



Armstrong®
EXPERIÊNCIA IMPORTANTE

DIRETRIZES PARA CONSERVAÇÃO DE VAPOR

PARA DRENAGEM DE CONDENSADO

TRAZENDO ENERGIA PARA A TERRA

Diga energia. Pense meio ambiente.

E vice-versa. Qualquer empresa que tem consciência energética também demonstra consciência ambiental. Menos energia consumida significa menos desperdício, menos emissões e um meio ambiente mais saudável.

Em suma, ao integrar energia e meio ambiente, os custos que a indústria precisa pagar por ambos são reduzidos. Ao ajudar as empresas a gerenciar energia, os produtos e serviços da Armstrong também ajudam a proteger o meio ambiente.

A Armstrong compartilha know-how desde que inventou o purgador de vapor de balde invertido com eficiência energética em 1911. Desde então, a economia obtida pelos clientes comprovou repetidamente que conhecimento não compartilhado é energia desperdiçada.

Os desenvolvimentos e melhorias da Armstrong no projeto e na função do purgador de vapor geraram economias significativas de energia, tempo e dinheiro. Esta seção é fruto de décadas de compartilhamento e expansão do que aprendemos. Trata dos princípios operacionais de purgadores de vapor e descreve as aplicações específicas deles em uma ampla variedade de produtos e setores.

Esta seção também inclui Tabelas de recomendação que resumem as nossas conclusões sobre qual tipo de purgador proporcionará o desempenho ideal em uma determinada situação e o porquê.



Instruções para usar as Tabelas de recomendação.....	5
Tabelas de vapor.....	6
Conceitos básicos sobre vapor	8
O purgador de vapor de balde invertido.....	12
O purgador de vapor de boia e termostático	14
O purgador de vapor de disco controlado	15
O purgador de vapor termostático.....	16
O controlador automático de diferencial de condensado.....	17
Seleção de purgador.....	18

Como purgar

Sistemas de distribuição de vapor.....	20
Linhas de vapor superaquecido.....	24
Como purgar linhas de traço de vapor de purgadores.....	26
Equipamentos de aquecimento de ambientes	28
Aquecedores de ar de processo	31
Trocadores de calor tipo casco e tubo e serpentinas submersas.....	32
Evaporadores	35
Tachos encamisados.....	38
Equipamentos de câmara de vapor fechada e estacionária.....	40
Secadores rotativos que exigem drenagem por sifão	42
Tanques flash.....	44
Máquinas de absorção.....	46
Seleção de purgador e fatores de segurança.....	47
Instalação e testes de purgadores de vapor.....	50
Solução de problemas de purgadores de vapor.....	54
Dimensionamento de tubos para suprimento de vapor e linhas de retorno de condensado.....	56
Calor específico – Gravidade específica.....	58
Tabelas de engenharia úteis.....	59
Fatores de conversão.....	59

IMPORTANTE: esta seção resume os princípios gerais de instalação e funcionamento de purgadores de vapor, conforme descrito acima. A instalação e operação reais do equipamento de purga de vapor devem ser realizadas somente por pessoal experiente. A seleção ou instalação sempre deve ser acompanhada por assistência técnica competente ou orientação especializada. Estes dados nunca devem ser usados como substitutos para tal assistência técnica ou orientação. Recomendamos entrar em contato com a Armstrong ou um representante local para obter mais detalhes.



Instruções para usar as Tabelas de recomendação

Há uma Tabela de recomendação de referência rápida nas seções “COMO PURGAR” deste Manual, nas páginas 20 a 46.

Um sistema de códigos de recursos (que varia de A a Q) fornece informações rápidas.

A tabela inclui os tipos de purgador de vapor e as principais vantagens que Armstrong considera superiores para cada aplicação específica.

Por exemplo, suponha que você está procurando informações sobre o purgador adequado para usar em um tacho encamisado drenado por gravidade. Você deve:

1. Ir para a seção “Como purgar tachos encamisados”, nas páginas 38 a 39, e consultar o canto inferior direito da página 38. A Tabela de recomendação disponível naquele local está reimpressa abaixo para fins de conveniência. (Cada seção tem uma Tabela de recomendação.)
2. Localizar “Tachos encamisados, Drenagem por gravidade” na primeira coluna em “Equipamento sendo purgado” e consultar à direita para encontrar a “1ª opção e código do recurso” da Armstrong. Neste caso, a primeira opção é um IBLV e são listadas as letras B, C, E, K, N de códigos de recursos.
3. Em seguida, consultar a Tabela CG-5-2 abaixo, intitulada “Como vários tipos de purgador de vapor cumprem requisitos operacionais específicos” e seguir pela coluna da extrema esquerda até cada uma das letras B, C, E, K, N. A letra “B”, por exemplo, refere-se à capacidade do purgador de oferecer operação de conservação de energia.

4. Siga a linha de “B” à direita até chegar à coluna que corresponde à nossa primeira opção, neste caso, o balde invertido. Com base em testes e condições operacionais reais, o desempenho de conservação de energia do purgador de vapor de balde invertido foi classificado como “Excelente”. Siga esse mesmo procedimento para as letras restantes.

Abreviaturas

IB	Purgador de balde invertido
IBLV	Purgador de balde invertido com eliminador de ar grande
F&T	Purgador de boia e termostático
CD	Purgador de disco controlado ou termodinâmico
DC	Controlador automático de diferencial de condensado
CV	Válvula de retenção
T	Balde térmico
PRV	Válvula redutora de pressão

Tabela CG-5-1. Tabela de recomendação
(Consulte na tabela abaixo as referências de “Código do recurso”.)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Tachos encamisados, Drenagem por gravidade	IBLV B, C, E, K, N	F&T ou termostático
Tachos encamisados, Drenagem por sifão	DC B, C, E, G, H, K, N, P	IBLV

Tabela CG-5-2. Como vários tipos de purgador de vapor cumprem requisitos operacionais específicos

Código do recurso	Características	Balde invertido	F&T	Disco	Termostático	Controlador de diferencial	Orifício
A	Método de operação	(1) Intermitente	Contínuo	Intermitente	(2) Intermitente	Contínuo	Contínuo
B	Conservação de energia (tempo em serviço)	Excelente	Boa	Inadequada	Adequada	(3) Excelente	Inadequada
C	Resistência ao desgaste	Excelente	Boa	Inadequada	Adequada	Excelente	Inadequada
D	Resistência à corrosão	Excelente	Boa	Excelente	Boa	Excelente	Boa
E	Resistência a choques hidráulicos	Excelente	Inadequada	Excelente	(4) Inadequada	Excelente	Boa
F	Elimina ar e CO ₂ na temperatura do vapor	Sim	Não	Não	Não	Sim	Inadequado
G	Capacidade de eliminar ar a uma pressão muito baixa (0,02 barg)	Inadequada	Excelente	(5) NR	Boa	Excelente	Inadequada
H	Capacidade de lidar com cargas de ar na partida	Adequada	Excelente	Inadequada	Excelente	Excelente	Inadequada
I	Operação contra contrapressão	Excelente	Excelente	Inadequada	Excelente	Excelente	Inadequada
J	Resistência a danos por congelamento (6)	Boa	Inadequada	Boa	Boa	Boa	Excelente
K	Capacidade de purgar o sistema	Excelente	Adequada	Excelente	Boa	Excelente	Inadequada
L	Desempenho em cargas muito leves	Excelente	Excelente	Inadequado	Excelente	Excelente	Inadequado
M	Resposta a ondas de condensado	Imediata	Imediata	Atrasada	Atrasada	Imediata	Inadequada
N	Capacidade de lidar com sujeira	Excelente	Inadequada	Inadequada	Adequada	Excelente	Inadequada
O	Tamanho físico comparativo	(7) Grande	Grande	Pequeno	Pequeno	Grande	Pequeno
P	Capacidade de lidar com “vapor flash”	Adequada	Inadequada	Inadequada	Inadequada	Excelente	Inadequada
Q	Falha mecânica (aberto ou fechado)	Aberto	Fechado	(8) Aberto	(9)	Aberto	N/A

(1) A drenagem de condensado é contínua. A descarga é intermitente.

(2) Pode ser contínuo em carga baixa.

(3) Excelente quando se utiliza “vapor secundário”.

(4) Purgadores bimetálicos e de wafer — boa.

(5) Não recomendado para operações de baixa pressão.

(6) Purgadores de ferro fundido não são recomendados.

(7) Em construção de aço inoxidável soldado — médio.

(8) Pode falhar fechado devido à sujeira.

(9) Pode falhar aberto ou fechado, dependendo do projeto dos foles.

O que são e como usá-las

As quantidades de calor e as relações temperatura/pressão mencionadas nesta seção são obtidas da tabela Propriedades do vapor saturado.

Definições dos termos usados

Vapor saturado é vapor puro na temperatura que corresponde à temperatura de ebulição da água na pressão existente.

Pressões absoluta e manométrica

(Coluna 1). A pressão absoluta é a pressão em bar (bar(a)) acima de um vácuo perfeito. A pressão manométrica é a pressão em bar (barg) acima da pressão atmosférica, que é 1 bar absoluto. A pressão manométrica (barg) mais 1 é igual à pressão absoluta. Ou, a pressão absoluta em bar menos 1 é igual à pressão manométrica.

Relação pressão/temperatura (Colunas 1 e 2). Para cada pressão de vapor saturado há uma temperatura correspondente. Exemplo: a temperatura de vapor saturado a 9 barg é sempre de 179,9 °C.

Volume específico de vapor (Coluna 3). O volume por unidade de massa em m³/kg.

Calor do líquido saturado (Colunas 4 e 6). É a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um quilograma de água de 0 °C para o ponto de ebulição à pressão e temperatura mostradas. É expresso em quilojoules (kJ) ou quilocalorias (kcal).

Calor latente ou calor de vaporização (Colunas 5 e 7). A quantidade de calor necessária para alterar um quilograma de água em ebulição para um quilograma de vapor. Essa mesma quantidade de calor é liberada quando um quilograma de vapor é condensado de volta em um quilograma de água. Essa quantidade de calor é diferente para cada combinação de pressão/temperatura, como mostrado na tabela de vapor.

Como a tabela é usada

Além de determinar as relações de pressão/temperatura, você pode calcular a quantidade de vapor que será condensado por qualquer unidade de calor com saída em kJ (Kcal) conhecida.

De modo inverso, a tabela pode ser usada para determinar a saída em kJ (kcal) se a taxa de condensação do vapor for conhecida. Na parte de aplicação desta seção, há diversas referências ao uso da tabela de vapor.

Tabela CG-6-1. Propriedades do vapor saturado

Pressão do vapor (bar abs.)	Temp. do vapor (°C)	Volume espec. (m ³ /kg)	Quilojoules		Quilocalorias	
			Calor do líquido saturado (kJ/kg)	Calor latente (kJ/kg)	Calor do líquido saturado (kcal/kg)	Calor latente (kcal/kg)
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7
P	t	SV	q	r	q	r
0,01	7,0	129,20	29	2484	7,0	593,5
0,02	17,5	67,01	73	2460	17,5	587,6
0,03	24,1	45,67	101	2444	24,1	583,9
0,04	29,0	34,80	121	2433	28,9	581,2
0,05	32,9	28,19	138	2423	32,9	578,9
0,06	36,2	23,47	151	2415	36,2	577,0
0,07	39,0	20,53	163	2409	39,0	575,5
0,08	41,5	18,10	174	2403	41,5	574,0
0,09	43,8	16,20	183	2398	43,7	572,8
0,10	45,8	14,67	192	2393	45,8	571,8
0,20	60,1	7650	251	2358	60,1	563,3
0,30	69,1	5229	289	2335	69,1	558,0
0,40	75,9	3993	317	2319	75,8	554,0
0,50	81,3	3240	340	2305	81,3	550,7
0,60	86,0	2732	359	2293	85,9	547,9
0,70	90,0	2365	376	2283	89,9	545,5
0,80	93,5	2087	391	2274	93,5	543,2
0,90	96,7	1869	405	2265	96,7	541,2
1,00	99,6	1694	417	2257	99,7	539,3
1,50	111,4	1159	467	2226	111,5	531,8
2,00	120,2	0,8854	504	2201	120,5	525,9
2,50	127,4	0,7184	535	2181	127,8	521,0
3,00	133,5	0,6056	561	2163	134,1	516,7
3,50	138,9	0,5240	584	2147	139,5	512,9
4,00	143,6	0,4622	604	2133	144,4	509,5
4,50	147,9	0,4138	623	2119	148,8	506,3
5,00	151,8	0,3747	640	2107	152,8	503,4
6,00	158,8	0,3155	670	2084	160,1	498,0
7,00	164,9	0,2727	696	2065	166,4	493,3
8,00	170,4	0,2403	721	2046	172,2	488,8
9,00	175,4	0,2148	742	2029	177,3	484,8
10,00	179,9	0,1943	762	2013	182,1	481,0
11,00	184,1	0,1774	778	1998	186,5	477,4
12,00	188,0	0,1632	798	1983	190,7	473,9
13,00	191,6	0,1511	814	1970	194,5	470,8
14,00	195,0	0,1407	830	1958	198,2	467,7
15,00	198,3	0,1317	844	1945	201,7	464,7
16,00	201,4	0,1237	858	1933	205,1	461,7
17,00	204,3	0,1166	871	1921	208,2	459,0
18,00	207,1	0,1103	884	1910	211,2	456,3
19,00	209,8	0,10470	897	1899	214,2	453,6
20,00	212,4	0,09954	908	1888	217,0	451,1
25,00	223,9	0,07991	961	1839	229,7	439,3
30,00	233,8	0,06663	1008	1794	240,8	428,5
40,00	250,3	0,04975	1087	1712	259,7	409,1
50,00	263,9	0,03943	1154	1640	275,7	391,7
60,00	275,6	0,03244	1213	1571	289,8	375,4
70,00	285,8	0,02737	1267	1505	302,7	359,7
80,00	295,0	0,02353	1317	1442	314,6	344,6
90,00	303,3	0,02050	1363	1380	325,7	329,8
100,00	311,0	0,01804	1407	1319	336,3	315,2
110,00	318,1	0,01601	1450	1258	346,5	300,6
120,00	324,7	0,01428	1492	1197	356,3	286,0
130,00	330,8	0,01280	1532	1135	365,9	271,1
140,00	336,6	0,01150	1571	1070	375,4	255,7
150,00	342,1	0,010340	1610	1004	384,7	239,9
200,00	365,7	0,005877	1826	592	436,2	141,4

1 kcal = 4,186 kJ

1 kJ = 0,24 kcal

Tabelas de vapor

Vapor flash (secundário)

O que é vapor flash? Quando condensado quente ou água da caldeira, sob pressão, é liberado para uma pressão mais baixa, parte evapora-se novamente, transformando-se no que é conhecido como vapor flash.

Por que isso é importante? Esse vapor flash é importante porque contém unidades de calor que podem ser reaproveitadas para uma operação mais econômica da fábrica — e que, de outra forma, seriam desperdiçadas.

Como ele se forma? Quando a água é aquecida na pressão atmosférica (1,013 bar(a)), sua temperatura aumenta até atingir 100 °C, a temperatura mais alta em que a água pode existir nessa pressão. O calor adicional não aumenta a temperatura, mas converte a água em vapor.

O calor absorvido pela água para elevar sua temperatura até o ponto de ebulição chama-se "calor sensível" ou calor do líquido saturado. O calor necessário para converter água no ponto de ebulição em vapor na mesma temperatura é chamado de "calor latente". A unidade de calor em uso comum é o kJ. A quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de um kg de água em 1 °C na pressão atmosférica é igual a 4,186 kJ.

No entanto, se a água for aquecida sob pressão, o ponto de ebulição é superior a 100 °C, portanto, o calor sensível necessário é maior. Quanto maior a pressão, maior é a temperatura de ebulição e maior é o teor de calor. Se a pressão for reduzida, uma determinada quantidade de calor sensível é liberada. Esse calor em excesso será absorvido na forma de calor latente, fazendo parte da água se transformar em "vapor flash".

O condensado na temperatura do vapor e sob pressão de 10 bar(a) tem um teor de calor de 762 kJ/kg. (Consulte a Coluna 4 na Tabela de vapor.) Se esse condensado for descarregado na pressão atmosférica (1 bar(a)), seu teor de calor cai instantaneamente para 417 kJ/kg. O excedente de 345 kJ evapora novamente ou transforma uma parte do condensado em vapor flash. A porcentagem que se transforma em vapor flash pode ser calculada usando a fórmula:

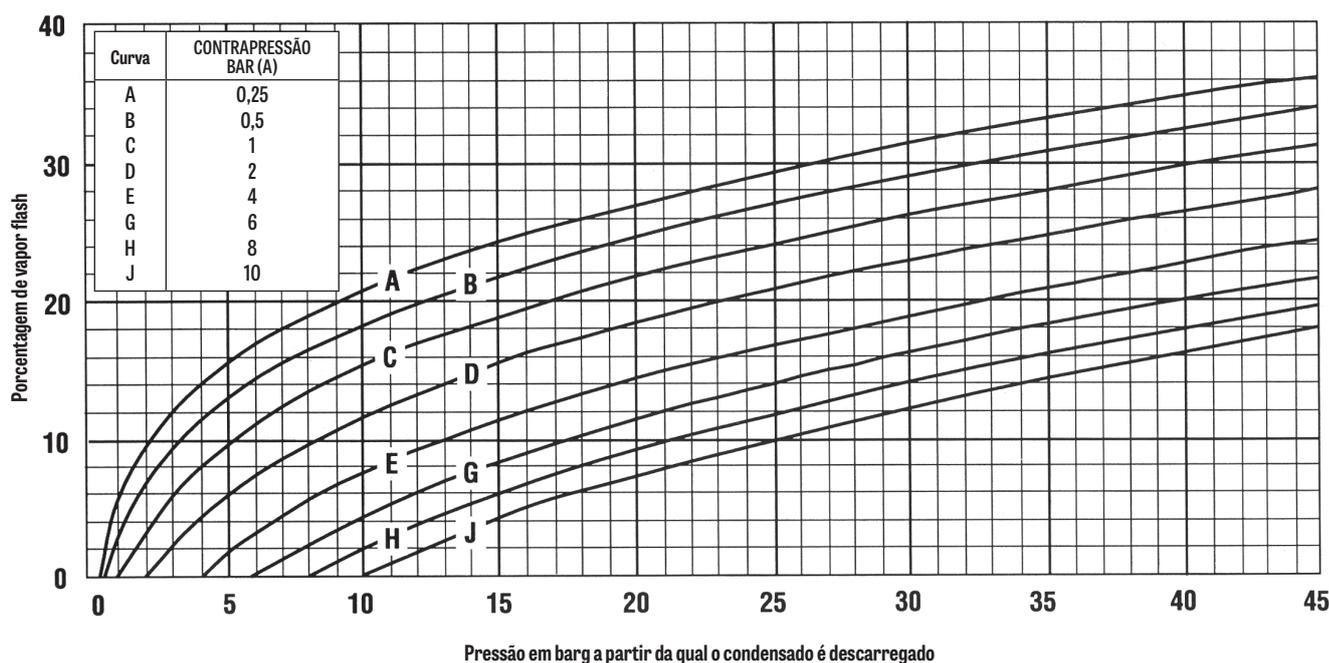
$$\% \text{ vapor flash} = \frac{q_1 - q_2}{r} \times 100$$

- q1 = calor sensível no condensado a uma pressão mais alta antes da descarga.
- q2 = calor sensível no condensado na pressão mais baixa na qual ocorre a descarga.
- r = calor latente no vapor na pressão mais baixa na qual o condensado foi descarregado.

$$\% \text{ vapor flash} = \frac{762 - 417}{2257} \times 100 = 15,3\%$$

O Gráfico CG-7-1 mostra a quantidade de vapor secundário que será formada ao descarregar condensado em diferentes pressões. **Encontre outras tabelas úteis na página 59 (Tabelas de engenharia úteis).**

Gráfico CG-7-1. Porcentagem de vapor flash formado ao descarregar condensado em uma pressão reduzida.



