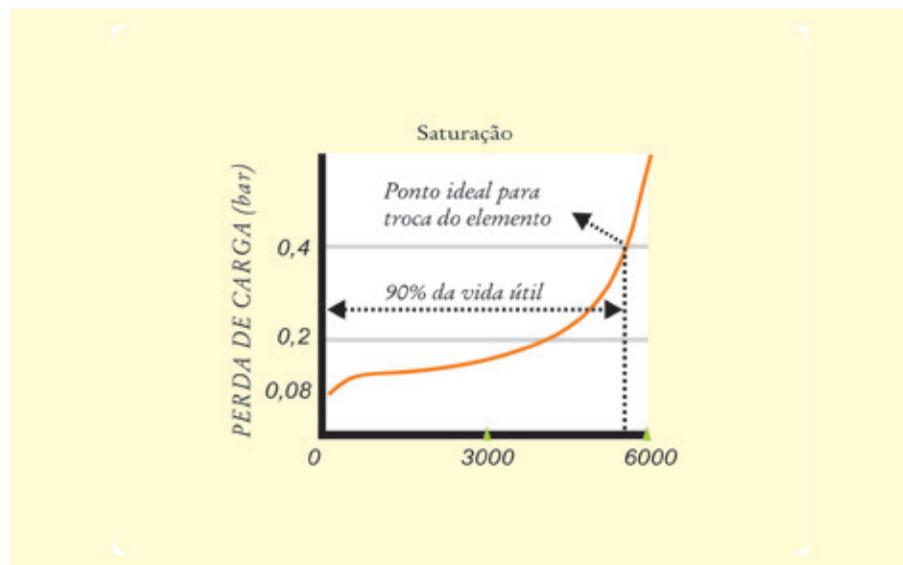
Ao contrário, ela permite que isso ocorra para que os contaminantes coalescidos possam dirigir-se ao fundo da carcaça do filtro pela ação da gravidade e sejam drenados para o exterior a partir desse ponto.

Portanto, um elemento coalescente somente poderá ficar saturado pela aglomeração de partículas sólidas no interior de suas fibras, ou seja, pelo efeito da retenção mecânica.

A emulsão de óleo e água causa, no máximo, a impregnação externa das fibras do elemento, diminuindo muito pouco a área de passagem do fluxo de ar, uma vez que 95% do volume de um elemento coalescente é formado por espaços vazios.

Por essa razão, os elementos coalescentes são descartáveis e ainda não existe um método para reciclá-los. Todavia, sua durabilidade (entre 4000h e 6000h) compensa essa limitação. Essa vida útil está baseada no período mais econômico de utilização do elemento coalescente, quando sua maior perda de carga ainda está limitada em 0,45~0,55 bar (6~8 psi), sendo que grande parte de sua operação esteve situada na faixa média de 0,2 bar (~3 psi).

Após esse período, manter um elemento coalescente em operação torna-se muito desvantajoso do ponto de vista energético.



Embora um elemento filtrante deva ser construído para suportar perdas de carga de até 2,5~3,0 bar, recomenda-se sua substituição com no máximo 1,0 bar, pois a perda de carga aumenta exponencialmente no final de sua vida útil, chegando rapidamente nos limites de resistência mecânica do elemento.

Pelas razões acima, a coalescência ainda é a forma mais econômica de separar os aerossóis de água e óleo de um sistema de ar comprimido.

Finalmente, os *filtros adsorvedores* destinam-se à remoção dos vapores de hidrocarbonetos (óleo) do fluxo de ar comprimido.

Em geral, estão posicionados depois do último filtro coalescente, pois ficam assim protegidos de qualquer contaminação na forma líquida que poderia atingi-los.

Também podem permanecer junto ao ponto-de-uso do ar comprimido, uma vez que seu uso é limitado à aplicações especiais.

O meio filtrante de um filtro adsorvedor é, via de regra, o carvão ativado, substância capaz de capturar aqueles vapores no seu interior. Embora seu

processo de filtração esteja baseado no efeito da adsorção (“*atração e adesão de moléculas de gases e líquidos na superfície de um sólido*” – ISO-8573/2.3), não se costuma realizar a regeneração/reativação do carvão ativado de um filtro adsorvedor.

## O secador de ar comprimido

Sua função é eliminar a umidade (líquido e vapor) do fluxo de ar.

Um secador deve estar apto a fornecer o ar comprimido com o *Ponto de Orvalho* especificado pelo usuário.

Ponto de Orvalho é a *temperatura na qual o vapor começa a condensar*.

Há dois conceitos principais de secadores de ar comprimido: por *refrigeração* (cujo Ponto de Orvalho padrão é +3 °C) e por *adsorção* (com Ponto de Orvalho mais comum de -40°C).

Os secadores de ar comprimido possuem uma norma internacional (ISO-7183) de especificações e testes.

Esta norma faz uma importante diferenciação dos secadores em função da localização geográfica dos mesmos. Faixas de temperatura de operação mais altas são definidas para equipamentos instalados em regiões mais quentes do planeta, exigindo uma adaptação dos mesmos a condições mais adversas.



## O secador por refrigeração

O secador por refrigeração opera resfriando o ar comprimido até temperaturas próximas a 0 °C, quando é possível obter-se a máxima condensação dos vapores de água e óleo (sem o risco de congelamento).

Na maioria dos modelos, um circuito frigorífico realiza essa tarefa.

No ponto mais frio do sistema, é importante uma eficiente separação dos condensados formados, evitando sua reentrada no fluxo de ar comprimido.

Dependendo do tipo de secador, isso é feito por separadores de condensado, filtros coalescentes e purgadores automáticos.

Depois de removido o condensado, a maioria dos secadores por refrigeração reaquece o ar comprimido (através do recuperador de calor, que reaproveita o calor do próprio ar comprimido na entrada do secador), devolvendo-o ao sistema numa condição mais adequada ao uso.

Ao entrar no secador, recomenda-se que o ar comprimido esteja numa temperatura próxima à ambiente, permitindo uma redução no consumo de energia do equipamento.