Vapor é um gás invisível gerado pela adição de energia térmica à água em uma caldeira. Deve ser adicionada energia suficiente para aumentar a temperatura da água até o ponto de ebulição. Em seguida, energia adicional — sem nenhum aumento adicional na temperatura — transforma a água em vapor.

Vapor é um meio de transferência de calor muito eficiente e facilmente controlado. É usado mais frequentemente para transportar energia de um local central (a caldeira) para vários locais na fábrica, onde é usado para aquecer ar, água ou aplicações de processos.

Como observado, são necessários kJ adicionais para que água em ebulição se transforme em vapor. Esses kJ não são perdidos, mas sim armazenados no vapor pronto para ser liberado para aquecer o ar, cozinhar tomates, passar calças ou secar um rolo de papel.

O calor necessário para transformar água em ebulição em vapor é chamado de calor de vaporização ou calor latente. A quantidade de calor é diferente para cada combinação de pressão/temperatura, como mostrado nas tabelas de vapor.

O vapor em ação:

Como o calor do vapor é utilizado

O calor escapa de um nível de temperatura mais alto para um nível de temperatura mais baixo em um processo conhecido como transferência de calor. Iniciando na câmara de combustão da caldeira, o calor escapa através dos tubos da caldeira até a água. Quando a pressão mais alta na caldeira empurra o vapor para fora, ele aquece os tubos do sistema de distribuição. O calor do vapor escapa através das paredes dos tubos para o ar adjacente mais frio. Essa transferência de calor transforma parte do vapor de volta em água. É por isso que as linhas de distribuição normalmente são isoladas para minimizar essa transferência de calor ineficiente e indesejável.

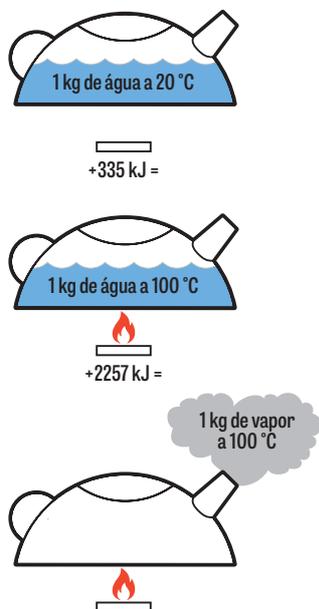


Figura CG-8-1. Estes desenhos mostram quanto calor é necessário para gerar um kg de vapor em pressão atmosférica. Observe que são necessários 4,186 kJ para cada aumento de temperatura de 1 °C até o ponto de ebulição, mas que são precisos muito mais kJ para transformar água a 100 °C em vapor a 100 °C.

Quando o vapor alcança os trocadores de calor no sistema, a história é diferente. Nesse ponto, a transferência de calor do vapor é desejável. O calor escapa para o ar em um aquecedor de ar, para a água em um aquecedor de água ou para alimentos em um tacho de cozimento. Nada deve interferir nessa transferência de calor.

Drenagem de condensado:

Por que é necessária

Condensado é o subproduto da transferência de calor em um sistema de vapor. Forma-se no sistema de distribuição devido à inevitável radiação. Também se forma em equipamentos de aquecimento e processos como consequência da desejável transferência de calor do vapor para a substância a ser aquecida. Após o vapor se condensar e liberar o seu valioso calor latente, o condensado quente deve ser removido imediatamente. Embora o calor disponível em um quilograma de condensado seja quase insignificante em comparação ao calor em um quilograma de vapor, o condensado continua sendo água quente preciosa e deve ser retornado à caldeira.

Definições

0 kJ. 4,186 kJ (quilojoules) é a quantidade de energia térmica necessária para elevar a temperatura de um kg de água fria em 1 °C. Ou, 4,186 kJ é a quantidade de energia térmica liberada por um kg de água em resfriamento, por exemplo, de 20 °C para 19 °C.

Temperatura. O grau de calor sem considerar a quantidade de energia térmica disponível.

Calor. Uma medida de energia disponível sem considerar a temperatura. Para ilustrar, os 4,186 kJ que elevam um kg de água de 10 °C para 11 °C podem vir do ar adjacente a uma temperatura de 20 °C ou de uma chama a uma temperatura de 500 °C.

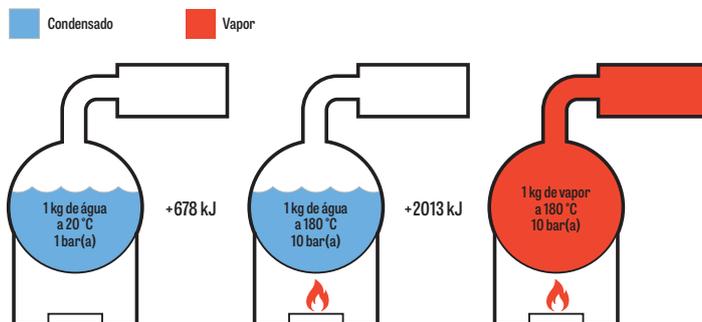


Figura CG-8-2. Estes desenhos mostram quanto calor é necessário para gerar um kg de vapor a uma pressão de 10 bar(a). Observe o calor adicional e a temperatura mais alta necessários para fazer a água ferver a uma pressão de 10 bar(a) em comparação com a pressão atmosférica. Note também a quantidade menor de calor necessária para transformar água em vapor a uma temperatura mais elevada.

Conceitos básicos sobre vapor

A necessidade de drenar o sistema de distribuição. Condensado no fundo de linhas de vapor pode ser a causa de um tipo de golpe de aríete. Vapor se deslocando a até 150 km por hora cria "ondas" conforme passa sobre esse condensado (Figura CG-9-2). Se condensado suficiente se formar, vapor em alta velocidade arrasta-o, criando uma onda perigosa que cresce cada vez mais à medida que coleta líquido à sua frente. Qualquer coisa que altere a direção — conexões de tubulação, válvulas reguladoras, Tês, cotovelos, flanges cegos — pode ser destruída. Além dos danos causados por esse "aríete", água em alta velocidade pode causar erosão lascando superfícies metálicas.

A necessidade de drenar a unidade de transferência de calor. Quando o vapor entra em contato com condensado resfriado abaixo da temperatura do vapor, ele pode produzir outro tipo de golpe de aríete conhecido como choque térmico. O vapor ocupa um volume muito maior do que o condensado e, quando colapsa repentinamente, pode enviar ondas de choque por todo o sistema. Essa forma de golpe de aríete pode danificar equipamentos e sinaliza que o condensado não está sendo drenado do sistema.

Obviamente, condensado na unidade de transferência de calor ocupa espaço e reduz o tamanho físico e a capacidade do equipamento. Removê-lo rapidamente mantém a unidade cheia de vapor (Figura CG-9-3). Conforme o vapor se condensa, ele forma uma película de água no interior do trocador de calor. Gases não condensáveis não se transformam em líquido e escoam por gravidade. Em vez disso, acumulam-se como uma fina película na superfície do trocador de calor — juntamente com sujeira e incrustações. Todos são possíveis barreiras à transferência de calor (Figura CG-9-1).

A necessidade de remover ar e CO₂. Sempre há ar durante a partida do equipamento e na água de alimentação da caldeira. A água de alimentação também pode conter carbonatos dissolvidos, que liberam o gás dióxido de carbono. A velocidade do vapor empurra os gases para as paredes dos trocadores de calor, onde podem bloquear a transferência de calor. Isso causa o problema de drenagem de condensado, pois esses gases devem ser removidos juntamente com o condensado.

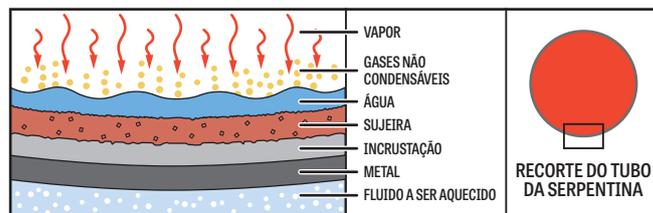


Figura CG-9-1. Barreiras em potencial à transferência de calor: o calor e a temperatura do vapor precisam atravessar essas barreiras para exercer sua função.

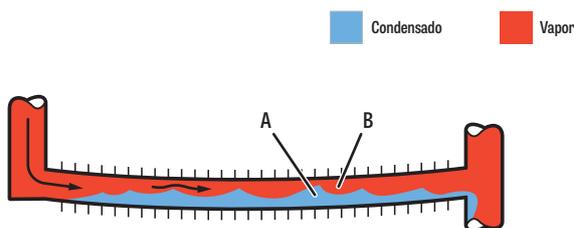


Figura CG-9-2. O condensado que se acumula em canos ou tubos é arrastado em ondas pelo vapor que passa por cima até bloquear o fluxo de vapor no ponto A. O condensado na área B causa um diferencial de pressão que permite que a pressão do vapor arraste a onda de condensado como um aríete.

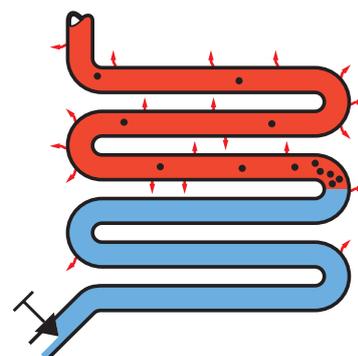


Figura CG-9-3. Uma serpentina com metade de seu volume cheio de condensado não consegue operar em capacidade máxima.

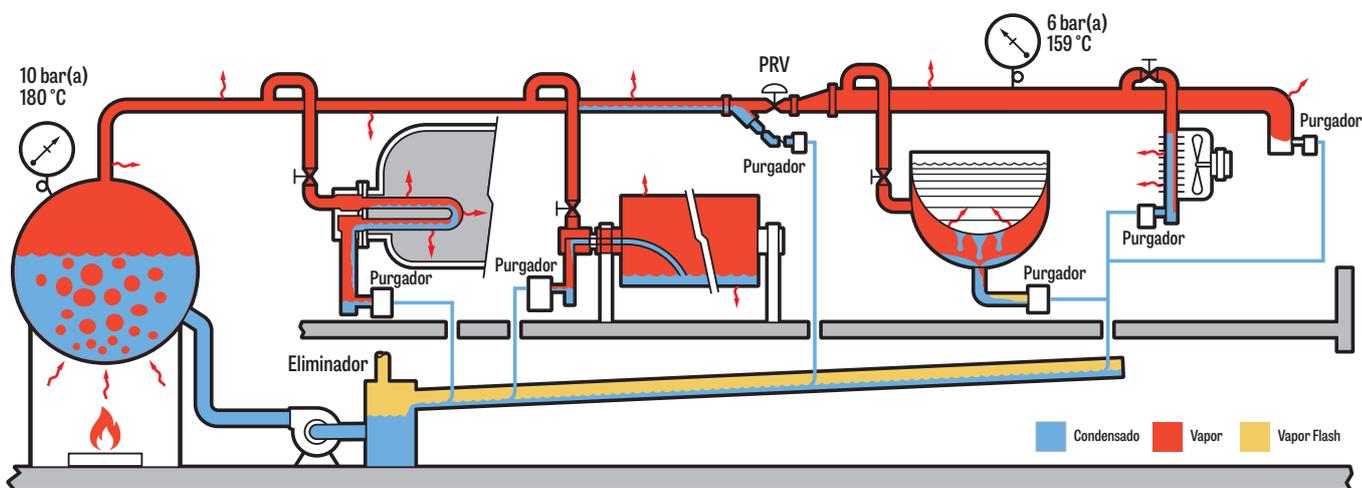


Figura CG-9-4. Observe que a radiação de calor do sistema de distribuição provoca a formação de condensado e, portanto, requer purgadores de vapor em pontos baixos naturais ou antes das válvulas de controle. Nos trocadores de calor, os purgadores executam a função vital de remover o condensado antes de ele se tornar uma barreira para a transferência de calor. Condensado quente é retornado através dos purgadores para a caldeira para reutilização.

Efeito do ar na temperatura do vapor

Quando ar e outros gases entram no sistema de vapor, eles consomem parte do volume que o vapor ocuparia. A temperatura da mistura ar/vapor cai abaixo da do vapor puro. A Figura CG-10-1 explica o efeito do ar nas linhas de vapor. A Tabela CG-10-1 e o Gráfico CG-10-1 mostram as várias reduções de temperatura causadas pelo ar em diversas porcentagens e pressões.

Efeito do ar na transferência de calor

O fluxo normal de vapor em direção à superfície do trocador de calor transporta ar e outros gases com ele. Como não se condensam e drenam por gravidade, esses gases não condensáveis formam uma barreira entre o vapor e a superfície do trocador de calor. As excelentes propriedades isolantes do ar reduzem a transferência de calor. Na verdade, em determinadas condições, até mesmo 0,5% do volume de ar no vapor pode reduzir a eficiência de transferência de calor em 50% (Figura CG-11-1).

Quando gases não condensáveis (principalmente ar) continuam a se acumular e não são removidos, eles podem encher gradualmente o trocador de calor com gases e interromper completamente o fluxo de vapor. A unidade então fica "obstruída por ar".

Corrosão

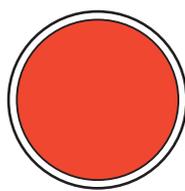
As duas causas principais de incrustação e corrosão são o dióxido de carbono (CO₂) e o oxigênio (O₂). CO₂ entra no sistema como carbonatos dissolvidos na água de alimentação e, quando misturado com condensado resfriado, cria ácido carbônico. O extremamente corrosivo ácido carbônico pode desgastar a tubulação e os trocadores de calor (Figura CG-11-2). Oxigênio entra no sistema como gás dissolvido na água de alimentação fria. Ele agrava a ação do ácido carbônico, acelerando a corrosão e causando a formação de alvéolos ("pites") em superfícies de ferro e aço (Figura CG-11-3).

Eliminação de indesejáveis

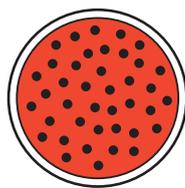
Resumindo, os purgadores precisam drenar o condensado porque ele pode reduzir a transferência de calor e causar um golpe de aríete. Purgadores devem evacuar o ar e outros gases não condensáveis porque podem reduzir a transferência de calor diminuindo a temperatura do vapor e isolando o sistema. Eles também podem causar corrosão destrutiva. É essencial remover condensado, ar e CO₂ da forma mais rápida e completa possível. Um purgador de vapor, que é simplesmente uma válvula automática que abre para condensado, ar e CO₂ e fecha para vapor, faz esse trabalho. Por motivos econômicos, o purgador de vapor deve fazer o seu trabalho por longos períodos com o mínimo de atenção.

Tabela CG-10-1. Redução da temperatura causada pelo ar

Pressão (bar(a))	Temperatura do vapor, sem ar presente (°C)	Temperatura do vapor misturado com várias porcentagens de ar (por volume) (°C)		
		10%	20%	30%
2	120,2	116,7	113,0	110,0
4	143,6	140,0	135,5	131,1
6	158,8	154,5	150,3	145,1
8	170,4	165,9	161,3	155,9
10	179,9	175,4	170,4	165,0



Câmara de vapor com 100% de vapor
Pressão total de 10 bar(a)
Pressão do vapor de 10 bar(a)
Temperatura do vapor de 180 °C



Câmara de vapor com 90% de vapor e 10% de ar
Pressão total de 10 bar(a)
Pressão do vapor de 9 bar(a)
Temperatura do vapor de 175,4 °C

Figura CG-10-1. Uma câmara que contém ar e vapor distribui apenas o calor da pressão parcial do vapor, não da pressão total.

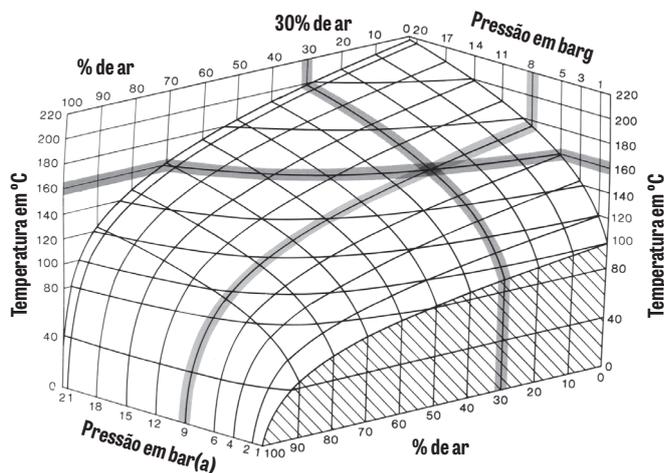


Gráfico CG-10-1. Mistura ar/vapor

Redução da temperatura causada por várias porcentagens de ar em diferentes pressões. Este gráfico determina a porcentagem de ar com pressão e temperatura conhecidas determinando o ponto de intersecção entre pressão, temperatura e porcentagem de ar por volume. Por exemplo, considere uma pressão do sistema de 9 bar(a) com uma temperatura no trocador de calor de 160 °C.