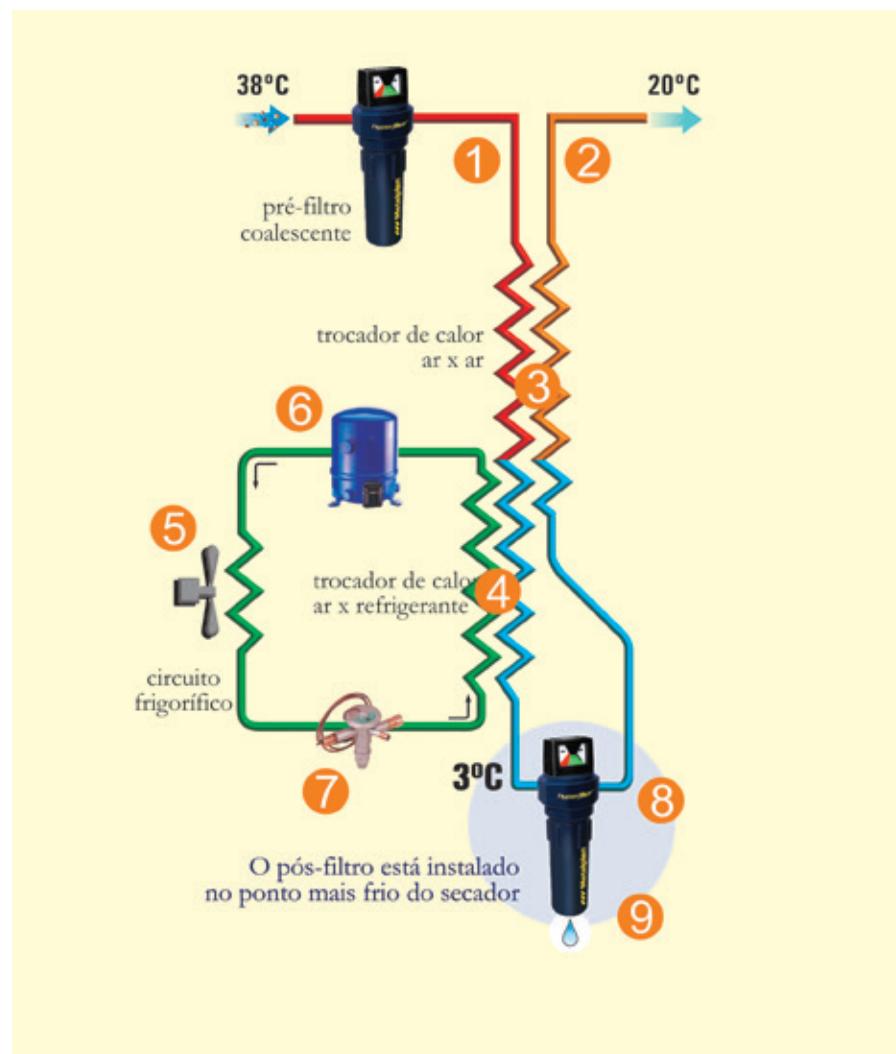
Se o secador for resfriado a ar, deve-se ter um cuidado especial com a temperatura ambiente onde será instalado.

Tabelas de correção são usuais para dimensionar o correto secador por refrigeração em função das condições de operação.

Em termos construtivos, um secador de ar por refrigeração é composto por trocadores de calor, um circuito frigorífico, separador de condensado, filtros coalescentes, purgador automático, painel elétrico e outros itens, podendo ser resfriado pelo ar ambiente ou por água.

O secador por refrigeração opera resfriando o ar comprimido até temperaturas próximas a 0 °C, quando é possível obter-se a máxima condensação dos vapores de água e óleo (sem o risco de congelamento).

Na maioria dos modelos, um circuito frigorífico realiza essa tarefa.



1 - Entrada do Ar Comprimido

2 - Saída do Ar Comprimido

3 - Recuperador de calor

4 - Evaporador

5 - Condensador

6 - Compressor Frigorífico

7 - Circuito de Refrigeração

8 - Separador de Condensados/  
Filtro Coalescente

9 - Purgador Automático

## O secador por adsorção

O *secador por adsorção* caracteriza-se por remover os vapores do ar comprimido sem condensá-los.

Devido ao baixo Ponto de Orvalho que conseguem proporcionar (até  $-100^{\circ}\text{C}$ ), são indicados para aplicações muito especiais, quando o secador por refrigeração deixa de ser eficaz.

Também em função de seu baixo Ponto de Orvalho, consomem muito mais energia do que os secadores por refrigeração, recomendando cautela na sua especificação.

A adsorção, como já foi dito, é o efeito de atração das moléculas de gases e líquidos para a superfície de um sólido (material adsorvedor), mantendo-as aderidas na mesma.

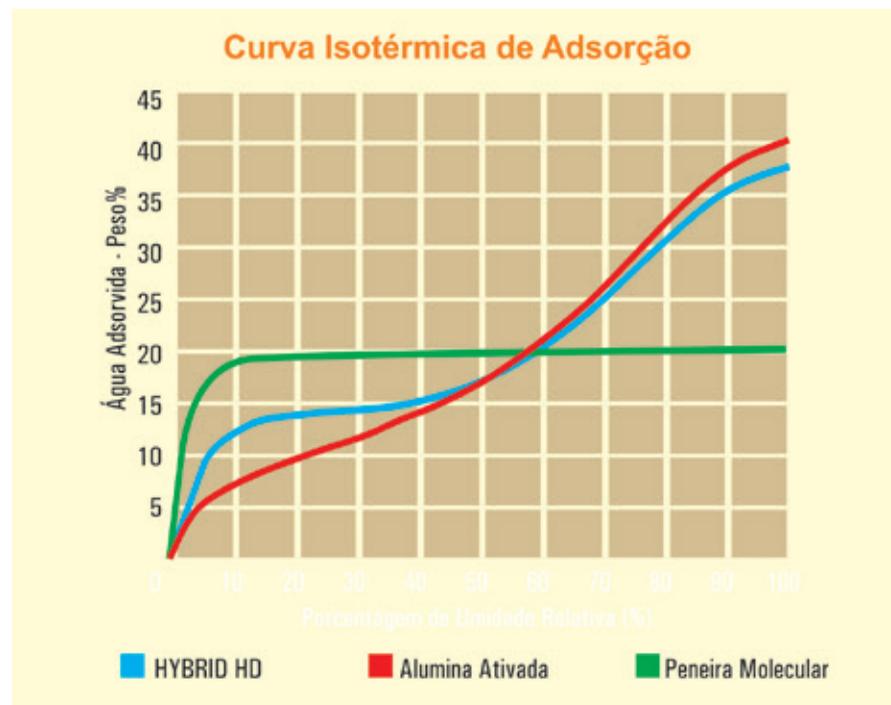


O material adsorvedor de um secador por adsorção tem um altíssimo poder de atração e retenção das moléculas de água sobre sua superfície.

Há diversos tipos de materiais adsorvedores (sílica-gel, alumina ativada, molecular sieve, H-156, etc.), cada um com características mais apropriadas a certos tipos de aplicação.

A superfície dos materiais adsorvedores atingem áreas de  $300\text{ m}^2$  por grama.

O gráfico abaixo exhibe o desempenho de diferentes tipos de materiais adsorvedores em função da umidade relativa.



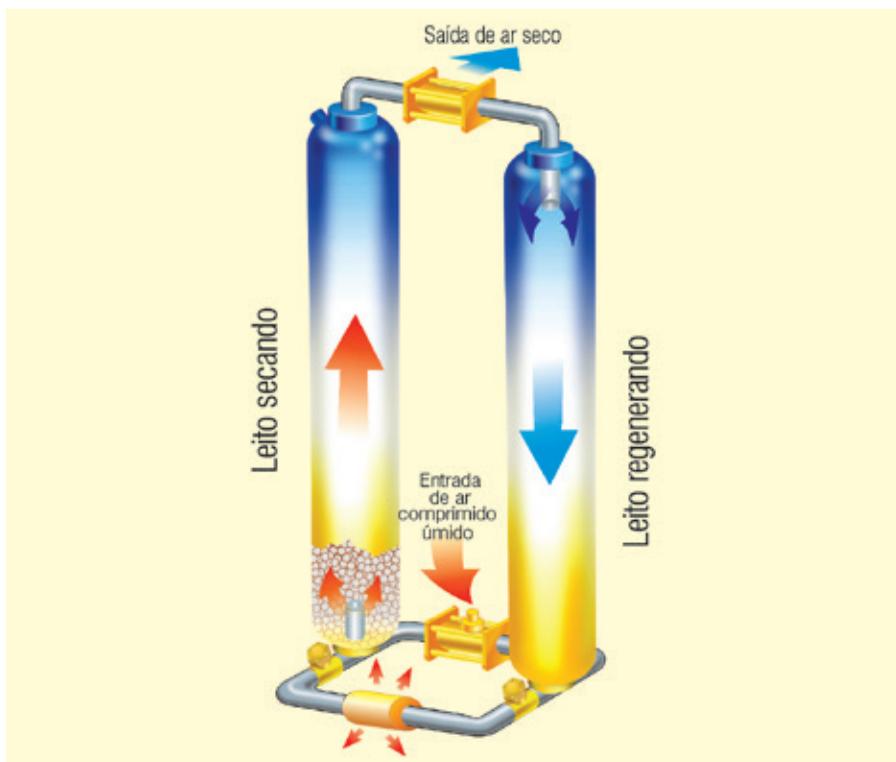
Alguns secadores por adsorção utilizam mais do que um tipo de material adsorvedor em seu leito de secagem, a fim de garantir o ponto de orvalho especificado.

Em geral, um secador por adsorção possui dois leitos de secagem, de modo a permitir que um leito esteja secando o ar comprimido, enquanto que o leito já saturado possa ser regenerado/reativado.

Em qualquer tipo de secador por adsorção, um fluxo de ar despressurizado e extremamente seco (pré-aquecido ou não) é o veículo condutor para a extração das moléculas de água do leito saturado no sentido oposto ao da secagem.

Um painel de comando determina a frequência e a amplitude dos ciclos de regeneração e adsorção deste tipo de secador.

Um sistema de válvulas também comandado pelo painel do secador permite que a umidade deixe o leito saturado para o meio-ambiente.



Em pequenas e médias vazões (até 3000 m<sup>3</sup>/h) e sempre que haja disponibilidade de ar comprimido para regeneração, os secadores por adsorção Heaterless mostram-se os mais indicados.

Quando o ar comprimido de regeneração torna-se mais escasso, seu substituto preferencial é o tipo Vacuum Assisted.

Entretanto, em altas vazões, o custo do ar comprimido para a regeneração passa a justificar a adoção dos secadores por adsorção com uma fonte auxiliar de calor.

Em termos construtivos, um secador por adsorção possui dois vasos sob pressão (leitos) verticais, base, tubulação de interligação, sistema de válvulas, silenciador de purga (muffler) e um painel de comando.

### Os secadores por adsorção subdividem-se pelo tipo de regeneração:

TIPO	OPERAÇÃO	AR DE REGENERAÇÃO	FONTE EXTERNA DE CALOR	CUSTO DE MANUTENÇÃO	VIDA DO MATERIAL ADSORVEDOR
Heaterless	Utiliza apenas o calor gerado na adsorção (processo exotérmico) para aquecer e regenerar o material adsorvedor do leito saturado. Consome bastante do próprio ar comprimido para esta tarefa.	15%	Não	Muito baixo	5 ~ 10 anos
Vacuum Assisted	É similar ao Heaterless, mas possui uma bomba de vácuo que reduz a contra-pressão exercida pela atmosfera, neutralizando as forças de atração/adeseção do material adsorvedor. Assim, é possível consumir pouco ar comprimido para a regeneração, mas gasta energia para gerar o vácuo.	1% a 2%	Não	Baixo	5 ~ 10 anos
Internally Heated	Possui uma resistência interna (elétrica ou a vapor) que aquece o leito saturado até a temperatura de regeneração, quando um pequeno fluxo de ar encarrega-se da purga. Se a resistência for usada apenas para aquecer o ar de regeneração, haverá a necessidade de um maior consumo de ar.	1% a 8%	Sim	Baixo	3 ~ 5 anos
Externally Heated	O fluxo de ar de regeneração é aquecido por uma resistência externa aos leitos/torres do secador. Há perdas significativas de calor para o meio-ambiente, obrigando um maior consumo de ar de regeneração, mas pode-se utilizar apenas uma resistência para os dois leitos e a manutenção fica simplificada.	8%	Sim	Baixo	3 ~ 5 anos
Blower Purge	É similar ao Externally Heated, mas possui um soprador que capta o ar ambiente, aquece-o e direciona-o ao leito a ser regenerado, eliminando o consumo de ar comprimido como ar de regeneração.	Zero	Sim	Médio	3 ~ 5 anos

# ARMAZENAMENTO DE AR COMPRIMIDO

Para o cálculo rápido do volume de um reservatório de ar, adota-se a seguinte regra:

## Para compressores de pistão:

Volume do reservatório = 20% da vazão total do sistema medida em m<sup>3</sup>/min.