Com base no gráfico, determina-se que há 30% de ar por volume no vapor.

Conceitos básicos sobre vapor

O que o purgador de vapor precisa fazer

A tarefa do purgador de vapor é remover condensado, ar e CO₂ do sistema tão rapidamente quanto eles se acumulam. Além disso, para fins de eficiência geral e economia, o purgador também deve proporcionar:

- 1. Perda mínima de vapor:** A Tabela CG-11-1 mostra como vazamentos de vapor sem supervisão podem ser caros.
- 2. Vida útil longa e serviço confiável.** O desgaste rápido de peças faz um purgador deixar de ser confiável rapidamente. Um purgador eficiente poupa dinheiro minimizando testes, reparos, limpeza, tempo de inatividade e perdas associadas.
- 3. Resistência à corrosão.** As peças do purgador que estão em funcionamento devem ser resistentes à corrosão para combater os efeitos nocivos de condensado ácido ou com oxigênio.
- 4. Eliminação de ar.** Pode haver ar presente no vapor a qualquer momento e especialmente na partida. O ar deve ser eliminado para que haja uma transferência de calor eficiente e evitar obstrução do sistema.
- 5. Eliminação de CO₂.** A eliminação de CO₂ na temperatura do vapor evita a formação de ácido carbônico. Portanto, o purgador de vapor deve operar na temperatura do vapor ou próxima a ela, pois o CO₂ se dissolve em condensado quando este esfria abaixo da temperatura do vapor.
- 6. Operação contra contrapressão.** Linhas de retorno pressurizadas podem ocorrer por projeto e acidentalmente. Um purgador de vapor deve operar contra a contrapressão real em seu sistema de retorno.
- 7. Sem problemas de sujeira.** Sujeira é uma preocupação sempre presente, pois os purgadores estão localizados em pontos baixos no sistema de vapor. O condensado coleta sujeira e incrustações na tubulação, e sólidos podem ser transportados a partir da caldeira. Até mesmo as partículas que passam através de telas de filtros são erosivas e, portanto, o purgador de vapor deve ser capaz de operar na presença de sujeira.

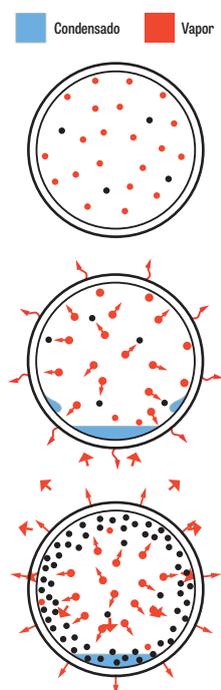


Figura CG-11-1. O vapor que se condensa em uma unidade de transferência de calor move o ar para a superfície de transferência de calor, onde se acumula ou "incrusta", formando um isolamento eficaz.

Um purgador que não possui todos esses recursos desejáveis de operação/projeto reduz a eficiência do sistema e aumenta os custos. Quando um purgador tem todos esses recursos, o sistema consegue atingir:

1. Aquecimento rápido do equipamento de transferência de calor
2. Temperatura máxima do equipamento para transferência de calor de vapor aprimorada
3. Capacidade máxima do equipamento
4. Economia máxima de combustível
5. Mão de obra reduzida por unidade de saída
6. Manutenção mínima e vida útil longa sem problemas

Às vezes, uma aplicação pode exigir um purgador sem esses recursos de projeto, mas, na vasta maioria das aplicações, um purgador que cumpra todos os requisitos entregará os melhores resultados.



Figura CG-11-2. O gás CO₂ se combina com condensado que pode se resfriar abaixo da temperatura do vapor para formar ácido carbônico, que corrói tubos e unidades de transferência de calor. Observe a ranhura corroída no tubo ilustrado.



Figura CG-11-3. Oxigênio no sistema acelera a corrosão (oxidação) dos tubos, causando a formação de alvéolos ("pites") como mostrado aqui.

Figuras CG-11-2 e CG-11-3, cortesia da Dearborn Chemical Company, EUA.

Tabela CG-11-1. Custo de vazamentos de vapor de vários tamanhos a 7 barg (supondo custo do vapor de US\$ 10,00 por tonelada de vapor)

Tamanho do orifício (pol.)	Toneladas de vapor desperdiçadas por mês	Custo total por mês (US\$)	Custo total por ano (US\$)
1/2"	379,5	3795	45 540
7/16"	289,5	2895	34 740
3/8"	213,6	2136	25 632
5/16"	147,7	1477	17 724
1/4"	95,4	954	11 448
3/16"	53,2	532	6384
1/8"	23,8	238	2856

Os valores de perda de vapor são baseados em vapor limpo e seco escoando através de um orifício de borda afiada até a pressão atmosférica, sem presença de condensado. Normalmente, o condensado reduziria essas perdas devido ao efeito de formação de vapor flash quando há uma queda de pressão.

O purgador de vapor de balde invertido submerso da Armstrong é um purgador mecânico que opera na diferença de densidade entre o vapor e a água. Consulte a Figura CG-12-1. O vapor que entra no balde invertido submerso faz o balde boiar e fechar a válvula de descarga. O condensado que entra no purgador faz o balde afundar, abrindo a válvula de purga para descarregar o condensado. Ao contrário de outros purgadores mecânicos, o balde invertido também elimina ar e dióxido de carbono continuamente na temperatura do vapor.

Esse princípio simples de remoção de condensado foi introduzido pela Armstrong em 1911. Anos de aperfeiçoamento em materiais e processos de fabricação tornaram os atuais purgadores de balde invertido da Armstrong praticamente inigualáveis em eficiência operacional, confiabilidade e durabilidade.

Vida útil longa com eficiência energética

O purgador de balde invertido Armstrong tem um exclusivo sistema de rendimento que multiplica a força fornecida pelo balde para abrir a válvula contra a pressão. Não há pivôs fixos para desgastar ou criar atrito. Ele foi projetado para abrir o orifício de descarga, permitindo capacidade máxima. Como o balde tem a parte inferior aberta, ele é resistente a danos causados por golpe de aríete. Os pontos de desgaste são altamente reforçados para uma longa vida útil.

Um purgador de balde invertido da Armstrong pode continuar a conservar energia mesmo quando há desgaste. O desgaste gradual aumenta ligeiramente o diâmetro da sede e altera a forma e o diâmetro da válvula de esfera. Mas, conforme isso ocorre, a esfera apenas se assenta mais profundamente — mantendo uma vedação firme.

Operação confiável

O purgador de balde invertido da Armstrong deve grande parte de sua confiabilidade a um projeto que o torna praticamente livre de problemas com sujeira. Observe que a válvula e a sede estão na parte superior do purgador. As partículas maiores de sujeira caem na parte inferior, onde são pulverizadas com a ação para cima e para baixo do balde. Como a válvula de um balde invertido está sempre fechada ou totalmente aberta, há passagem livre de partículas de sujeira. Além disso, o fluxo rápido de condensado por baixo da borda do balde cria uma exclusiva ação autolimpante que remove a sujeira do purgador. O balde invertido tem apenas duas partes móveis: o conjunto da alavanca da válvula e o balde. Isso significa que não há pontos fixos, articulações complicadas — nada para emperrar, obstruir ou entupir.

Peças resistentes à corrosão

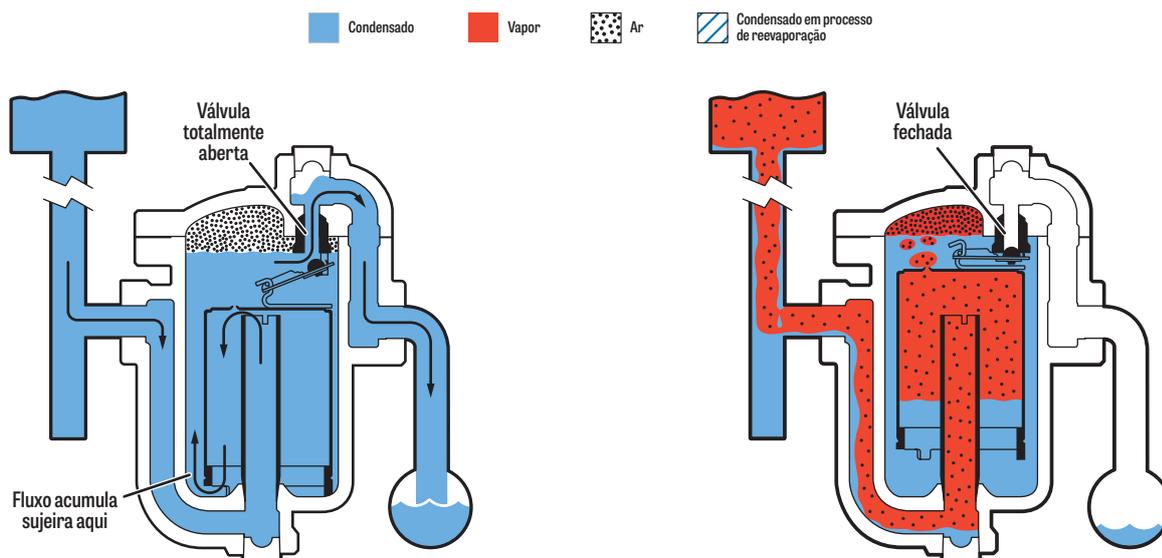
A válvula e a sede dos purgadores de balde invertido da Armstrong são de aço inoxidável com alto teor de cromo, com acabamento polido e lapidado. Todas as outras peças funcionais são de aço inoxidável resistente ao desgaste e à corrosão.

Operação contra contrapressão alta

Alta pressão na linha de descarga simplesmente reduz o diferencial na válvula. À medida que a contrapressão se aproxima da pressão de entrada, a descarga torna-se contínua, como acontece nos diferenciais de pressão muito baixos.

A contrapressão não tem nenhum efeito adverso na operação do purgador de balde invertido além da redução da capacidade causada pelo diferencial baixo. Simplesmente, o balde precisa de menos força para abrir a válvula e fazer o purgador funcionar.

Figura CG-12-1. Operação do purgador de vapor de balde invertido (em pressões próximas da máxima)



1. O purgador de vapor é instalado na linha de drenagem entre a unidade aquecida a vapor e o cabeçote de retorno de condensado. Na partida, o balde está abaixado e a válvula está totalmente aberta. À medida que o fluxo inicial de condensado entra no purgador e escoar por baixo do balde, ele preenche o corpo do purgador e submerge completamente o balde. Em seguida, o condensado é descarregado através da válvula totalmente aberta para o cabeçote de retorno.

2. O vapor também entra no purgador por baixo do balde, sobe e se acumula na parte superior, gerando fluabilidade. Em seguida, o balde sobe e eleva a válvula na direção de sua sede até que a válvula fique bem fechada. Ar e dióxido de carbono passam continuamente através do eliminador do balde e acumulam-se na parte superior do purgador. Todo vapor que passa através do eliminador é condensado por radiação do purgador.

O purgador de vapor de balde invertido

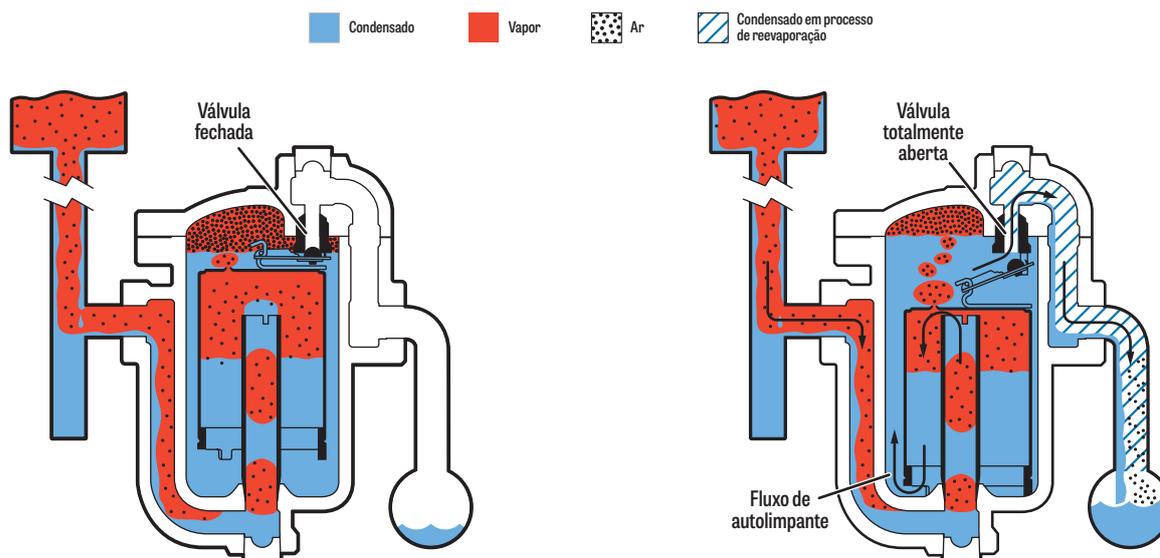
Tipos de purgador de balde invertido disponíveis para cumprir requisitos específicos

A disponibilidade de purgadores de balde invertido em diferentes materiais de corpo, configurações de tubulação e outras variáveis permite flexibilidade na aplicação do purgador certo para atender a necessidades específicas. Consulte a Tabela CG-13-1.

- 1. Purgadores de aço inoxidável.** Corpos de aço inoxidável vedados e à prova de adulteração permitem que estes purgadores resistam a congelamentos sem sofrer danos. Eles podem ser instalados em linhas de traço de vapor, coletores ao ar livre e outros serviços sujeitos a congelamento. Para pressões até 45 barg e temperaturas até 427 °C.
- 2. Purgadores de ferro fundido.** Purgadores de balde invertido padrão para serviços gerais em pressões até 17 barg e temperaturas até 232 °C. Oferecidos com conexões laterais, conexões laterais com filtro integrado e conexões de entrada inferior e saída superior.
- 3. Purgadores de aço forjado.** Purgadores de balde invertido padrão para serviços de alta pressão e alta temperatura (incluindo vapor superaquecido) até 186 barg a 560 °C.
- 4. Purgadores de aço inoxidável fundido.** Purgadores de balde invertido padrão para serviços corrosivos de alta capacidade. Reparáveis. Para pressões até 47 barg e temperaturas até 263 °C.

Tabela CG-13-1. Parâmetros de projeto típicos para purgadores de balde invertido

Materiais do corpo e da tampa	Ferro fundido	Aço inoxidável	Aço forjado	Aço fundido	Aço inoxidável fundido
Conexões (mm)	15 - 65	15 - 25	15 - 50	15 - 25	15 - 50
Tipos de conexão	Aparafusada, flangeada	Aparafusada, SW ou flangeada			
Pressão de operação (barg)	0 a 17	0 a 45	0 a 180	0 a 40	0 a 47
Capacidade (kg/h)	Até 9500	Até 2000	Até 9500	Até 2000	Até 9500



3. Conforme o condensado que entra começa a encher o balde, o balde começa a puxar a alavanca. À medida que o condensado continua a se elevar, mais força é exercida até que haja suficiente para abrir a válvula contra a pressão diferencial.

4. Conforme a válvula começa a abrir, a força de pressão na válvula é reduzida. Em seguida, o balde se afunda rapidamente e abre totalmente a válvula. O ar acumulado é descarregado primeiro, seguido pelo condensado. O fluxo por baixo do balde acumula sujeira e remove-a para fora do purgador. A descarga continua até que mais vapor faça o balde boiar e o ciclo se repete.

O purgador de boia e termostático é um purgador mecânico que opera com base nos princípios de densidade e temperatura. A válvula de boia funciona segundo o princípio da densidade: uma alavanca conecta a boia esférica à válvula e à sede. Após o condensado atingir um determinado nível no purgador, a boia sobe, abrindo o orifício e drenando o condensado. Uma vedação de água formada pelo condensado impede a perda de vapor sob pressão.

Como a válvula de descarga está sob a água, ela não consegue eliminar ar e gases não condensáveis. Quando o acúmulo de ar e gases não condensáveis provoca uma queda significativa de temperatura, um eliminador de ar termostático na parte superior do purgador o descarrega. O eliminador termostático abre a uma temperatura alguns graus abaixo da saturação para que possa lidar com um grande volume de ar, através de um orifício totalmente separado, mas a uma temperatura ligeiramente reduzida.

Os purgadores F&T da Armstrong proporcionam uma elevada capacidade de eliminação de ar, respondem imediatamente a condensado e são adequados para aplicações industriais e de HVAC.

Operação confiável em pressão de vapor moduladora

Pressão de vapor moduladora significa que a pressão na unidade de troca de calor sendo drenada pode variar da pressão máxima de suprimento de vapor até o vácuo, dependendo das condições. Portanto, em condições de pressão zero, apenas a força da gravidade está disponível para arrastar o condensado através de um purgador de vapor. Quantidades substanciais de ar também podem ser liberadas nessas condições de baixa pressão de vapor. A operação eficiente do purgador F&T cumpre todos esses requisitos especializados.

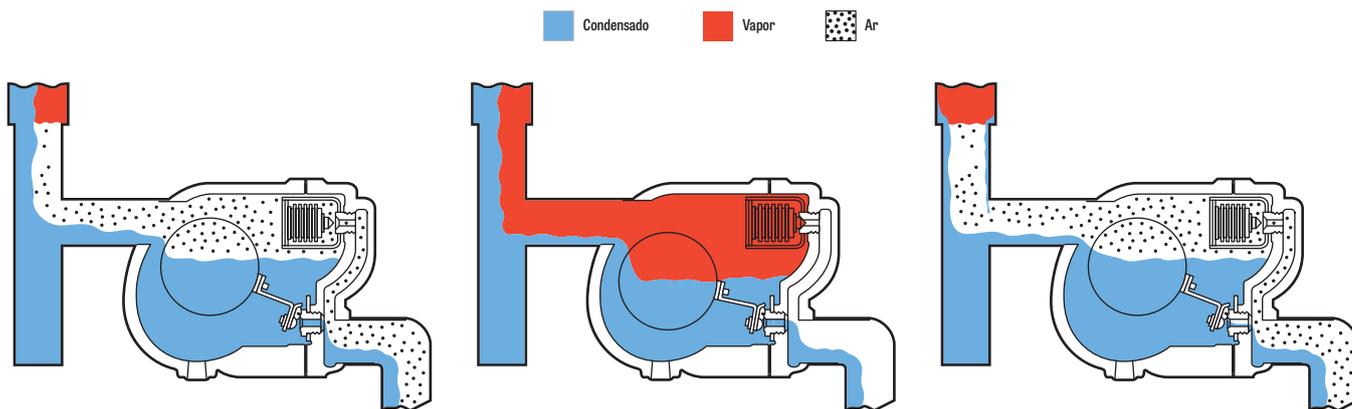
Operação com contrapressão alta

A contrapressão não tem nenhum efeito adverso na operação do purgador de boia e termostático além da redução da capacidade devido ao diferencial baixo. O purgador não deixará de fechar e não liberará vapor devido à contrapressão alta.