Exemplo:

- Vazão total = 5 m<sup>3</sup>/min
- Volume do reserv. = 20% x 5 m<sup>3</sup>/min = 1,0 m<sup>3</sup>



## Para compressores rotativos:

Volume do reservatório = 10% da vazão total do sistema medida em m<sup>3</sup>/min.

Exemplo:

- Vazão total = 5 m<sup>3</sup>/min
- Volume do reserv. = 10% x 5 m<sup>3</sup>/min = 0,5 m<sup>3</sup>

Para um cálculo mais sofisticado, deve-se adotar uma fórmula que considera a vazão de ar requerida pelo sistema num determinado intervalo em função do decaimento máximo de pressão aceitável nesse intervalo.

Encontrado o volume total de armazenamento de ar necessário para o sistema, recomenda-se dividi-lo em dois reservatórios menores, de igual capacidade, sendo o primeiro instalado logo após o compressor de ar e antes do pré-filtro e o segundo logo após o pós-filtro.

Esse arranjo - um reservatório de ar úmido e um reservatório de ar puro e seco - traz inúmeros benefícios, como o ajuste perfeito do ciclo carga/alívio dos compressores, a proteção de todo o sistema contra vazamentos de óleo acidentais pelos compressores, o amortecimento de pulsações, a proteção dos rolamentos dos compressores, o fornecimento adequado de ar tratado para o consumo e a proteção dos equipamentos de tratamento de ar contra picos de vazão que viriam do primeiro reservatório, caso não houvesse o segundo.

Finalmente, um aspecto fundamental na seleção de reservatórios de ar comprimido é a segurança. A ocorrência de acidentes fatais envolvendo reservatórios fora de normas técnicas e sem as inspeções periódicas obrigatórias pela legislação brasileira é mais frequente do que se imagina.

# AirCare

Eficiência máxima no Pós-Venda



convênio exclusivo  
SENAI-Metalplan para  
a formação de mecânicos



## ELEVADOS INVESTIMENTOS NA FORMAÇÃO DOS MELHORES TÉCNICOS

A atenção que a Metalplan destina ao seu serviço de pós-venda, em especial à assistência técnica, revela uma empresa que compreende as necessidades do mercado, respeitando as regionalidades de um país como o Brasil.

Não importa onde você esteja, a Metalplan mantém técnicos altamente qualificados, treinados exaustivamente em nossa fábrica, sempre perto da sua empresa.

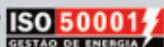


mais de  
**200 técnicos**  
especializados

mais de **70 oficinas**  
credenciadas  
em todo o Brasil

planos de manutenção  
customizados  
com a Rede SAM

primeiro fabricante  
de compressores do  
mundo certificado



Um reservatório deve sempre atender a PMTA (Pressão Máxima de Trabalho Admissível) do sistema, ser projetado, fabricado e testado conforme um conjunto de normas nacionais e internacionais (NR-13, ASME, etc.), possuir instalados seus acessórios mínimos obrigatórios (manômetro e válvula de segurança) e receber uma proteção anti-corrosiva interna e externa de acordo com sua exposição à oxidação.



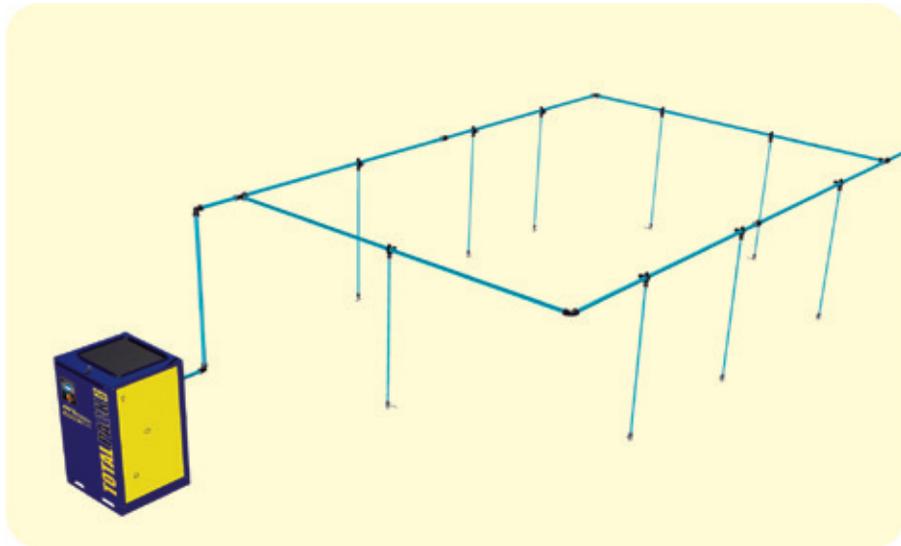
# DISTRIBUIÇÃO DE AR COMPRIMIDO

Uma rede de ar comprimido corretamente dimensionada garante uma baixa perda de carga (queda de pressão) entre a geração e o consumo, resultando num suprimento de ar adequado aos usuários, além de uma significativa economia de energia.

Sempre que possível, interligue entre si as extremidades da rede de ar, a fim de facilitar a equalização das pressões. O circuito em anel fechado é um lay-out de rede correto e bastante comum.

Mesmo que o ar comprimido seja tratado, convém construir a rede com uma pequena inclinação no sentido do fluxo de ar e instalar algumas válvulas nos pontos inferiores da mesma, visando captar o condensado formado durante eventuais paradas dos equipamentos de tratamento.

Com relação aos materiais da tubulação, dê preferência aos resistentes à oxidação, como aço galvanizado, aço inoxidável, alumínio, cobre e plásticos de engenharia. Utilize também conexões de raio longo para minimizar a perda de carga.



Para um bom desempenho de todo o sistema, não permita que os vazamentos ultrapassem 5% da vazão total do mesmo.

## Perda de carga na tubulação

m <sup>3</sup> m/h	Perda de carga (psig) por 10 metros de comprimento de um tubo com diâmetro:									
	1/2"	3/4"	1"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"
80	2,73	0,64	0,18							
170		2,51	0,70	0,08						
350			2,68	0,31	0,09					
500				0,68	0,19	0,08				
850				1,86	0,50	0,21				
1200					1,00	0,41	0,13			
1700					1,97	0,81	0,25			
2100						1,28	0,41	0,10		
2500						1,79	0,56	0,14		
3400							1,00	0,25	0,08	
4200							1,56	0,39	0,12	
5100							2,24	0,55	0,17	0,07
6800								0,97	0,30	0,12
10200								2,15	0,67	0,26
13600									1,18	0,46
17000									1,82	0,71

## Comprimento equivalente de tubulação (m)

	1/2"	3/4"	1"	1.1/2"	2"	2.1/2"	3"	4"	5"	6"
Cotovelo 90°	1,10	1,34	1,58	2,25	2,60	2,80	3,40	4,00	2,20	2,70
Curva 90°	0,67	0,70	0,83	1,00	1,10	1,10	1,20	1,40	1,50	1,70
Tê (fluxo dividido)	0,80	1,20	1,50	2,40	3,00	3,90	4,80	6,00	8,00	9,20
Válv. gaveta	0,17	0,20	0,25	0,37	0,46	0,52	0,58	0,76	0,95	0,98

até 4" = rosca  
5" e 6" = solda/flange



10 e 250 hp

## TOTALPACK FLEX DD

COMPRESSOR DE PARAFUSO  
COM SECADOR E FILTROS INTEGRADOS

TOTALMENTE INTEGRADO · TOTALMENTE FLEXÍVEL

### TOTALPACK FLEX/ POWERPACK FLEX VAZÕES X PRESSÕES

Potência hp (kW)	Vazão efetiva		Pressão	
	pcm	m <sup>3</sup> /h	bar(a)	psig
10 (7,5)	38,8	87,7	7,5	109
	34,5	82,1	9,8	131
	24,9	59,3	11,0	160
	22,2	54,7	12,5	181
15 (11)	61,4	144,4	7,5	109
	55,9	130,0	9,8	131
	41,3	97,2	11,0	160
	47,6	109,9	12,5	181
25 (18,5)	108,2	263,9	7,5	109
	99,5	244,2	9,8	131
	77,6	198,9	11,0	160
	80,6	207,0	12,5	181
30 (22)	123,3	296,4	7,5	109
	116,7	284,4	9,8	131
	98,1	231,0	11,0	160
	95,5	232,3	12,5	181
40 (30)	178,5	435,2	7,5	109
	167,1	412,2	9,8	131
	157,7	388,1	11,0	160
	142,1	341,9	12,5	181
50 (37)	216,8	538,7	7,5	109
	201,3	502,2	9,8	131
	188,8	461,3	11,0	160
	176,4	429,9	12,5	181
60* (45)	268,7	668,2	7,5	109
	233	586,1	9,8	131
	212,5	531,3	11,0	160
	198,4	499	12,5	181
75* (55)	338	861	7,5	109
	303,2	751,4	9,8	131
	264,4	643,5	11,0	160
	265,8	651,5	12,5	181
100* (75)	428	1028,3	7,5	109
	398,8	957,9	9,8	131
	368,8	896,8	11,0	160
	328,8	806,8	12,5	181
125* (90)	588,8	1437,1	7,5	109
	521,1	1287,8	9,8	131
	475,2	1162,8	11,0	160
	432,8	1095,4	12,5	181
150* (110)	718,8	1718,2	7,5	109
	667,4	1598,8	9,8	131
	612,8	1491,4	11,0	160
	598,8	1463,5	12,5	181

\* Dimensiones somente em 280V e 60Hz para modelos FLEX (servidor de frequência)

### TOTALPACK FLEX/ POWERPACK FLEX DIMENSÕES

Modelo	Dimensões (mm)		
	comp.	altura	larg.
PowerPack 010	482	1027	1027
TotalPack 010	482	1022	1040
PowerPack Flex 010	482	1022	1027
TotalPack Flex 010	482	1022	1042
PowerPack 015	580	1182	1027
TotalPack 015	580	1182	1042
PowerPack Flex 015	580	1182	1027
TotalPack Flex 015	580	1182	1042
PowerPack 025	627	1368	1227
TotalPack 025	627	1368	1242
PowerPack Flex 025	627	1368	1227
TotalPack Flex 025	627	1368	1242
PowerPack 030	1142	1465	1070
TotalPack 030	1142	1465	1070
PowerPack Flex 030	1142	1465	1070
TotalPack Flex 030	1142	1465	1070
PowerPack 040	1142	1465	1070
TotalPack 040	1142	1465	1070
PowerPack Flex 040	1142	1465	1070
TotalPack Flex 040	1142	1465	1070
PowerPack 050	1142	1465	1070
TotalPack 050	1142	1465	1070
PowerPack Flex 050	1142	1465	1070
TotalPack Flex 050	1142	1465	1070
PowerPack 060	1488	1833	1495
TotalPack 060	1488	1833	1495
PowerPack Flex 060	1488	1833	1495
TotalPack Flex 060	1488	1833	1495
PowerPack 075	1488	1833	1495
TotalPack 075	1488	1833	1495
PowerPack Flex 075	1488	1833	1495
TotalPack Flex 075	1488	1833	1495
PowerPack 100	1488	1833	1495
TotalPack 100	1488	1833	1495
PowerPack Flex 100	1488	1833	1495
TotalPack Flex 100	1488	1833	1495
PowerPack 125	1835	2324	1777
TotalPack 125	1835	2324	1777
PowerPack Flex 125	1835	2324	1777
TotalPack Flex 125	1835	2324	1777
PowerPack 150	1835	2324	1777
TotalPack 150	1835	2324	1777
PowerPack Flex 150	1835	2324	1777
TotalPack Flex 150	1835	2324	1777

Desempenha conforme ISO1217:2005, Anexo C e E

## ROTOR PLUS

O COMPRESSOR DE PARAFUSO  
LÍDER NA PEQUENA E MÉDIA EMPRESA

EXCLUSIVO! MÓDULOS INTEGRÁVEIS



Modelo	Potência		VAZÃO EFETIVA		Pressão		Energia (V/Hz)	Reservatório litros
	hp	kW	pcm	m <sup>3</sup> /h	bar(a)	psi		
Rotor Plus 004 (R4)	04	3,0	20,0	34,0	7,0	101	220/3/60 220/3/60 390/3/60	67
			16,4	27,5	10,0	145		
Rotor Plus 006 (R6)	06	4,5	28,2	47,9	7,0	101	220/3/60 390/3/60	97
			27,4	46,8	8,0	116		
			24,9	42,3	10,0	145		
			22,8	38,8	12,5	181		
Rotor Plus 010 (R10)	10	7,5	35,8	67,7	7,5	109	220/3/60 390/3/60 440/3/60	97
			36,5	62,1	9,0	131		
			34,9	59,3	11,0	160		
			32,2	54,7	12,5	181		
Rotor Plus 015 (R15)	15	11	61,4	104,4	7,5	109	220/3/60 390/3/60 440/3/60	152
			55,9	95,0	9,0	131		
			51,3	87,2	11,0	160		
			47,6	80,9	12,5	181		
Rotor Plus 025 (R25)	25	18,5	108,2	263,9	7,5	109	220/3/60 390/3/60 440/3/60	152
			96,8	244,2	9,0	131		
			87,8	218,9	11,0	160		
			80,8	207,0	12,5	181		

Selecione seu compressor de ar pela vazão efetiva do mesmo. Nos compressores de parafuso, a vazão efetiva é igual à vazão teórica. Nos compressores de pistão, a vazão efetiva é 30% menor do que a vazão teórica, também chamada de deslocamento teórico.