Tabela CG-14-1. Parâmetros de projeto típicos para purgadores de boia e termostáticos

Material do corpo e da tampa	Ferro fundido	Aço fundido
Conexões (mm)	15 - 80	15 - 80
Tipos de conexão	Aparafusada ou flangeada	Aparafusada, SW ou flangeada
Pressão de operação (bar)	0 a 17	0 a 32
Capacidade (kg/h)	Até 94 000	Até 170 000

Figura CG-14-1. Operação do purgador de vapor F&T



1. Na partida, a baixa pressão do sistema força o ar para fora através do eliminador de ar termostático. Uma alta carga de condensado normalmente segue a eliminação de ar e eleva a boia, que abre a válvula principal. O ar remanescente continua a ser descarregado através do eliminador aberto.

2. Quando o vapor chega no purgador, o eliminador de ar termostático fecha em resposta a uma temperatura mais alta. O condensado continua a escoar através da válvula principal, que é posicionada pela boia para descarregar condensado na mesma taxa que ele escoar para o purgador.

3. Conforme o ar se acumula no purgador, a temperatura cai abaixo da do vapor saturado. O eliminador de ar termostático de pressão balanceada abre e descarrega ar.

OBSERVAÇÃO: esses diagramas operacionais do purgador F&T não representam a configuração real do purgador.

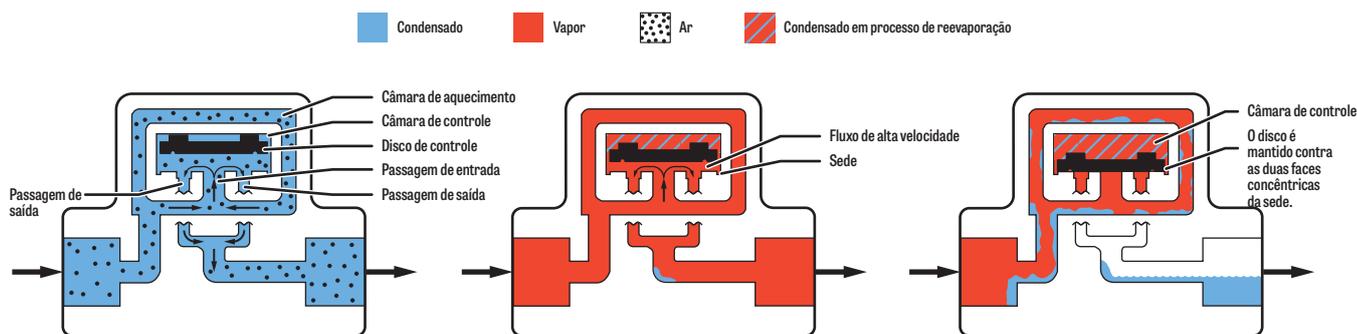
O purgador de vapor de disco controlado

O purgador de vapor de disco controlado é um dispositivo com retardo de tempo que opera segundo o princípio da velocidade. Ele contém apenas uma peça móvel, o próprio disco. Como é muito leve e compacto, o purgador CD atende às necessidades de muitas aplicações em que o espaço é limitado. Além da simplicidade e do tamanho pequeno do purgador de disco, ele também oferece vantagens como resistência a choques hidráulicos, descarga completa de todo o condensado quando aberto e operação intermitente para uma ação de purga constante.

Câmara de aquecimento exclusiva

A exclusiva câmara de aquecimento em purgadores de disco controlado da Armstrong envolve o corpo do disco e a câmara de controle. Uma sangria controlada da câmara para a saída do purgador controla a taxa de ciclo. Isso significa que o projeto do purgador — não as condições ambientais — controla a taxa de ciclo. Sem esse recurso de controle, chuva, neve e condições ambientais frias atrapalhariam a taxa de ciclo do purgador.

Figura CG-15-1. Operação de purgadores de disco controlado



OBSERVAÇÃO: esses diagramas operacionais do purgador CD não representam a configuração real do purgador.

1. Na partida, o condensado e o ar que entram no purgador passam pela câmara de aquecimento, ao redor da câmara de controle e através do orifício de entrada. Esse fluxo eleva o disco para fora do orifício de entrada e o condensado escoar através das passagens de saída.

2. O vapor entra pela passagem de entrada e escoar sob o disco de controle. A velocidade do fluxo na face do disco de controle aumenta, criando uma baixa pressão que puxa o disco na direção da sede.

3. O disco se fecha contra as duas faces concêntricas da sede, fechando a passagem de entrada e também purgando o vapor e condensado acima do disco. Há uma sangria controlada de vapor a partir da câmara de controle. O condensado em processo de reevaporação ajuda a manter a pressão na câmara de controle. Quando a pressão acima do disco é reduzida, a pressão de entrada eleva o disco para fora da sede. Se houver presença de condensado, ele é descarregado e o ciclo se repete.

Tabela CG-15-1. Parâmetros de projetos típicos para purgadores de vapor de disco controlado

Materiais do corpo e da tampa	Aço carbono	Aço inoxidável
Conexões (mm)	10 - 25	15 - 25
Tipos de conexão	Aparafusada, SW ou flangeada	Aparafusada ou flangeada
Pressão de operação (bar)	0 a 41	0 a 41
Capacidade (kg/h)	Até 1300	Até 1150

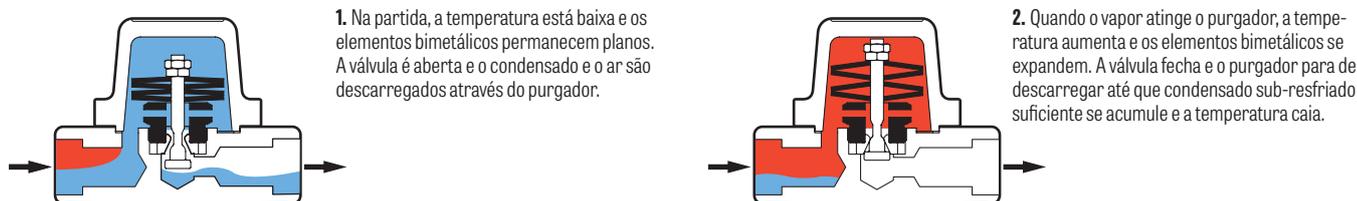
O purgador de vapor bimetalico

O purgador de vapor bimetalico opera segundo o princípio da temperatura, usando duas camadas de elementos bimetalicos, que têm diferentes coeficientes de expansão. Quando está frio, os elementos bimetalicos permanecem planos. Quando a temperatura começa a subir, os elementos expandem-se de forma diferente e curvam-se. A haste conectada a esses elementos movimentar uma válvula para a posição aberta ou fechada.

Tabela CG-15-2. Parâmetros de projeto típicos para purgadores bimetalicos

Materiais do corpo e da tampa	Aço carbono e aço inoxidável
Conexões (mm)	15 - 20
Tipos de conexão	Aparafusada, SW ou flangeada
Pressão de operação (barg)	0 a 24
Capacidade (kg/h)	Até 1200

Figura CG-15-2. Operação dos purgadores de vapor bimetalicos



1. Na partida, a temperatura está baixa e os elementos bimetalicos permanecem planos. A válvula é aberta e o condensado e o ar são descarregados através do purgador.

2. Quando o vapor atinge o purgador, a temperatura aumenta e os elementos bimetalicos se expandem. A válvula fecha e o purgador para de descarregar até que condensado sub-resfriado suficiente se acumule e a temperatura caia.

Os purgadores de vapor termostáticos da Armstrong estão disponíveis com foles de pressão balanceados ou elementos do tipo wafer e são construídos com vários materiais, incluindo aço inoxidável, aço carbono e bronze. Estes purgadores são usados em aplicações com cargas de condensado muito leves.

Operação termostática

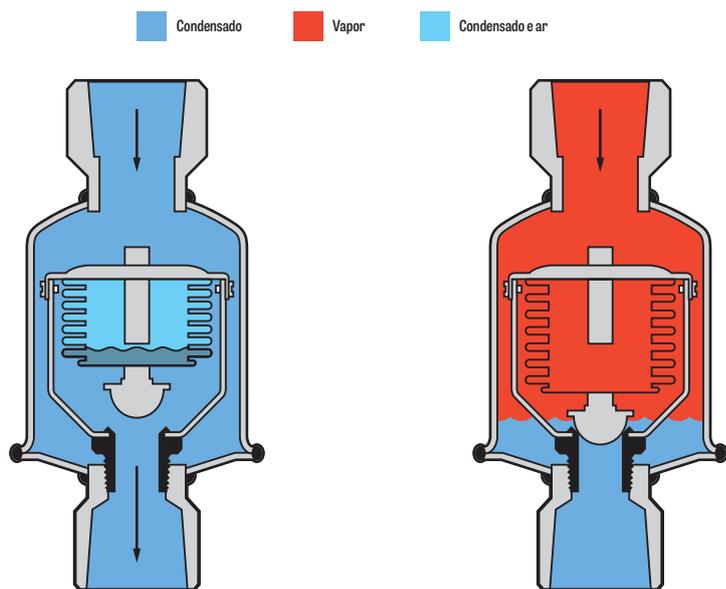
Os purgadores de vapor termostáticos operam na diferença de temperatura entre o vapor, o condensado resfriado e o ar. O vapor aumenta a temperatura no interior do elemento termostático, fazendo o purgador se fechar. À medida que o condensado e os gases não condensáveis se acumulam na perna de resfriamento, a temperatura começa a cair e o elemento termostático se contrai e abre a válvula. A quantidade de condensado acumulado antes do purgador depende das condições de carga, da pressão do vapor e do tamanho da tubulação. É importante observar que um acúmulo de gases não condensáveis pode se formar atrás do acúmulo de condensado.

Tabela CG-16-1. Parâmetros de projeto para purgadores termostáticos

Material do corpo e da tampa	Foles de pressão balanceada		Água com pressão balanceada		
	Aço inoxidável	Bronze	Aço inoxidável	Aço carbono	Bronze
Conexões	15 - 20	15 - 20	10 - 25	15 - 20	15 - 25
Tipos de conexão	Aparafusada, SW	Aparafusada, reta, angulada	Aparafusada, SW	Aparafusada, SW	Aparafusada, reta, angulada
Pressão de operação (barg)	0 - 20	0 - 3	0 - 27	0 - 40	0 - 4
Capacidade (kg/h)	Até 1600	Até 750	Até 30	Até 40	Até 450

OBSERVAÇÃO: também podem ser usados purgadores termostáticos para eliminar ar de um sistema de vapor. Quando ar se acumula, a temperatura cai e o eliminador de ar termostático descarrega automaticamente o ar ligeiramente abaixo da temperatura do vapor ao longo de toda a faixa de pressão de operação.

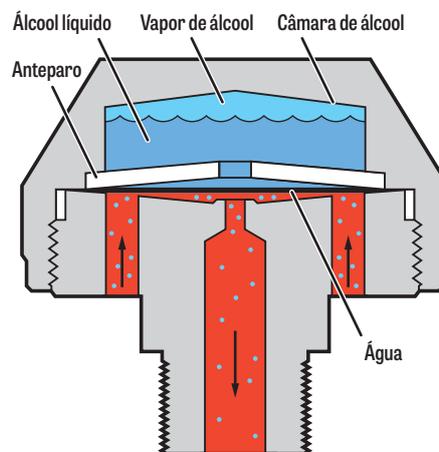
Figura CG-16-1. Operação do purgador de vapor termostático



1. Na partida, condensado e ar são empurrados antes do vapor diretamente através do purgador. O elemento de foles termostáticos está totalmente contraído e a válvula mantém-se totalmente aberta até que o vapor se aproxime do purgador.

2. Conforme a temperatura no interior do purgador aumenta, o elemento de foles carregado se aquece rapidamente, aumentando a pressão de vapor dentro. Quando a pressão dentro do elemento se equilibra com a pressão do sistema no corpo do purgador, o efeito de mola dos foles faz o elemento se expandir, fechando a válvula. Quando a temperatura no purgador cai alguns graus abaixo da temperatura do vapor saturado, a pressão desbalanceada contrai os foles, abrindo a válvula.

Figura CG-16-2. Operação do wafer termostático



A operação do wafer termostático de pressão balanceada é muito semelhante à dos foles de pressão balanceada descrita na Figura CG-16-1. O wafer está parcialmente cheio com um líquido. Conforme a temperatura no interior do purgador aumenta, o wafer carregado se aquece, aumentando a pressão de vapor dentro. Quando a pressão dentro do wafer excede a pressão do vapor adjacente, a membrana do wafer é forçada para baixo na sede da válvula e o purgador é fechado. Uma queda de temperatura causada por condensado ou gases não condensáveis resfria e reduz a pressão dentro do wafer, permitindo que o wafer destampe a sede.

O controlador automático de diferencial de condensado



Os controladores automáticos de diferencial de condensado (DC) da Armstrong foram projetados para funcionar em aplicações em que o condensado deve ser elevado a partir de um ponto de drenagem ou em aplicações de drenagem por gravidade em que o aumento da velocidade ajuda a drenagem.

A elevação do condensado a partir do ponto de drenagem — chamada muitas vezes de drenagem por sifão — reduz a pressão do condensado, fazendo parte dele se transformar em vapor flash. Como os purgadores de vapor comuns não distinguem vapor flash de vapor sob pressão, eles se fecham e impedem a drenagem.

O aumento da velocidade com a drenagem por gravidade ajuda a atrair o condensado e o ar para o DC. Um desvio de vapor interno controlado por uma válvula dosadora manual causa esse aumento de velocidade. Portanto, o controlador de condensado elimina automaticamente o vapor de desvio ou secundário. Em seguida, ele é coletado para uso em outros trocadores de calor ou descarregado na linha de retorno de condensado.

As considerações de capacidade para o equipamento de drenagem variam muito de acordo com a aplicação. No entanto, um único controlador de condensado fornece capacidade suficiente para a maioria das aplicações.

Operação do controlador de condensado

Condensado, ar e vapor (sob pressão e flash) entram pela entrada do controlador. Nesse ponto, o vapor flash e o ar são automaticamente

separados do condensado. Em seguida, eles são direcionados para o desvio integrado a uma taxa controlada, formando o vapor secundário (consulte a Figura CG-17-2).

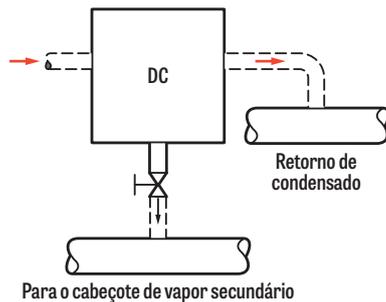
A válvula é ajustável para que corresponda à quantidade de vapor flash presente durante a operação com capacidade total ou cumprir os requisitos de velocidade do sistema. O condensado é descarregado através de um orifício separado controlado pelo balde invertido.

Devido ao projeto de orifício duplo, há um diferencial de pressão controlado predefinido para o sistema de vapor secundário, enquanto o diferencial de pressão máximo está disponível para descarregar o condensado.

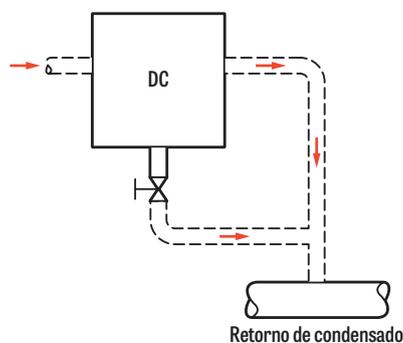
Tabela CG-17-1. Parâmetros de projeto típicos para o controlador automático de diferencial de condensado

Material do corpo e da tampa	Ferro fundido	Aço
Conexões (mm)	15 - 50	15 - 80
Tipos de conexão	Aparafusada ou flangeada	Aparafusada ou flangeada
Pressão de operação (bar)	0 a 19	0 a 41
Capacidade (kg/h)	Até 94 000	Até 170 000

Figura CG-17-1.

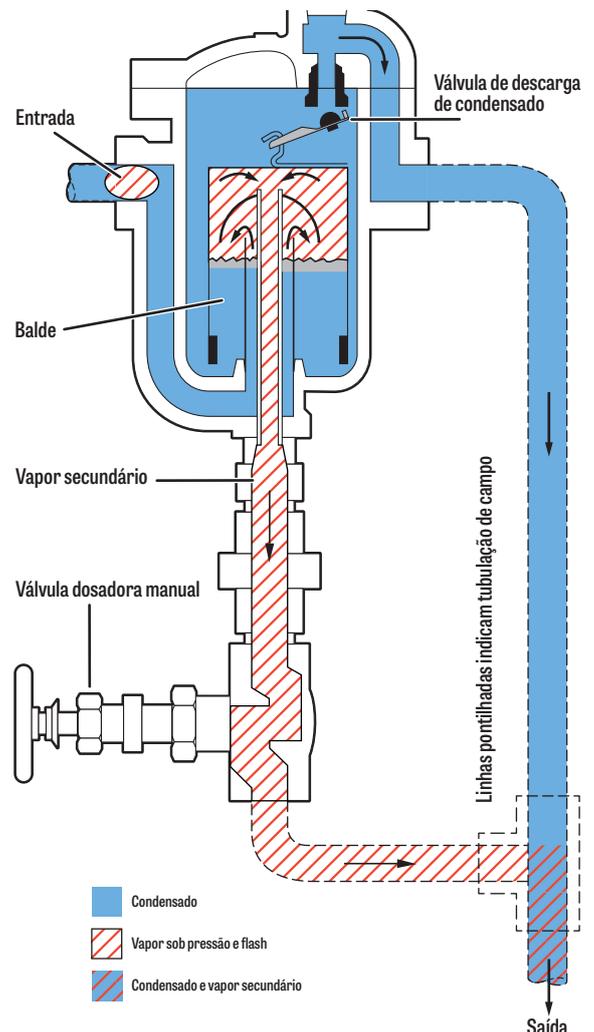


Para o uso mais eficiente da energia do vapor, a Armstrong recomenda esta configuração de tubulação quando vapor secundário é coletado e reutilizado em equipamentos de transferência de calor.