Vazio livre efetiva medida de acordo com a ISO-1217, Ed. 3, Anexo C - 1995



## ENERGY PLUS

SECADOR DE AR COMPRIMIDO COM PRÉ E PÓS-FILTROS INTEGRADOS



ISO 8573 PRÉ-FILTRO E PÓS-FILTRO NA SEQUÊNCIA CORRETA: UM ANTES E UM DEPOIS DO SECADOR.

Pré-filtro coalescente integrado grau M40	Secador	Pós-filtro coalescente integrado grau M20	Vazão		Conexão (polegadas)	Dimensões (mm)			Potência (W)	Energia	Condensação
			pcm	m³/h		comp.	altura	largura			
MFC-250-M40	MDR-250	MFC-250-M20	250	425	L2	522	710	650	2721	220/1160 380/3160 440/3160	AR
MFC-300-M40	MDR-300	MFC-300-M20	300	510	L2	1250	1600	490	2193		
MFC-400-M40	MDR-400	MFC-400-M20	400	680	L2	1250	1600	490	2935		
MFC-500-M40	MDR-500	MFC-500-M20	500	850	L2	1250	1600	490	3370		
MFC-600-M40	MDR-600	MFC-600-M20	600	1020	L2 1/2	1605	1840	560	3175		
MFC-800-M40	MDR-800	MFC-800-M20	800	1360	L2 1/2	1605	1840	560	4807		
MFC-1000-M40	MDR-1000	MFC-1000-M20	1000	1700	F4	1704	2150	1044	4774		
MFC-1500-M40	MDR-1500	MFC-1500-M20	1500	2550	F4	1704	2150	1044	6379		
MFC-2000-M40	MDR-2000	MFC-2000-M20	2000	3400	F4	1320	2400	1473	9228		
MFC-2500-M40	MDR-2500	MFC-2500-M20	2500	4250	F4	1320	2400	1473	10538		
MFC-3000-M40	MDR-3000	MFC-3000-M20	3000	5100	F6	2160	2090	1473	10827		
MFC-3600-M40	MDR-3600	MFC-3600-M20	3600	6120	F6	2160	2090	1473	12225		
MFC-4800-M40	MDR-4800	MFC-4800-M20	4800	8160	F8	2160	2090	1473	16603		
MFC-5800-M40	MDR-5800	MFC-5800-M20	5800	9880	F8	2530	2090	1473	21594		
MFC-7200-M40	MDR-7200	MFC-7200-M20	7200	12240	F8	3000	2090	1473	24590		
MFC-9600-M40	MDR-9600	MFC-9600-M20	9600	16320	F8	3280	2090	1473	36190		

L - Insa NPT F - Flange ANSI B 16.5 150



## TITAN PLUS

SECADOR DE AR COMPRIMIDO COM PRÉ E PÓS-FILTROS INTEGRADOS

MADE IN BRAZIL

EXCLUSIVO INTEGRÁVEL AO NOVO COMPRESSOR ROTOR PLUS



Pré-filtro coalescente integrado grau M40	Secador	Pós-filtro coalescente integrado grau M20	Vazão		Conexão (BSP)	Dimensões (mm)			Potência (kW)	Energia (Wh/ci)	Compressor ROTOR PLUS compatível
			pcm	m³/h		comp.	alt.	larg.			
MFC-040-M40*	Titan Plus 040	MFC-040-M20*	40	68	3/4"	480	660	312	0,3	220/1160	Rotor Plus-010
MFC-070-M40*	Titan Plus 070	MFC-070-M20*	70	119	3/4"	528	750	362	0,5		Rotor Plus-015
MFC-110-M40*	Titan Plus 110	MFC-110-M20*	110	187	3/4"	550	808	362	0,7		Rotor Plus-025
MFC-150-M40	Titan Plus 150	MFC-150-M20	150	255	1"	570	710	850	1,3		—
MFC-200-M40	Titan Plus 200	MFC-200-M20	200	340	1"	570	710	850	1,5		—
MFC-250-M40	Titan Plus 250	MFC-250-M20	250	425	2"	570	760	850	2,4		—

Condição de referência: ISO 2145-A1  
Pressão máxima de trabalho: 12,5 bar(a)  
Qualidade do ar: ISO 8573, classe 1.5.1

\*com elemento HE-Plus Genios



A temperatura do ar comprimido antes do secador não deve ser superior a 42°C. A capacidade do secador deve ser corrigida se as condições de operação forem diferentes das condições de projeto.

## SECADORES POR ABSORÇÃO

A RESPOSTA ECONÔMICA  
E DEFINITIVA PARA SECAR  
O AR COMPRIMIDO



- Projetados para compressores de pistão e de parafuso.
- Ideais para pintura, ferramentas pneumáticas, corte a plasma, etc.
- Aumentam a produtividade e a qualidade do sistema.
- Não consomem energia elétrica.
- Não consomem ar comprimido.
- Construídos em alumínio: livres de corrosão.
- Suporte para afixar na parede.
- Não contém partes móveis.

Secador	Vazão		Conexão (bsp)	Dimensões (mm)			Peso (kg)	Refil AquaSorb (kg)	Hyperfilter compatível
	pcm	m³/h		comp.	alt.	larg.			
Dental Air Purifier	6	10,2	1/2"	110	590	120	6	1	integrados M20/MA
TotalPoint	6	10,2	1/2"	110	590	120	6	1	integrados M40/M20
Air Point mini	10	17	3/4"	150	370	140	8	1,6	MFC-025-M40
Air Point	16	27,2	3/4"	150	760	140	13	5	MFC-025-M40
D4	20	34	3/4"	150	870	140	16	6	MFC-025-M40
D6	32	54,4	3/4"	150	760	270	26	10	MFC-050-M40

## PURGADORES AUTOMÁTICOS

**ZEROMATIC**  
magnético



- Perda ZERO de ar comprimido.
- Eficiência energética = 100%.
- Ecologicamente correto.
- Não utiliza eletricidade
- O mecanismo magnético abre a válvula instantaneamente.
- Remove o condensado de filtros, separadores mecânicos, reservatórios, secadores e redes de ar comprimido.
- Não entope e não emperra.