Configuração de tubulação para remover e descarregar vapor flash e gases não condensáveis diretamente na linha de retorno de condensado.

Figura CG-17-2. Operação do controlador de condensado



Para obter todos os benefícios dos purgadores descritos na seção anterior, é essencial selecionar purgadores do tamanho e pressão corretos para uma determinada função e instalá-los e mantê-los adequadamente. Uma das finalidades desta seção é fornecer as informações para tornar isso possível. A instalação e operação reais do equipamento de purga de vapor devem ser realizadas somente por pessoal experiente. A seleção ou instalação sempre deve ser acompanhada por assistência técnica competente ou orientação especializada. Esta seção nunca deve ser usada como substituta para tal assistência técnica ou orientação. Recomendamos entrar em contato com a Armstrong ou um representante local para obter mais detalhes.

Considerações básicas

A purga unitária consiste em utilizar um purgador de vapor separado em cada unidade de condensação de vapor incluindo, sempre que possível, cada câmara ou serpentina individual de uma única máquina. A seção intitulada Curto-circuito explica as razões para escolher a purga unitária em vez da purga em grupo.

Confie na experiência. Selecione purgadores com base na experiência: a sua, a do seu representante da Armstrong ou o conhecimento adquirido por outras pessoas durante a purga de equipamentos semelhantes.

Faça você mesmo o dimensionamento. O processo de dimensionamento por conta própria é simples com a ajuda do software de dimensionamento e seleção "Trap-A-Ware" da Armstrong, que pode ser encomendado em www.armstronginternational.com.br.

Mesmo sem esse programa de computador, você pode dimensionar purgadores de vapor facilmente quando souber ou puder calcular:

1. Cargas de condensado em kg/h
2. O fator de segurança apropriado
3. Diferencial de pressão
4. Pressão máxima permitida

1. Carga de condensado. Cada seção de "Como fazer" contém fórmulas e informações úteis sobre taxas de condensação de vapor e procedimentos de dimensionamento adequados.

2. Fator de segurança ou fator de experiência apropriado. Os usuários descobriram que, em geral, devem usar um fator de segurança no dimensionamento de purgadores de vapor. Por exemplo, uma serpentina que condensa 300 kg/h pode exigir um purgador que possa suportar até 900 kg/h para ter o melhor desempenho geral. Esse fator de segurança de 3:1 leva em conta taxas de condensado variáveis, quedas ocasionais no diferencial de pressão e fatores de projeto do sistema.

Os fatores de segurança variam de um valor baixo de 1,5:1 até um valor alto de 10:1. Os fatores de segurança neste manual se baseiam em anos de experiência de usuários.

A configuração afeta o fator de segurança. Mais importante do que alterações normais de carga e pressão é o projeto da própria unidade aquecida a vapor. Consulte as Figuras CG-18-3, CG-18-4 e CG-18-5, que mostram três unidades de condensação, cada uma produzindo 300 kg de condensado por hora, mas com fatores de segurança de 2:1, 3:1 e 8:1.

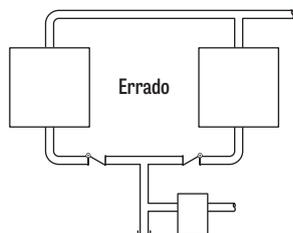


Figura CG-18-1. O uso de um único purgador para drenar duas unidades de consumo de vapor, conhecido como purga em grupo, pode levar a um curto-circuito.

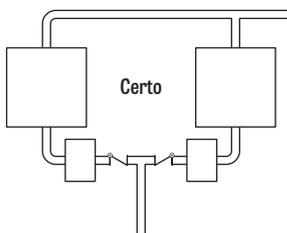


Figura CG-18-2. Um curto-circuito é impossível quando cada unidade é drenada pelo próprio purgador. Mais eficiência é garantida.

Curto-circuito

Se um único purgador conectar mais de um ponto de drenagem, o condensado e o ar de uma ou mais unidades podem não atingir o purgador. Qualquer diferença nas taxas de condensação resultará em uma diferença na queda de pressão do vapor. Uma diferença de queda de pressão muito pequena para ser registrada em um manômetro é suficiente para permitir que o vapor da unidade de pressão mais alta bloqueie o fluxo de ar ou condensado a partir da unidade de pressão mais baixa. O resultado líquido é aquecimento, saída e desperdício de combustível reduzidos (Consulte as Figuras CG-18-1 e CG-18-2).

Taxas de condensação idênticas, pressões idênticas com diferentes fatores de segurança

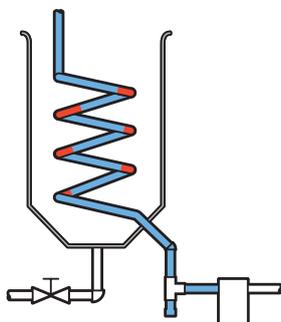


Figura CG-18-3. Serpentina contínua, fluxo por gravidade de pressão constante para o purgador: 300 kg/h de condensado de uma única serpentina de cobre a 3 barg. Drenagem por gravidade para o purgador. Volume de espaço de vapor muito pequeno. Fator de segurança de 2:1.

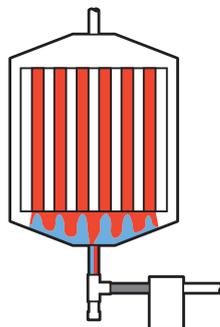


Figura CG-18-4. Vários tubos, fluxo por gravidade de pressão modulada para o purgador: 300 kg/h de condensado de um aquecedor unitário a 5 barg. Vários tubos criam um pequeno risco de curto-circuito. Fator de segurança de 3:1.

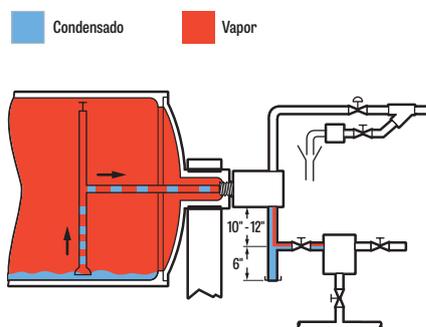


Figura CG-18-5. Cilindro grande, sifão drenado. 300 kg/h a partir de um secador de cilindros com 1200 mm de diâmetro, 2500 mm de comprimento com 2,8 m³ de espaço a 2 barg. O fator de segurança é 3:1 com um DC e 8:1 com um IB.

Seleção de purgador

Seleção econômica de purgador de vapor/orifício. Embora seja necessário um fator de segurança adequado para ter o melhor desempenho, um fator muito grande causa problemas. Além dos custos mais altos do purgador e de sua instalação, um purgador desnecessariamente superdimensionado se desgasta com mais rapidez. E, se houver falha do purgador, um purgador superdimensionado perde mais vapor, o que pode causar um golpe de aríete e contrapressão alta no sistema de retorno.

3. Diferencial de pressão. O diferencial máximo é a diferença entre a pressão da linha principal da caldeira ou do vapor ou a pressão a jusante de uma PRV e a pressão da linha de retorno. Consulte a Figura CG-19-1. O purgador deve ser capaz de abrir contra esse diferencial de pressão.

OBSERVAÇÃO: devido à reevaporação do condensado nas linhas de retorno, não suponha que o diferencial de pressão diminuirá devido à altura estática ao elevar.

Diferencial de operação. Quando a fábrica está operando em capacidade máxima, a pressão do vapor na entrada do purgador pode ser inferior à pressão da linha principal de vapor. E a pressão no cabeçote de retorno de condensado pode superar a atmosférica.

Se o diferencial de operação for pelo menos 80% do diferencial máximo, é seguro usar o diferencial máximo ao selecionar purgadores.

O controle modulado do suprimento de vapor causa grandes alterações no diferencial de pressão. A pressão na unidade drenada pode cair para a atmosférica ou até para uma mais baixa (vácuo). Isso não impede a drenagem do condensado se as práticas de instalação neste manual forem seguidas.

IMPORTANTE: leia a seção à direita sobre reduções menos comuns, mas importantes, no diferencial de pressão.

4. Pressão máxima permitida. O purgador deve ser capaz de suportar a pressão máxima permitida do sistema ou a pressão de projeto. Ele pode não precisar operar nessa pressão, mas deve ser capaz de contê-la. Como exemplo, a pressão de entrada máxima é de 26 barg e a pressão da linha de retorno é de 11 barg. Isso resulta em uma pressão diferencial de 15 bar. No entanto, o purgador deve suportar 26 barg de pressão máxima permitida. Consulte a Figura CG-19-1.

Fatores que afetam o diferencial de pressão

Exceto em casos de falhas nas válvulas de controle de pressão, a pressão diferencial tende a ser menor do que o valor normal ou de projeto. Variações na pressão de entrada ou de descarga podem causar isso.

A pressão de entrada pode ser reduzida para níveis abaixo do normal por:

1. Uma válvula moduladora de controle ou um regulador de temperatura.
2. "Drenagem por sifão". Cada 1 m de elevação entre o ponto de drenagem e o purgador reduz a pressão de entrada (e o diferencial) em 0,1 bar. Consulte a Figura CG-19-2.

A pressão de descarga pode ser aumentada para níveis acima do normal por:

1. Atrito entre tubos.
2. Outros purgadores que descarregam em um sistema de retorno de capacidade limitada.
3. Elevação do condensado. Cada 1 m de elevação aumenta a pressão de descarga (e o diferencial) em 0,1 bar quando a descarga é de apenas condensado. No entanto, com presença de vapor flash, a contrapressão adicional pode ser reduzida a zero. Consulte a Figura CG-19-3 observando a válvula de retenção externa.

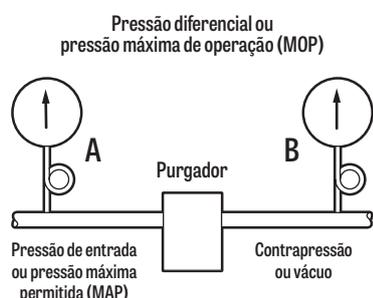


Figura CG-19-1. "A" menos "B" é o diferencial de pressão: se "B" for contrapressão, subtraia-a de "A". Se "B" for o vácuo, adicione-o a "A".

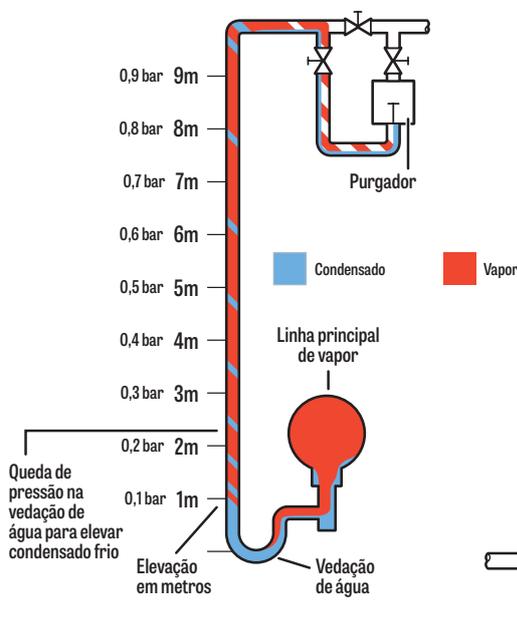


Figura CG-19-2. O condensado é elevado a partir do ponto de drenagem por gravidade até o purgador por um sifão. Cada 1 m de elevação reduz o diferencial de pressão em 0,1 bar. Observe a vedação no ponto baixo e a válvula de retenção interna do purgador para evitar refluxo.

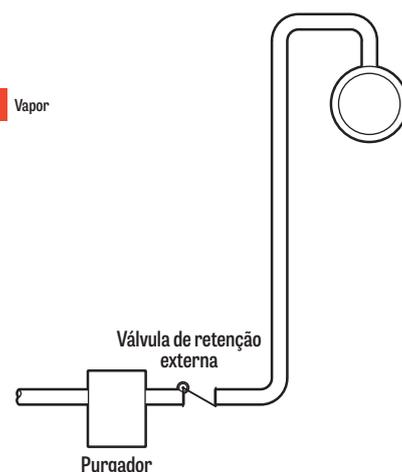


Figura CG-19-3. Quando a válvula de purga abre, a pressão do vapor eleva o condensado. Cada 1 m de elevação reduz o diferencial de pressão em 0,1 bar.

Os sistemas de distribuição de vapor interligam caldeiras e o equipamento utilizando vapor, transportando-o para qualquer local na fábrica onde sua energia térmica seja necessária.

Os três componentes principais de sistemas de distribuição de vapor são cabeçotes de caldeira, linhas principais de vapor e linhas de ramificação. Cada um cumpre determinados requisitos do sistema e, juntamente com separadores de umidade e purgadores de vapor, contribui para a utilização eficiente do vapor.

Botas coletoras. A necessidade de botas coletoras em vários intervalos é comum a todos os sistemas de distribuição de vapor (Figura CG-20-1). Elas são fornecidas para:

1. Deixar o condensado escapar por gravidade do vapor em movimento rápido.
2. Armazenar o condensado até que o diferencial de pressão possa descarregá-lo através do purgador de vapor.

Figura CG-20-1. Dimensionamento da bota coletora

Uma bota coletora de tamanho adequado capta condensado. Uma bota coletora muito pequena pode causar um efeito Venturi "piccolo", em que a queda de pressão remove o condensado do purgador. Consulte os tamanhos adequados na Tabela CG-22-2 na página 22.

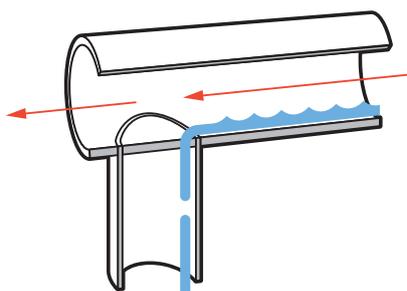


Tabela CG-20-1. Tabela de recomendação

(consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Cabeçote de caldeira	IBLV M, E, L, N, B, Q	*F&T

*Em vapor superaquecido, nunca use um purgador do tipo F&T. Sempre utilize um IB com válvula de retenção interna, válvula polida e sede.

Equipamento sendo purgado	1ª opção, código do recurso e opção(ões) alternativa(s)	0 a 2 barg	Acima de 2 barg
Linhas principais de vapor e linhas de ramificação Condições sem congelamento	B, M, N, L, F, E, C, D, Q	*IB	*IB
	Opção alternativa	F&T	**F&T
Linhas principais de vapor e linhas de ramificação Condições de congelamento	B, C, D, E, F, L, M, N, Q, J	*IB	*IB
	Opção alternativa	Termostático ou CD	

*Instale uma válvula de retenção interna quando houver variações na pressão.

**Use um IBLV acima das limitações de pressão/temperatura do F&T.

OBSERVAÇÃO: em vapor superaquecido, sempre utilize um IB com válvula de retenção interna, válvula polida e sede.

Cabeçotes de caldeira

Um cabeçote de caldeira é um tipo especializado de linha principal de vapor que pode receber vapor de uma ou mais caldeiras. Na maioria das vezes, é uma linha horizontal alimentada a partir da parte superior que, por sua vez, alimenta as linhas principais de vapor. É importante purgar corretamente o cabeçote da caldeira para garantir que qualquer arraste (água e sólidos da caldeira) seja removido antes da distribuição para o sistema.

Os purgadores de vapor que atendem ao cabeçote devem ser capazes de descarregar grandes volumes de onda de arraste assim que forem detectados. Resistência a choque hidráulico também é uma consideração na seleção de purgadores.

Seleção de purgador e fator de segurança para cabeçotes de caldeira (apenas vapor saturado). Um fator de segurança de 1,5:1 é recomendado para praticamente todas as aplicações de cabeçotes de caldeira. A capacidade necessária do purgador pode ser obtida usando a seguinte fórmula:

Capacidade necessária do purgador = fator de segurança x carga conectada à(s) caldeira(s) x arraste previsto (normalmente 10%).

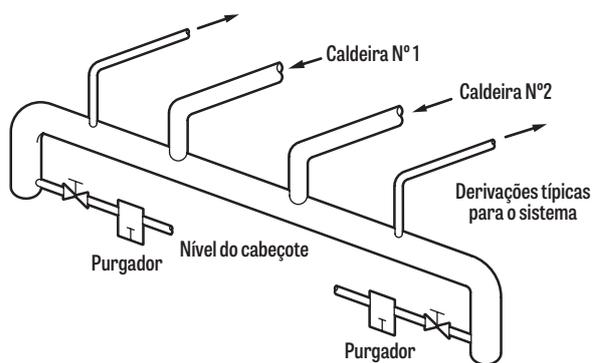
EXEMPLO: qual tamanho de purgador de vapor será necessário em uma carga conectada de 20 000 kg/h com um arraste previsto de 10%? Usando a fórmula:

Capacidade necessária do purgador = 1,5 x 20 000 x 0,10 = 3000 kg/h.

A capacidade de responder imediatamente a ondas de condensado, a excelente resistência a choques hidráulicos, a capacidade de tratamento de sujeira e a operação eficiente em cargas muito leves são recursos que fazem do balde invertido o purgador de vapor mais adequado para esta aplicação.

Instalação. Se o fluxo de vapor através do cabeçote for apenas em uma direção, um único purgador de vapor é suficiente na extremidade a jusante. Com uma alimentação de ponto médio para o cabeçote (Figura CG-20-2), ou uma configuração de fluxo de vapor bidirecional semelhante, cada extremidade do cabeçote da caldeira deve ser purgada.

Figura CG-20-2. Cabeçotes de caldeira



Até 100 mm, a bota coletora deve ter o mesmo diâmetro que o cabeçote. Acima de 100 mm, deve ter metade do tamanho do cabeçote, mas nunca menos de 100 mm.

Como purgar sistemas de distribuição de vapor

Linhas principais de vapor

Um dos usos mais comuns de purgadores de vapor é a purga de linhas principais de vapor. Essas linhas precisam ser mantidas livres de ar e condensado para manter o equipamento que utiliza vapor operando adequadamente. A purga inadequada em linhas principais de vapor frequentemente causa golpe de aríete e ondas de condensado que podem danificar válvulas de controle e outros equipamentos.

Há dois métodos usados para o aquecimento de linhas principais de vapor: supervisionado e automático. O aquecimento supervisionado é amplamente utilizado para o aquecimento inicial de linhas principais de grande diâmetro e/ou longas. O método recomendado é abrir totalmente as válvulas coletoras para permitir que o condensado seja descarregado para a atmosfera antes da introdução do vapor na linha principal. Essas válvulas coletoras devem permanecer abertas até que todo ou a maior parte do condensado de aquecimento tenha sido descarregado. Depois disso, os purgadores cuidarão da remoção do condensado que pode se formar durante a operação. O aquecimento da tubulação principal em uma usina elétrica seguirá praticamente o mesmo procedimento.

O processo de aquecimento automático acontece quando a caldeira é acionada e as linhas principais e alguns ou todos os equipamentos alcançam a pressão e a temperatura desejadas sem necessidade de supervisão manual.

ATENÇÃO: independentemente do método de aquecimento, conceda tempo suficiente durante o ciclo de aquecimento para minimizar a tensão térmica e evitar danos ao sistema.

Seleção de purgador e fator de segurança para linhas principais de vapor (apenas vapor saturado)

Para calcular as cargas de condensado em tubulações isoladas ou não isoladas, seja para aquecimento supervisionado ou automático, utilize a seguinte fórmula:

$$Q_c = \frac{(W_p \times L) \times c \times (t_2 - t_1)}{r \times T} \times 60$$

Q_c = Quantidade de condensado em kg/h

W_p = Peso do tubo em kg/m (consulte a Tabela CG-21-2)

L = Comprimento total da linha de vapor em m

c = Calor específico do material do tubo em kJ/kg°C (tubo de aço = 0,48 kJ/kg°C)

t_2 = Temperatura final em °C

t_1 = Temperatura inicial em °C

r = Calor latente do vapor em kJ/kg (consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página 6)

T = Tempo em minutos para partida (contagem de 10 m/minuto)

OBSERVAÇÃO: para cálculos rápidos, a t_1 pode ser considerada 0 °C e r pode ser fixado em 2100 kJ/h.

Para determinar rapidamente a carga de condensado durante o aquecimento de uma linha principal de vapor, utilize o Gráfico CG-21-1. Após encontrar o valor correto, multiplique por um fator de segurança de 2 (o fator de segurança recomendado para todos os purgadores localizados entre a caldeira e o fim da linha principal).

Para obter a taxa em operação normal (após o aquecimento), use a Tabela CG-21-1.

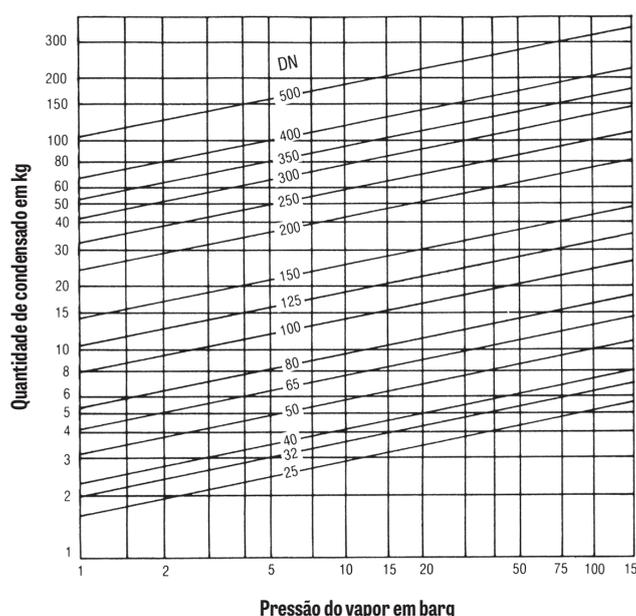
Tabela CG-21-1. Taxas de condensação para tubos de vapor em kg/h/m²

Pressão do vapor (barg)	1	2	4	8	12	16	21
Tubo com isolamento	1	1	1,5	1,5	2	2,5	3
Tubo sem isolamento	4	5	6	7	8	9	10

Tabela CG-21-2. Características dos tubos para cálculo de perda de radiação

Tamanho do tubo		Diâmetro externo	Superfície externa	Peso
Polegadas	DN	mm	m ² /m	kg/m
1/8"	6	10,2	0,03	0,49
1/4"	8	13,5	0,04	0,77
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
1/2"	15	21,3	0,07	1,45
3/4"	20	26,9	0,09	1,90
1"	25	33,7	0,11	2,97
1 1/4"	32	42,4	0,13	3,84
1 1/2"	40	48,3	0,15	4,43
2"	50	60,3	0,19	6,17
2 1/2"	65	76,1	0,24	7,90
3"	80	88,9	0,28	10,10
4"	100	114,3	0,36	14,40
5"	125	139,7	0,44	17,80
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,86	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	355,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

Gráfico CG-21-1. Quantidade de condensado para 20 m de tubo aquecido de 0 °C até a temperatura de vapor saturado



Para purgadores instalados entre a caldeira e o fim da linha principal de vapor, aplique um fator de segurança de 2:1. Aplique um fator de segurança de 3:1 para purgadores instalados no fim da linha principal ou antes das válvulas redutora e de fechamento (shut off) que são fechadas em certos períodos.

O purgador de balde invertido é recomendado porque é capaz de lidar com sujeira e ondas de condensado, além de resistir a choques hidráulicos. Além disso, se houver falha do balde invertido, geralmente ocorre na posição aberta.

Instalação. Ambos os métodos de aquecimento usam botas coletoras e purgadores em todos os pontos baixos ou pontos de drenagem natural, tais como:

- Antes de tubos de elevação
- Fim de linhas principais
- Antes de juntas de expansão ou curvas
- Antes de válvulas ou reguladores

Instale as botas coletoras e os purgadores de drenagem mesmo onde não haja pontos de drenagem natural (consulte as Figuras CG-22-1, CG-22-2 e CG-22-3). Esses normalmente devem ser instalados em intervalos de cerca de 90 m, mas nunca maiores de 150 m.

No aquecimento supervisionado, o comprimento das botas coletoras deve ser de pelo menos 1,5 vez o diâmetro da linha principal, mas nunca inferior a 250 mm. As botas coletoras em aquecimentos automáticos devem ter no mínimo 700 mm de comprimento. Para os dois métodos, é recomendado que a bota coletora tenha o mesmo diâmetro que a linha principal até 100 mm. Acima desse tamanho, deve ter pelo menos metade do diâmetro da linha principal, mas nunca menos de 100 mm. Consulte a Tabela CG-22-2.

Tabela CG-22-1. Tabela de recomendação

(consulte na página 5 as referências de "Código do recurso")

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Separador de umidade	IBLV B, M, L, E, F, N, Q	DC

Tabela CG-22-2. Tamanhos recomendados de bota coletora para linha principal de vapor e linha de ramificação

M Linha principal de vapor Tamanho (mm)	D Diâmetro do ramal de gotejamento (mm)	H Comprimento mín. da bota coletora (mm)	
		Aquecimento supervisionado (L)	Aquecimento automático (L)
15	15	250	710
20	20	250	710
25	25	250	710
50	50	250	710
80	80	250	710
100	100	250	710
150	100	250	710
200	100	300	710
250	150	380	710
300	150	460	710
350	200	535	710
400	200	610	710
450	250	685	710
500	250	760	760
600	300	915	915

Linhas principais de vapor

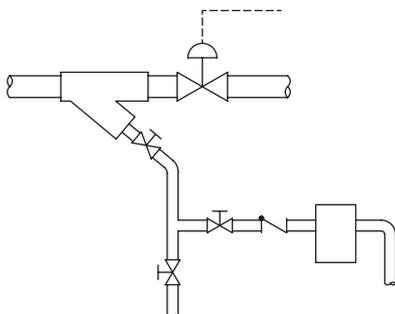


Figura CG-22-1.
Purgador que drena filtro antes da PRV.

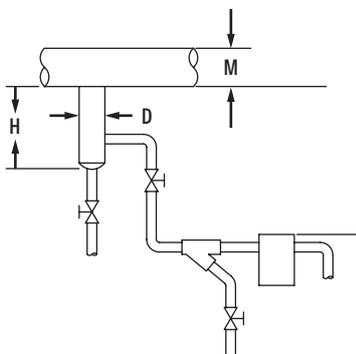


Figura CG-22-2.
Purgador que drena bota coletora na linha principal.

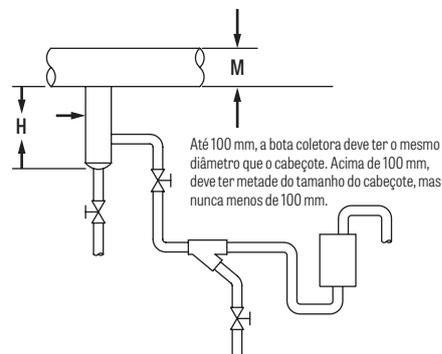


Figura CG-22-3.
Purgador que drena bota coletora no tubo de elevação. A distância "H" em metros, quando dividida por 10, resulta na pressão da altura estática (em bar) necessária para forçar a água a passar pelo purgador.

Como purgar sistemas de distribuição de vapor

Linhas de ramificação

Linhas de ramificação são derivações das linhas principais de vapor que suprem equipamentos específicos que utilizam vapor. Todo o sistema deve ser projetado e conectado para evitar o acúmulo de condensado em qualquer ponto.

Seleção de purgador e fator de segurança para linhas de ramificação.

A fórmula para calcular a carga de condensado é a mesma utilizada para linhas principais de vapor. Linhas de ramificação também têm um fator de segurança recomendado de 3:1.

Instalação. A tubulação recomendada da linha principal até a válvula de controle é mostrada na Figura CG-23-1 para seções finais com menos de 3 m e na Figura CG-23-2 para seções finais com mais de 3 m. Consulte na Figura CG-23-3 a tubulação quando a válvula de controle deve estar abaixo da linha principal.

Instale um filtro do mesmo diâmetro da tubulação antes de cada válvula de controle, bem como antes da PRV, se usada. Instale válvulas de dreno, de preferência com purgadores IB. Alguns dias após ligar o sistema, verifique se é necessário limpar as telas dos filtros.

Separadores

Separadores de umidade são projetados para remover todo o condensado que se forma em sistemas de distribuição de vapor. Eles são usados mais frequentemente antes dos equipamentos em que vapor especialmente seco é essencial. Também são comuns em linhas de vapor secundárias, que, pela própria natureza, têm uma grande porcentagem de condensado retido.

Fatores importantes na seleção de purgadores para separadores são a capacidade de lidar com ondas de condensado, oferecer boa resistência a choques hidráulicos e operar em cargas leves.

Seleção de purgador e fatores de segurança para separadores. Aplique um fator de segurança de 3:1 em todos os casos, mesmo que sejam recomendados tipos diferentes de purgador, dependendo dos níveis de condensado e de pressão.

Use a seguinte fórmula para obter a capacidade necessária do purgador:

Capacidade necessária do purgador em kg/h = fator de segurança x taxa de fluxo de vapor em kg/h x porcentagem prevista de condensado (normalmente 10%).

EXEMPLO: qual tamanho de purgador de vapor será necessário em uma taxa de fluxo de 500 kg/h? Usando a fórmula:

Capacidade necessária do purgador = $3 \times 500 \times 0,10 = 150 \text{ kg/h}$.

O purgador de balde invertido com eliminador grande é recomendado para separadores. Quando sujeira e choque hidráulico não são problemas significativos, um purgador do tipo F&T é uma alternativa aceitável.

Em muitos casos, um controlador automático de diferencial de condensado pode ser a opção preferencial. Ele combina os melhores recursos de ambos os tipos acima e é recomendado para grandes cargas de condensado que excedem a capacidade de separação do separador.

Instalação

Conecte os purgadores à linha de drenagem do separador, 250 mm a 300 mm abaixo do separador, com um tubo de drenagem que mantenha o diâmetro total da conexão de drenagem até a derivação do purgador (Figura CG-23-4). O tubo de drenagem e a cavidade de sujeira devem ter o mesmo tamanho da conexão de drenagem.

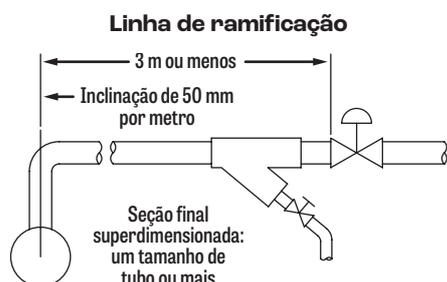


Figura CG-23-1. Tubulação para seção final inferior a 3 m. Um purgador não é necessário, a menos que a inclinação de volta para a linha de suprimento seja inferior a 50 mm por metro.

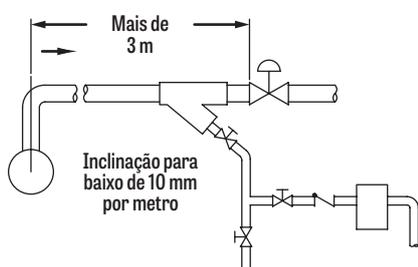


Figura CG-23-2. Tubulação para seção final superior a 3 m. Bota coletora e purgador necessários antes da válvula de controle. Um filtro antes da válvula de controle pode funcionar como uma bota coletora se a conexão de dreno for direcionada para um purgador de balde invertido. Isso também minimizará o problema de limpeza do filtro. O purgador deve ter uma válvula de retenção interna ou uma válvula antirretorno instalada antes do purgador.

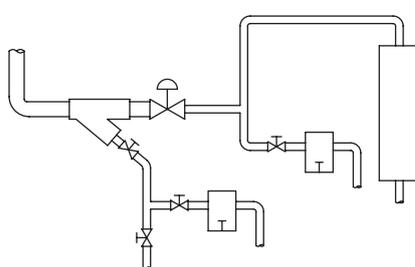


Figura CG-23-3. Independentemente do comprimento da seção final, uma bota coletora e um purgador são necessários antes da válvula de controle localizada abaixo do suprimento de vapor. Se a serpentina estiver acima da válvula de controle, um purgador também deve ser instalado no lado a jusante da válvula de controle.

Separador de umidade

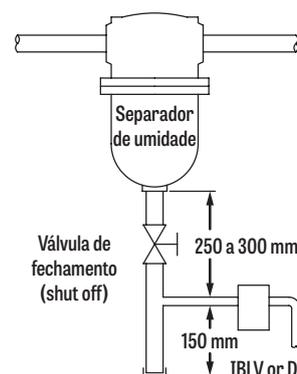


Figura CG-23-4. Drenagem do lado a jusante do separador. Uma bota coletora de tamanho completo e uma cavidade de sujeira são necessárias para garantir um fluxo positivo rápido de condensado para o purgador.

À primeira vista, pode parecer confuso devido à suposição de que o vapor superaquecido não gera condensado. Portanto, as tubulações que transportam vapor superaquecido não deveriam conter condensado. Isso é verdade quando o sistema está na temperatura e pressão ideais, mas a remoção do condensado é necessária até alcançar essa condição. Esta seção explica o que é o vapor superaquecido e as aplicações para sua utilização.

O calor específico de qualquer substância (usando padrões kJ) é a quantidade de calor necessária para aumentar a temperatura de 1 kg em 1 °C. Com essa definição, o calor específico da água é 4,186 kJ/kg °C e o calor específico do vapor superaquecido varia de acordo com a temperatura e a pressão. O calor específico diminui à medida que a temperatura aumenta, mas se eleva conforme a pressão sobe.

Vapor superaquecido normalmente se forma pela adição de um conjunto extra de serpentinas dentro da caldeira ou na área de exaustão da caldeira, aproveitando o calor "residual" da caldeira. Ou, pela adição de uma câmara de superaquecimento em algum lugar após a caldeira, conectada à linha principal de vapor. Um diagrama esquemático de um gerador de vapor com uma seção superaquecida de serpentina é mostrado abaixo.

Propriedades do vapor superaquecido

O vapor superaquecido tem diversas propriedades que o tornam inadequado como um meio de troca de energia térmica, mas ideal para transferência de trabalho e massa. Ao contrário do vapor saturado, a pressão e a temperatura do vapor superaquecido são independentes. À medida que há formação de superaquecimento na mesma pressão do vapor saturado, a temperatura e o volume aumentam.

Em caldeiras com alta liberação de calor com tambores relativamente pequenos, a separação do vapor da água é extremamente difícil. A pequena quantidade de água nos tambores, combinada com as rápidas mudanças de carga, causa condições severas de compressão e expansão, promovendo o arraste de água.

Essa água pode ser removida com separadores e purgadores nas saídas de vapor, mas eles não são 100% eficientes. Em aplicações em que é essencial ter vapor seco, serpentinas de superaquecimento adicionais são instaladas na fornalha da caldeira para atuar como passagens de convecção. Mais calor é adicionado ao vapor para vaporizar o arraste de água, o que agrega uma pequena quantidade de superaquecimento para garantir um vapor absolutamente seco.

Como vapor superaquecido pode liberar muito pouco calor antes de voltar a ser convertido em vapor saturado, ele não é um bom meio de transferência de calor. Alguns processos, como usinas elétricas, precisam de calor seco para funcionar. Independentemente do tipo de unidade de energia, o superaquecimento ajuda a reduzir a quantidade de condensação durante a partida a frio. Superaquecimento também aumenta a saída de energia retardando a condensação durante os estágios de expansão no equipamento. A presença de vapor mais seco na extremidade de exaustão aumenta a vida útil das pás de turbinas.