Vazão máx. de condensado	200l/h @ 7 bar(e)
Conexões	entrada: 1/2" NPT saída: 1/8"
Pressão min./máx. de operação	0/16 bar(e)
Temperatura máxima do condensado	50°C
Material da válvula (vedações/corpo)	viton/aço inoxidável
Material da carcaça	alumínio tratado contra corrosão

IP-65



**CRONOMATIC 6000**  
eletrônico

- Remove o condensado de todo o sistema de ar comprimido.
- Não entope e não emperra.
- Temporizador eletrônico.
- Grande orifício de purga garante alto fluxo de condensado.
- Display digital
- Teclado de membrana
- Alta capacidade de drenagem
- Marcação CE.

Vazão máx. de condensado	576 l/h @ 7 bar(e)
Intervalo de drenagem	1,0 a 59 min.
Duração de drenagem	1,0 a 59 seg.
Conexões	até 16 bar(e): 3/8"NPT - até 45 bar(e): 1/4"NPT
Temperatura máxima do condensado	90°C
Energia elétrica	220/1160 ou 110V e 50Hz (opc.)

# HYPERFILTER

## FILTROS COALESCENTES & ADSORVEDORES



GRAUS DE FILTRAÇÃO	M40 coalescente	M20 coalescente fino	MA adsorvedor (carvão ativado)
Residual de óleo (mg/m <sup>3</sup> )	0,5	0,01	0,003
Retenção de partículas (> 5µ)	1,0	0,01	0,01
Eficiência D.O.P. (%)	99,9	99,99	100

FATORES DE CORREÇÃO										
PRESSÃO (barrel)	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18
FATOR	0,85	0,75	0,68	1,0	1,13	1,38	1,63	1,88	2,13	2,38

LIMITES DE OPERAÇÃO		
COPO DE ALUMÍNIO ELEMENTO MA (carvão ativado)	TEMPERATURA 50°C	PRESSÃO 16,0 barrel
	30°C	

### Selecione o filtro pela vazão e não pela conexão

Modelo	Grau de filtração @ 7 barrel				Dimensão			Acessórios	
	M40		M20/MA		Altura	Largura	Conexão	PL16165 purgador de boba	DP- 276 manômetro diferencial
	Varão <sup>1</sup>	Varão <sup>1</sup>	Varão <sup>1</sup>	Varão <sup>1</sup>					
	pcms	m <sup>3</sup> /h	pcms	m <sup>3</sup> /h	mm	mm	pcL		
<b>INDICADOR DE VAZÃO</b>								STANDARD	OPCIONAL
MFC-0025	25	43	17	26	230	101	3%		
MFC-0050	50	85	34	58	230	101	3%		
MFC-0075	65	117	47	80	230	101	3%		
MFC-0110	109	185	74	125	278	101	3/4"		
MFC-0120	121	201	81	138	315	130	1"		
MFC-0200	205	362	141	241	415	130	1 1/2"		
MFC-0420	467	794	318	540	615	130	1 3/4"		
MFC-0700	691	1175	470	799	715	130	1 3/4"		
MFC-0810	1000	1700	680	1156	796	294	2"		
MFC-1350	1500	2550	1020	1734	1021	294	2"		
<b>INDICADOR DE PRESSÃO</b>								STANDARD	OPCIONAL
MFC-1950	2000	3400	1360	2312	875	390	3"		
MFC-2420	2500	4250	1700	2860	1129	390	3"		
MFC-4000	4000	6800	2720	4624	1553	556	6"		
MFC-5400	5500	9350	3740	6358	1260	556	6"		
MFC-6800	7000	11900	4760	8092	1260	556	6"		
MFC-8100	8000	13600	5440	9248	1467	656	8"		
MFC-10000	10000	17000	6900	11580	1467	656	8"		

1. Válvula de esfera desmontada pelo compressor a 20°C e 1 bar.

2. A filtração não altera o "ponto de orvalho" do ar. Se houver queda de temperatura após o filtro, poderá haver condensação.

3. A coalescência e a adsorção devem se dar a menor temperatura possível do ar, embora nunca abaixo de 0°C, evitando-se posterior condensação e fadiga do elemento.

# POLAR

## CHILLER DE ÁGUA

Controle preciso da condensação em condições ambientais rigorosas

Panel microprocessado Mastercontrol 2.0



Pintura eletrostática a pó faz do gabinete do Polar o mais resistente do mercado

Compressores frigoríficos herméticos tipo scroll proporcionam grande redução no consumo de energia

Modelo	Capacidade nominal kcal/h	Dimensões (mm)			Bomba de processo m <sup>3</sup> /h mca	Potência máxima kW	Reserv. água <sup>1</sup> litros	Fluido condens. <sup>2</sup> m <sup>3</sup> /h	Energia	Diâmetro tubulação <sup>3</sup> process. condensador	Peso kg
		larg	comp	alt							
PA-1	1000	440	750	650	0,8	30	1,7	25	900	3/4"	50
PA-2	2000	440	750	650	0,8	30	2,1	25	1800	3/4"	50
PA-3	3000	800	850	600	0,8	30	2,9	25	1800	3/4"	60
PA-5	5000	600	850	680	2,4	30	3,3	25	2300	3/4"	65
PA-8	9000	790	710	1300	2,6	30	5,2	50	3500	1"	280
PA-15	15000	850	1000	1400	4,3	30	6,7	75	6000	1 1/2"	400
PA-22	22000	850	1070	1800	6,3	30	8,5	80	8000	1 1/2"	570
PA-30	30000	850	1620	1950	8,8	30	12	125	17000	1 1/2"	600
PA-45	45000	850	1620	1950	12,8	30	18,3	155	17000	2"	800
PA-60	60000	850	2100	1950	17,1	30	25	200	25500	2"	900
PA-75	75000	1040	2420	2200	21,4	30	34,4	245	32000	2"	1250
PA-90	90000	1040	2420	2200	25,7	30	38,3	285	32000	2"	1350
PA-120	120000	1350	2750	2300	34,3	30	53,2	450	48000	3"	1500
<b>CONDENSADOR A AR</b>									220/1/50		
PW-9	9000	790	710	1200	2,8	30	4,8	50	2,8	1	1
PW-15	15000	850	1030	1100	4,1	30	6,3	75	4,6	1 1/2"	400
PW-22	22000	850	1095	1200	6,3	30	7,0	80	6,0	1 1/2"	570
PW-30	30000	850	1620	1510	8,6	30	9,1	125	7,2	1 1/2"	600
PW-45	45000	850	1620	1510	12,8	30	13,1	155	10,8	2"	800
PW-60	60000	850	2100	1510	17,1	30	20,0	200	14,4	2"	900
PW-75	75000	1040	2420	1830	21,4	30	25,2	245	18,0	2"	1250
PW-90	90000	1040	2420	1830	25,7	30	28,7	285	21,6	2"	1350
PW-120	120000	1350	2750	1900	34,3	30	39,2	450	28,8	3"	1500
<b>CONDENSADOR A ÁGUA</b>									220/3/80 500/3/80 400/3/80		