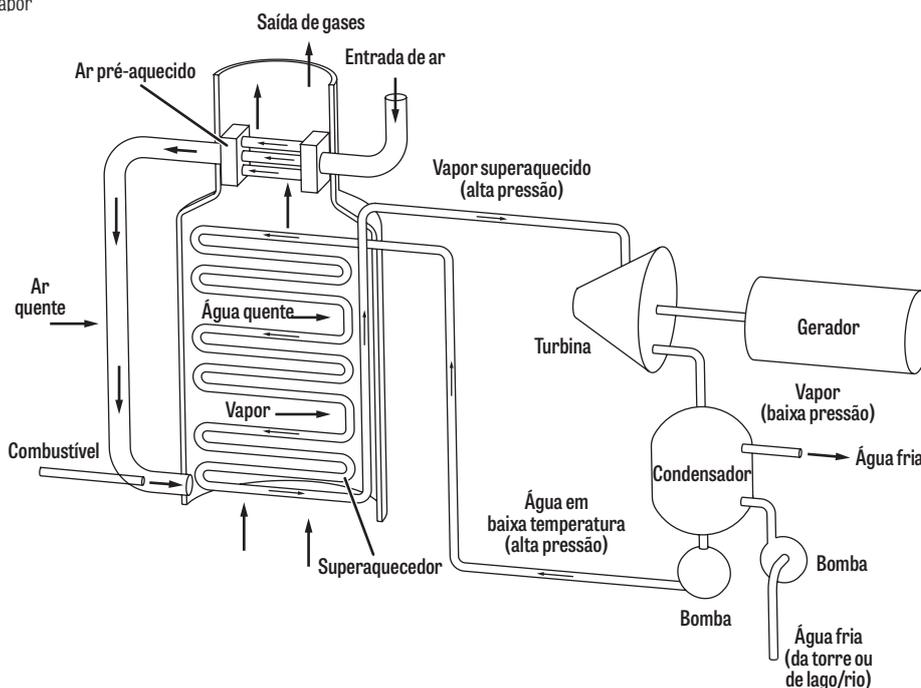
Ao contrário do vapor saturado, o vapor superaquecido pode liberar calor sem se condensar. Portanto, vapor superaquecido pode ser transportado por linhas de vapor muito longas sem perder calor suficiente para condensar. Isso permite a distribuição de vapor seco para todo o sistema de vapor.

Por que purgar sistemas superaquecidos?

O principal motivo para o uso de purgadores em sistemas superaquecidos é a carga de partida, que pode ser elevada devido ao grande tamanho das linhas principais. Na partida, é provável que se utilizem válvulas manuais, pois há tempo para abrir e fechar as válvulas. Esse processo é chamado de partida supervisionada. Um segundo motivo para o uso de purgadores de vapor é enfrentar situações de emergência, como a falha do superaquecedor ou acionamento de um desvio, que podem exigir a operação com vapor saturado. Nesses eventos não programados, não há tempo para abrir manualmente as válvulas. Portanto, purgadores de vapor são uma necessidade.

Essas são as situações para as quais ter purgadores de tamanho adequado é imprescindível. A remoção do condensado à medida que se forma em sistemas de vapor é crucial para manter a eficiência elevada e minimizar danos causados por golpes de aríete e erosão.

Figura CG-241. Gerador de vapor



Como purgar linhas de vapor superaquecido

Dimensionamento de cargas de superaquecimento para purgadores

A carga de condensado em um purgador usado em sistemas de superaquecimento pode variar significativamente, desde cargas elevadas durante a partida até praticamente nenhuma carga durante a operação. Conseqüentemente, esta é uma aplicação exigente para qualquer purgador de vapor.

Durante a partida, linhas de grande porte são preenchidas com vapor, partindo de condições frias. Nesse momento, apenas vapor saturado em baixa pressão está nas linhas até que seja possível elevar a temperatura das linhas. Isso é feito lentamente ao longo de um período para que as linhas não sejam tensionadas. Quando há um grande fluxo de condensado e baixa pressão na partida, é necessário utilizar purgadores com alta capacidade. Portanto, esses purgadores superdimensionados são necessários para operar em pressões muito altas com requisitos de capacidade muito baixos durante a operação de superaquecimento normal.

As cargas de partida típicas podem ser calculadas da seguinte forma:

Utilizando:

$$C = \frac{0,48 W_p (t_2 - t_1)}{H}$$

Em que:

C = Quantidade de condensado em kg

Wp = Peso total do tubo
(da Tabela CG-21-2 na página 21)

H = Calor total da pressão X menos calor sensível da pressão Y
(Calor latente do vapor. Para tempos de aquecimento longos, use o calor total do vapor saturado na pressão de suprimento de vapor de superaquecimento (X) menos o calor sensível do vapor saturado na pressão média (Y) durante o tempo de aquecimento envolvido.)

0,48 = Calor específico do tubo de aço em kJ/kg°C

EXEMPLO:

Supondo um aquecimento de 50 °C/h
Linha Schedule 80 com 14" de diâmetro
Vapor superaquecido de suprimento a 83 bar, 577 °C
Temperatura ambiente de 21 °C
60 m de extensão entre purgadores

Para as primeiras duas horas:

$$W_p = 60 \text{ m} \times 68,3 \text{ kg/m} = 4098 \text{ kg}$$

$$t_2 - t_1 = 121 - 21 = 100 \text{ °C}$$

$$H = 2753 \text{ kJ/kg (83 barg)} - 454 \text{ kJ/kg (0,35 barg)} = 2299 \text{ kJ}$$

$$C = \frac{0,48 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 4098 \text{ kg} \times 100 \text{ °C}}{2299 \text{ kJ/kg}} = 85,6 \text{ kg}$$

Para as segundas duas horas:

A única coisa que muda é o calor sensível (775 kJ/kg) do vapor saturado na pressão média durante o tempo envolvido.

$$C = \frac{0,48 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C} \times 4098 \text{ kg} \times 100 \text{ °C}}{1978 \text{ kJ/kg}} = 99,4 \text{ kg}$$

Tabela CG-25-1. Tabela de períodos

Período	Pressão média em barg	Temperatura no fim do período em °C	Taxa de condensação da linha de 14" em kg/h
Primeiras 2 horas	0,35	121	42,9
Segundas 2 horas	9,7	221	49,7
Terceiras 2 horas	48	321	61,5
Quartas 2 horas	83	721	58,3
Quintas 2 horas	83	577	76,2

OBSERVAÇÃO: para a pressão média de 83 barg, considere H como o calor latente do vapor a 83 barg acrescido do superaquecimento na temperatura ao final do período.

Para garantir que o condensado seja removido com eficiência, as recomendações de dimensionamento e tubulação adequadas de botas coletoras devem ser seguidas ao instalar purgadores em sistemas de superaquecimento. A Tabela CG-22-2 na página 22 lista o tamanho adequado de bota coletora para determinados tamanhos de tubo.

Mas surge a dúvida sobre a necessidade de usar isolamento na bota coletora, nas tubulações que conduzem ao purgador e no próprio purgador. A resposta é não. A menos que seja obrigatório por razões de segurança, esta seção do sistema de vapor não deve ser isolada. Isso garante que uma quantidade de condensado se forme continuamente antes do purgador e direcionada até ele, prolongando assim a vida útil do purgador.

Tipos de purgador de superaquecimento

Bimetálico

Um purgador bimetálico é ajustado e configurado para permanecer fechado até que o condensado atinja uma temperatura inferior à de saturação. Para a pressão existente, ele permanecerá fechado sempre que vapor em qualquer temperatura estiver no purgador. Conforme a temperatura do vapor aumenta, a tração do elemento bimetálico aumenta, gerando uma força de vedação maior na válvula. O vapor superaquecido tende a vedar melhor a válvula. O purgador bimetálico também tem a capacidade de tratar grandes cargas de partida. Por essas razões, este purgador é uma boa opção para fins de superaquecimento.

Durante a operação de superaquecimento, o condensado no purgador deve se resfriar até uma temperatura abaixo da temperatura de saturação antes de o purgador abrir. O condensado pode voltar para a linha e causar danos em linhas, válvulas e equipamentos se o tamanho e o comprimento da bota coletora antes do purgador forem insuficientes.

Balde invertido

Uma vedação de água impede que vapor entre na válvula, evitando a perda de vapor sob pressão e promovendo uma longa vida útil. A válvula na parte superior o torna impermeável a sujeira e permite a remoção de ar. O purgador é capaz de lidar com grandes volumes de condensado na partida, mantendo a eficiência em cargas menores durante a operação. Há complicações relacionadas à sua utilização em sistemas superaquecidos, especialmente no que diz respeito à manutenção da vedação de água ou "prime". É necessária uma tubulação adequada para manter uma vedação de água no IB.

Consulte a tubulação adequada para balde invertido na Figura CG-22-3 na página 22. Ao dimensionar um purgador de superaquecimento, dimensione-o para a carga de partida sem fator de segurança. Os materiais do corpo devem ser selecionados com base na pressão e temperatura máximas, incluindo superaquecimento.

As linhas de traço de vapor são projetadas para manter o fluido em um tubo primário a uma determinada temperatura uniforme. Na maioria dos casos, essas linhas de traço de vapor são usadas ao ar livre, o que torna as condições climáticas ambientais uma consideração crítica.

A finalidade principal dos purgadores de vapor em linhas de traço de vapor é reter o vapor até que seu calor latente seja totalmente usado e, em seguida, descarregar o condensado e os gases não condensáveis. Como acontece com qualquer equipamento de transferência de calor, cada linha de traço de vapor deve ter o próprio purgador. Mesmo que possam ser instaladas várias linhas de traço de vapor na mesma linha de fluido primário, é necessária a purga unitária para evitar contrapressão. Consulte a página 18.

Ao selecionar e dimensionar purgadores de vapor, é importante considerar a compatibilidade deles com os objetivos do sistema, pois purgadores devem:

1. Conservar energia operando de forma confiável por um longo período.
2. Executar descarga periódica instantânea para purgar o condensado e o ar da linha.
3. Operar em condições de carga leve.
4. Resistir a danos por congelamento se o vapor for desligado.

O custo do vapor faz com que as linhas de traço de vapor ineficientes representem uma despesa exorbitante que nenhum setor pode arcar.

Seleção de purgador para linhas de traço de vapor.

A carga de condensado que deve ser tratada em uma linha de traço de vapor pode ser determinada com base na perda de calor do tubo de produto através desta fórmula:

$$Q_c = \frac{k \cdot 3,6 \cdot L}{r}$$

Em que:

- Q_c = Carga de condensado, kg/h
- k = Perdas de calor em W/m do tubo isolado (consulte a Tabela CG-27-1, página 27)
- 3,6 = Fator de W/kJ/h
- L = Comprimento do tubo principal em metros
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg (consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página 6)

Figura CG-26-1. Instalação típica da linha de traço de vapor

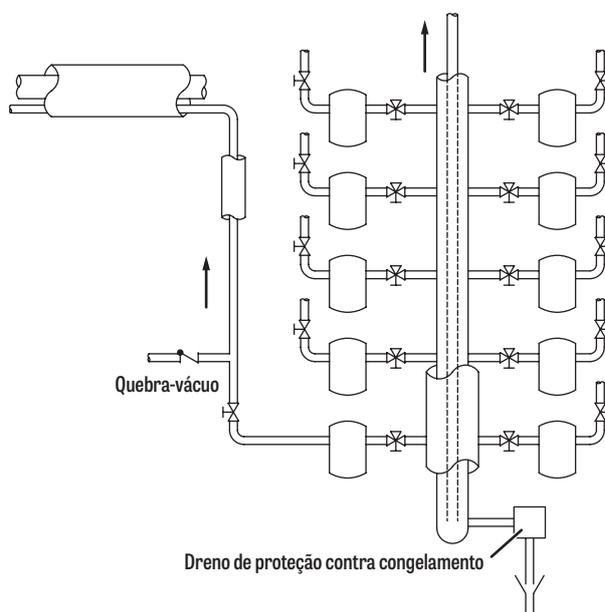


Tabela CG-26-1. Tabela de recomendação

(consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Linhas de traço de vapor	*TB A, B, C, L, J, N, I, K	Termostático ou CD

Instalação típica da linha de traço de vapor

Figura CG-26-2.

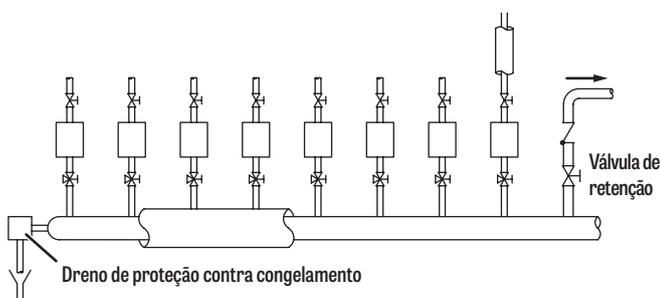
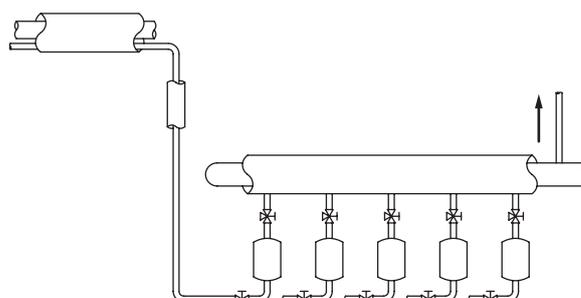


Figura CG-26-3.



Como purgar linhas de traço de vapor de purgadores

EXEMPLO: três linhas de traço de vapor a uma pressão de vapor de 11 barg são usadas em um tubo isolado com 100 mm de diâmetro e 30 m de comprimento para manter uma temperatura de 100 °C com uma temperatura externa de projeto de -25 °C. Para tais condições, a espessura recomendada de isolamento do tubo é de 100 mm (consulte as Tabelas CG-27-2 e CG-27-3). Qual é a carga de condensado?

Usando a fórmula:

$$Q_c = \frac{45,7 \text{ W/m} \times 3,6 \text{ kJ/h/W} \times 30 \text{ m}}{1983 \text{ kJ/kg}} = 2,5 \text{ kg/h}$$

Agora, divida por três para obter a carga por linha de traço de vapor — 0,84 kg/h.

Na maioria das aplicações de linha de traço de vapor, o fluxo para o purgador de vapor é surpreendentemente baixo. Portanto, o purgador menor normalmente é adequado. Com base na capacidade de conservar energia operando de forma confiável durante um longo período, tratar cargas leves, resistir a congelamento e purgar o sistema, recomenda-se um purgador de balde invertido para serviço em linhas de traço de vapor.

Fator de segurança. Use um fator de segurança 2:1 se houver exposição a condições climáticas ambientais ou não. Não superdimensione os purgadores de vapor ou linhas de traço de vapor.

Instalação

Instale linhas de distribuição ou de suprimento em uma altura acima das linhas de produto que exigem traço de vapor. Para a drenagem eficiente de condensado e a purga de gases não condensáveis, incline as linhas de traço de vapor para drenagem por gravidade e purgue todos os pontos baixos. Isso também ajuda a evitar congelamento das linhas de traço de vapor. (Consulte as Figuras CG-26-1, CG-26-2 e CG-26-3).

Para conservar energia, retorne o condensado à caldeira. Use quebra-vácuo imediatamente antes dos purgadores para garantir a drenagem durante o fechamento em sistemas de drenagem por gravidade. São sugeridos drenos de proteção contra congelamento em cabeçotes de descarga de purgadores onde prevalecem condições de congelamento.

Tabela CG-27-1. Perdas de calor em W/m de tubos isolados

Diâmetro do tubo	Espessura do isolamento	Diferença da temperatura do produto/ambiente em °C					
		25	50	75	100	125	150
DN50	40	10,9	21,8	32,7	43,6	54,5	65,4
	60	8,5	16,9	25,4	33,8	42,3	50,7
	80	7,2	14,3	21,5	28,7	35,8	43,0
DN80	60	10,8	21,6	32,3	43,1	53,9	64,7
	80	9,0	18,0	26,9	35,9	44,9	53,9
	100	7,9	15,7	23,6	31,5	39,3	47,2
DN100	60	12,8	25,6	38,3	51,1	63,9	76,7
	80	10,5	21,1	31,6	42,1	52,6	63,2
	100	9,1	18,3	27,4	36,5	45,7	54,8
	120	8,2	16,4	24,6	32,7	40,9	49,1
DN150	60	16,9	33,8	50,6	67,5	84,4	101,3
	80	13,7	27,4	41,1	54,8	68,5	82,2
	100	11,7	23,5	35,2	46,9	58,7	70,4
	120	10,4	20,8	31,2	41,6	52,0	62,4
DN200	80	16,6	33,2	49,8	66,3	82,9	99,5
	100	14,1	28,2	42,3	56,4	70,5	84,6
	120	12,4	24,8	37,2	49,6	62,0	74,4
	140	11,2	22,4	33,5	44,7	55,9	67,1
DN250	80	19,6	39,2	58,7	78,3	97,9	117,5
	100	16,5	33,1	49,6	66,2	82,7	99,3
	140	13,0	26,0	39,0	51,9	64,9	77,9
DN300	80	22,4	44,7	67,1	89,5	111,8	134,2
	100	18,8	37,6	56,5	75,3	94,1	112,9
	120	16,4	32,8	49,2	65,6	82,0	98,4
	140	14,7	29,3	44,0	58,6	73,3	87,9
	160	13,3	26,7	40,0	53,3	66,6	80,0
DN350	80	24,1	48,1	72,2	96,3	120,4	144,4
	100	20,2	40,4	60,6	80,9	101,1	121,3
	120	17,6	35,2	52,8	70,4	88,0	105,5
	140	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1
	160	14,2	28,5	42,7	57,0	71,2	85,4
DN400	100	22,4	44,9	67,3	89,7	112,1	134,6
	120	19,5	38,9	58,4	77,9	97,3	116,8
	140	17,3	34,6	52,0	69,3	86,6	103,9
	160	15,7	31,4	47,1	62,8	78,4	94,1

Tabela CG-27-2. Isolamento recomendado em mm para tubos a 3,5 barg

Diâmetro da linha de produto	Temperatura do produto em °C							
	10	20	30	40	50	60	70	80
DN25	40	40	40	40	40	40	40	40
DN40	40	40	40	40	40	40	60	60
DN50	40	40	40	40	60	60	60	60
DN80	40	40	60	60	60	60	60	80
DN100	40	60	60	60	60	80	80	80
DN150	40	60	60	80	80	80	100	100
DN200	60	60	80	80	80	100	100	120
DN250	60	80	80	80	100	100	120	120
DN300	80	80	80	100	100	120	120	120
DN350	80	80	80	100	120	120	120	140
DN400	80	80	100	120	120	120	140	140
DN500	80	80	100	120	120	140	140	160
DN600	80	100	120	120	140	140	160	160

Tabela CG-27-3. Isolamento recomendado em mm para tubos a 10 barg

Diâmetro da linha de produto	Temperatura do produto em °C								
	50	60	70	80	90	100	110	120	130
DN25	40	40	40	40	60	60	60	60	60
DN40	40	40	60	60	60	60	60	80	80
DN50	60	60	60	60	60	60	80	80	80
DN80	60	60	60	80	80	80	80	100	100
DN100	60	80	80	80	80	100	100	100	120
DN150	80	80	100	100	100	120	120	120	120
DN200	80	100	100	120	120	120	120	140	140
DN250	100	100	120	120	120	140	140	140	140
DN300	100	120	120	120	140	140	140	140	160
DN350	120	120	120	140	140	140	160	160	160
DN400	120	120	140	140	160	160	160	160	160
DN500	120	140	140	160	160	160	160	180	180
DN600	140	140	160	160	160	180	180	180	180

Há equipamentos de aquecimento de ambientes, como aquecedores unitários, unidades de tratamento de ar, serpentinas de radiação aletadas e de tubo, em praticamente todos os setores. Este tipo de equipamento é bastante básico e deve exigir muito pouca manutenção de rotina. Consequentemente, os purgadores de vapor normalmente são negligenciados por longos períodos. Um dos problemas resultantes de tal negligência é o condensado residual na serpentina de aquecimento, que pode causar danos por congelamento, corrosão e golpe de ariete.