Nota:

1 - Capacidade útil para temperatura da água a 10°C  
2 - Condensação a MR, temperatura ambiente inferior a 20°C

3 - Condensação a ÁGUA, temperatura da água de troca inferior a 20°C e pressão mínima de 2 kgf/cm<sup>2</sup>

4 - Utilize somente para equipamento com reservatório interno  
5 - Conexão hidráulica conforme padrão BPP

## NOS ÚLTIMOS 30 ANOS, A METALPLAN PARTICIPOU DOS MAIORES PROJETOS DE AR COMPRIMIDO DO BRASIL.

Poucas empresas do segmento de ar comprimido podem exibir um *currículum* tão extenso quanto o da Metalplan.

Criamos produtos revolucionários, como o primeiro dreno eletrônico digital do mundo, o primeiro secador por refrigeração com filtros integrados e o menor compressor de parafuso existente, que conquistaram a preferência de consumidores de todos os portes.

Somos líderes em diversas categorias do mercado de ar comprimido, no Brasil e na América Latina.

Exportamos para 23 países, incluindo os Estados Unidos, há mais de 18 anos.

Exercemos papel importante para a evolução tecnológica do setor, com diversas ações institucionais:

- Traduzimos a norma ISO 8573, pioneiramente, em 1992;
- Coordenamos a publicação do Manual de Ar Comprimido e Gases (*Compressed Air and Gas Institute - USA*), em 2001;
- Idealizamos e lideramos a criação do único laboratório público de ar comprimido do hemisfério sul (LASAG), sediado no IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas) e inaugurado em 2010;

- Presidimos a Câmara Setorial de Ar Comprimido e Gases da ABIMAQ (2004-2008);

- Coordenamos a Comissão de Estudos de Compressores de Ar e Sistemas de Ar Comprimido da ABNT, desde 2008.

Por último, mas não menos importante, conquistamos para o Brasil a primeira certificação ISO 50001 (Gestão de Energia) do mundo, no segmento de ar comprimido, em 2012.

Nessas três décadas, fornecemos mais de 15 milhões de m<sup>3</sup>/h em filtros e secadores e mais de 100.000 hp em compressores de parafuso para clientes como Volkswagen, GM, Toyota, Honda, Vicunha, Souza Cruz, Rexam, Shell, Atlas-Schindler, Otis, Roche, BRF, Sandoz, Bayer, AMBEV, Tramontina, FIAT e muitos outros.



## PRIMEIRO FABRICANTE DE COMPRESSORES DO MUNDO CERTIFICADO ISO 50001 - GESTÃO DE ENERGIA

Segundo a Agência Internacional de Energia, as perdas dos sistemas de ar comprimido em todo o planeta atingem 300 MWh, equivalente a trinta hidrelétricas de Itaipu.

Em 2012, a Metalplan tornou-se o primeiro fabricante de compressores do mundo certificado ISO 50001 - Gestão de Energia, demonstrando nosso total compromisso com a eficiência energética, seja em nossas instalações, como nas instalações dos nossos clientes.

Nossa equipe de engenheiros é treinada para abordar cada negócio sob o aspecto energético, expandindo a visão do usuário para além dos parâmetros tradicionais.

Além disso, temos o maior índice de nacionalização entre todos os fabricantes instalados no Brasil, garantindo o acesso pleno às diversas linhas de financiamentos, tais como FINAME, Desenvolve SP, Cartão BNDES, entre outras.





Desde que entraram em operação, os compressores de parafuso da Metalplan têm contribuído fortemente para o sucesso da Cacau Show!

Alexandre Costa  
Presidente  
Cacau Show



Por operar com baixos custos e alta produtividade, a Coteminas tornou-se a maior indústria têxtil do mundo. Desde 1989, já adquirimos mais de 200.000m<sup>3</sup>/h em equipamentos de ar comprimido da Metalplan. Posso assegurar que somente a qualidade dos produtos e do atendimento da Metalplan justificam essa parceria de tantos anos.

Rogério Delmo  
Gerente Industrial  
Coteminas

## BIBLIOGRAFIA

International Standard ISO-8573-1- First edition 1991-12-15 Compressed air for general use Part 1: contaminants and quality classes

International Standard ISO-7183 - First edition 1986-03-15 Compressed air dryers – Specifications and testing

Occupational Safety and Health Standard (07-01-1999) OSHA 1910.134: respiratory protection

Compressed Air and Gas Handbook / CAGI John P. Rollins, editor – Fifth edition – 1989

Quality Standard for Instrument Air / Instrument Society of America ISA-S7.3 – 1975 (R1981)

O Tratamento de Ar Comprimido Como Fator de Redução de Custos na Indústria – CSAG – ABIMAQ – 2001

Pneumatic Fluid Power – Compressed Air Dryers – Methods for rating and testing NFPA/T3.27.3M R1-1981

Humidity of Compressed Air, Industrial and Engineering Chemistry E. M. Landsbaun, W. S. Dodds and L. F. Stutzman – Jan. 1955

Erosion by liquids, Machine Design F. J. Heymann – Dec. 10, 1970

Gas-Phase Adsorption, Handbook of Separation Techniques for Chemical Engineers Philip A. Schweitzer, Section 3.1, McGraw-Hill

Critical Thickness of Surface Film in Boundary Lubrication, Journal of Applied Mechanics I-Ming Feng and C. M. Chang – Sep. 1956

High Speed Impact Between a Liquid Drop and a Solid Surface, Journal of Applied Physics, vol.40, n. 13 F. J. Heymann – 1969

[www.knopressure.org](http://www.knopressure.org) - compressed air challenge



[www.metalplan.com.br](http://www.metalplan.com.br)