Seleção de purgador e fatores de segurança

Os diferentes requisitos de aplicação, com pressão de vapor constante ou variável, determinam qual tipo e tamanho de purgador devem ser usados. Há dois métodos padrão para o dimensionamento de purgadores para serpentinas.

1. Pressão de vapor constante.

PURGADORES DE BALDE INVERTIDO E PURGADORES F&T usam um fator de segurança 3:1 em diferenciais de pressão de operação.

2. Pressão de vapor moduladora.

PURGADORES F&T E PURGADORES DE BALDE INVERTIDO COM BALDES TÉRMICOS

Vapor de 0 a 1 barg — fator de segurança de 2:1 a 0,1 bar de diferencial de pressão.

Vapor de 1 a 2 barg — fator de segurança de 2:1 a 0,2 bar de diferencial de pressão.

Vapor acima de 2 barg — fator de segurança de 3:1 a 1/2 do diferencial de pressão máximo no purgador.

PURGADORES DE BALDE INVERTIDO SEM BALDES TÉRMICOS Apenas pressão de vapor acima de 2 barg — fator de segurança de 3:1 a 1/2 do diferencial de pressão máximo no purgador.

Seleção de purgador para aquecedores unitários e unidades de tratamento de ar

Você pode utilizar três métodos para calcular a quantidade de condensado a ser tratada. Condições operacionais conhecidas determinarão qual método usar.

1. Método kJ. A classificação padrão para aquecedores unitários e outras serpentinas de ar é a saída em kJ com pressão de vapor de 1,15 barg no aquecedor e temperatura do ar de entrada de 15 °C. Para converter da classificação padrão para a classificação real, use os fatores de conversão na Tabela CG-30-1 (página 30). Quando as condições reais de operação forem conhecidas, multiplique a carga de condensado pelo fator de segurança adequado.

2. Método de m³/min e de elevação da temperatura do ar. Se souber apenas a capacidade em m³/min do ventilador e de elevação da temperatura do ar, encontre a saída em kJ real usando esta fórmula simples:

$$\text{kJ/h} = \text{m}^3/\text{min} \times 75 \times \text{elevação da temperatura em } ^\circ\text{C}.$$

EXEMPLO: qual tamanho de purgador drenará um aquecedor de 100 m³/min que produz uma elevação de temperatura de 30 °C? A pressão do vapor é constante a 5 barg.

Usando a fórmula:

$$100 \times 75 \times 30 = 225\,000 \text{ kJ/h.}$$

Agora divida 225 000 kJ/h por 2084 kJ/kg (das Tabelas de vapor) para obter 108 kg/h de condensado e, em seguida, multiplique pelo fator de segurança de 3 recomendado. A aplicação precisa de um purgador com capacidade de 324 kg/h.

Derive o fator de 75 na fórmula acima da seguinte forma:

$$1 \text{ m}^3/\text{min} \times 60 = 60 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$60 \text{ m}^3/\text{h} \times 1,25 \text{ kg/m}^3 \text{ (a gravidade específica do ar a } 5^\circ\text{C)} =$$

$$75 \text{ kg/h de ar}$$

$$75 \text{ kg/h} \times 1 \text{ kJ/kg/}^\circ\text{C} \text{ (calor específico do ar)} = 75 \text{ kJ/h/}^\circ\text{C}.$$

3. Método de condensado. Após determinar a saída em kJ:

a. Divida a saída em kJ pelo calor latente do vapor na pressão de vapor usada. Consulte a Coluna 2 da Tabela CG-30-1 ou as Tabelas de vapor (página CG-6). Isso fornece o peso real do vapor condensado. Para uma aproximação maior, uma regra geral pode ser aplicada na qual a saída em kJ é simplesmente dividida por 2100.

b. Multiplique o peso real do vapor em condensação pelo fator de segurança para obter a capacidade de descarga contínua necessária do purgador.

Gráfico CG-28-1. Multiplicadores de dimensionamento de purgadores para várias serpentinas

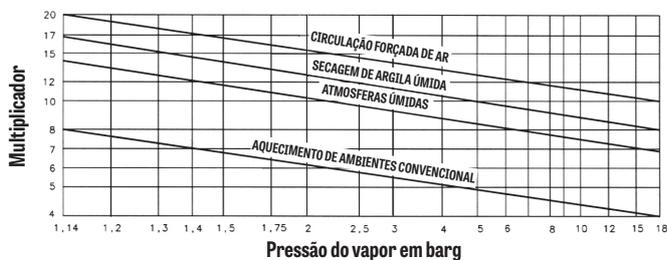


Tabela CG-28-1. Tabela de recomendação

(Consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Pressão constante		1ª opção e código do recurso	Pressão variável	
		0 a 2 barg	Acima de 2 barg		0 a 2 barg	Acima de 2 barg
Aquecedores unitários	B, C, E, K, N	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Opção alternativa	F&T	*F&T	Opção alternativa	IBLV	IBLV
Unidades de tratamento de ar	B, C, E, K, N, O	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Opção alternativa	F&T	*F&T	Opção alternativa	IBLV	IBLV
Serpentinas de radiação aletadas e de tubo	B, C, E, K, N	IBLV	IBLV	B, C, G, H, L	F&T	F&T
	Opção alternativa	Termostático	Termostático	Opção alternativa	IBLV	IBLV

*Use um IBLV acima das limitações de pressão/temperatura do F&T.

OBSERVE:

1. Instale um quebra-vácuo onde pressões subatmosféricas possam ocorrer.
2. Não use purgadores de vapor F&T em vapor superaquecido.

Como purgar equipamentos de aquecimento de ambientes



Seleção de purgador para serpentinas de tubo e de radiação aletadas

Serpentinas de tubo. Na medida do possível, purgue cada tubo individualmente para evitar contrapressão.

Serpentinas de tubo único. Para dimensionar purgadores para tubos individuais ou tubos purgados individualmente, encontre a taxa de condensação por metro de tubo na Tabela CG-30-2 (página 30). Multiplique a taxa de condensação por metro pelo comprimento em metros para obter a carga de condensado normal.

Para um aquecimento rápido, aplique um fator de segurança de seleção de purgador de 3:1 e use um purgador de balde invertido com um balde com eliminador térmico. Quando aquecimento rápido não for necessário, use um fator de segurança de seleção de purgador de 2:1 e selecione um purgador de balde invertido padrão.

Serpentinas de vários tubos. Para dimensionar purgadores para drenar serpentinas que consistem em vários tubos, faça o seguinte:

1. Multiplique o comprimento em metros de tubo na serpentina pela taxa de condensação fornecida na Tabela CG-30-2. Isso fornece a carga de condensado normal em kg/h.
2. No Gráfico CG-28-1 (página 28), encontre o multiplicador para as suas condições de serviço.
3. Multiplique a carga de condensado normal pelo multiplicador para obter a capacidade de descarga contínua necessária do purgador.

Observe que o fator de segurança está incluído no multiplicador.

Serpentinas de radiação aletadas. Quando a saída em kJ não é conhecida, as taxas de condensação podem ser calculadas com base nas Tabelas CG30-3 e CG-30-4 (página 30) com precisão suficiente para fins de seleção de purgador. Para utilizar a Tabela CG-30-3, observe o tamanho do tubo, o tamanho das aletas, o número de aletas e o material. Determine a taxa de condensação por metro em condições normais com base na Tabela CG-30-3. Converta em condições reais com a Tabela CG-30-4.

As recomendações de **fator de segurança** servem para:

1. Superar o risco de curto-circuito criado pelos vários tubos do aquecedor.
2. Assegurar a capacidade adequada do purgador em condições de operação severas. Em clima extremamente frio, a temperatura do ar de entrada provavelmente é inferior à calculada e o aumento da demanda por vapor em todas as partes da fábrica pode resultar em pressões de vapor mais baixas e pressões de linhas de retorno mais altas — todas reduzem a capacidade do purgador.
3. Assegurar a remoção de ar e outros gases não condensáveis.

AVISO: para aquecimento de baixa pressão, use um fator de segurança no diferencial de pressão real, não necessariamente na pressão de suprimento de vapor, lembrando que o purgador também deve funcionar no diferencial de pressão máximo que enfrentará.

Instalação

Em geral, siga as recomendações do fabricante específico. Figuras CG-29-1, CG-29-2, CG-29-3 e CG-29-4 representam o consenso dos fabricantes de equipamentos de aquecimento de ambientes.

OBSERVAÇÃO: para obter uma explicação sobre o purgador de drenagem de segurança, consulte a Figura CG-52-1 (página 52).

Figura CG-29-1. Purga e eliminação da serpentina de aquecimento de ar

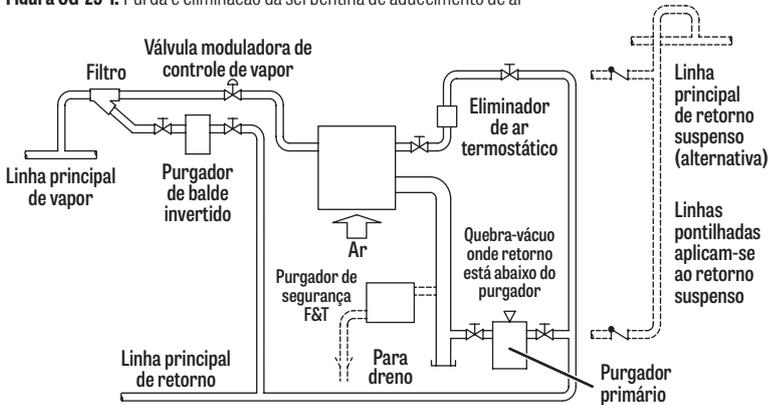


Figura CG-29-2. Purga e eliminação da serpentina de aquecimento de ar

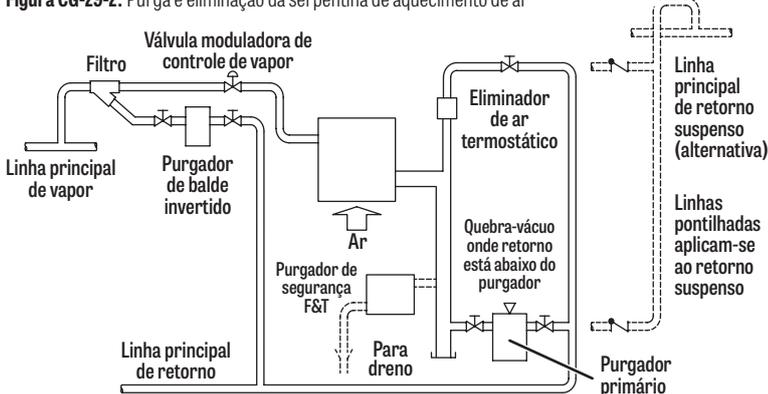


Figura CG-29-3. Método geralmente aprovado de tubulação e purga de aquecedores de descarga horizontal de alta pressão (acima de 1 barg). Figuras CG-29-3 e CG-29-4, bota coletora deve ter no mínimo de 250 a 300 mm.

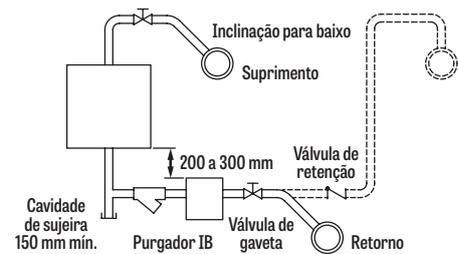


Figura CG-29-4. Método geralmente aprovado de tubulação e purga de aquecedores de descarga vertical de baixa pressão (abaixo de 1 barg).

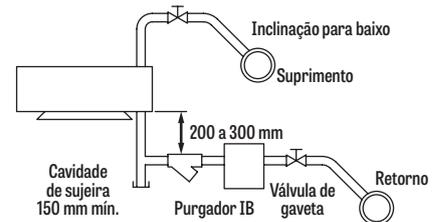


Tabela CG-30-1. Uma Tabela de Constantes para determinar a saída em kJ de um aquecedor unitário com condições fora do padrão — padrão sendo pressão do vapor de 1,15 barg com temperatura do ar de entrada de 15 °C. Para aplicar, multiplique a capacidade de kJ padrão do aquecedor pela constante indicada. (Reimpressão do Guia ASHRAE com permissão especial.)

Pressão do vapor em barg	Calor latente do vapor em kJ/kg	Temperatura do ar de entrada em °C						
		-24	-12	0	+10	+15	+20	+32
0,15	2248	-	-	-	1,07	1,00	0,92	0,78
0,35	2238	1,64	1,45	1,28	1,12	1,05	0,97	0,82
0,7	2214	1,73	1,54	1,37	1,21	1,31	1,05	0,90
1,0	2201	1,79	1,61	1,44	1,27	1,19	1,11	0,97
1,5	2181	1,86	1,67	1,49	1,33	1,25	1,17	1,02
2,0	2163	1,96	1,77	1,59	1,42	1,33	1,26	1,11
3,5	2119	2,13	1,93	1,75	1,58	1,49	1,41	1,26
5,0	2084	2,25	2,05	1,87	1,69	1,61	1,52	1,36
5,5	2075	2,31	2,11	1,92	1,74	1,66	1,57	1,41
7,0	2046	2,40	2,20	2,01	1,83	1,74	1,66	1,50

Tabela CG-30-2. Taxas de condensação em tubo sem revestimento que transporta vapor saturado

Tamanho do tubo (mm)	m² por metro de tubo	Pressão do vapor (barg), elevação de temperatura desde 21 °C					
		1 barg 120 °C	2 barg 133 °C	4 barg 152 °C	8,5 barg 177 °C	12 barg 192 °C	17 barg 207 °C
		Carga de condensado em kg/h por metro de tubo					
15	0,07	0,19	0,22	0,28	0,39	0,45	0,52
20	0,09	0,22	0,28	0,36	0,49	0,57	0,67
25	0,11	0,28	0,34	0,42	0,58	0,68	0,80
32	0,13	0,34	0,42	0,54	0,73	0,85	1,00
40	0,15	0,39	0,48	0,61	0,82	0,97	1,13
50	0,19	0,49	0,60	0,74	1,01	1,19	1,38
65	0,24	0,58	0,70	0,88	1,21	1,41	1,65
80	0,28	0,68	0,83	1,04	1,43	1,68	1,95
100	0,36	0,86	1,04	1,33	1,80	2,13	2,56

Tabela CG-30-3. Taxas de condensação de serpentinas de radiação aletadas com ar a 18 °C e vapor a 102 °C
(apenas para fins de seleção de purgador)

	Tamanho do tubo (mm)	Tamanho da aleta (mm)	Aletas por polegada	Número de tubos em altura com espaçamento de 150 mm	Condensado em kg/h por metro de tubo
Tubo de aço, aletas de aço Pintura preta	32	82,6	3 a 4	1	1,64
				2	2,98
				3	3,87
	32	108	3 a 4	1	2,38
				2	3,57
				3	4,62
50	108	2 a 3	1	2,23	
			2	3,57	
			3	4,62	
Tubo de cobre, aletas de alumínio Sem pintura	32	82,6	4	1	2,38
				2	3,28
				3	4,17
	32	108	5	1	3,28
				2	4,47
				3	5,36

Tabela CG-30-4. Fatores de conversão de serpentinas de radiação aletadas para temperaturas diferentes de 18 °C no ar e 102 °C no vapor

Pressão do vapor (barg)	Temp. do vapor (°C)	Temperatura do ar de entrada (°C)						
		7	13	18	21	24	27	32
0,05	101,7	1,22	1,11	1,00	0,95	0,90	0,84	0,75
0,35	108,4	1,34	1,22	1,11	1,05	1,00	0,95	0,81
0,70	115,2	1,45	1,33	1,22	1,17	1,11	1,05	0,91
1,00	120,2	1,55	1,43	1,31	1,26	1,20	1,14	1,00
2,00	133,5	1,78	1,66	1,54	1,48	1,42	1,37	1,21
4,00	151,8	2,10	2,00	1,87	1,81	1,75	1,69	1,51
7,00	170,4	2,43	2,31	2,18	2,11	2,05	2,00	1,81
8,50	177,7	2,59	2,47	2,33	2,27	2,21	2,16	1,96
12,00	191,6	2,86	2,74	2,60	2,54	2,47	2,41	2,21

Como purgar aquecedores de ar de processo

Os aquecedores de ar de processo são usados para secar papel, madeira, leite, amido e outros produtos, bem como preaquecer o ar de combustão para caldeiras.

Exemplos comuns deste tipo de equipamento são secadores de processo, secadores de túnel e preaquecedores de ar de combustão. Em comparação com aquecedores de ar para aquecimento de ambientes, os aquecedores de ar de processo funcionam a temperaturas muito altas, não sendo incomum 260 °C. Essas aplicações de temperaturas extremamente elevadas exigem vapor de alta pressão (e, ocasionalmente, superaquecido).

Seleção de purgador e fator de segurança

Determine a carga de condensado para aquecedores de ar de processo com a seguinte fórmula:

$$Q_c = \frac{V \times c \times r \times 60 \text{ min/h} \times \Delta t}{r}$$

Em que:

- Q_c = Carga de condensado em kg/h
- V = Metros cúbicos de ar por minuto
- c = Calor específico do ar em kJ/kg/°C (da Tabela CG-58-2, página 58)
- r = Densidade do ar - 1,2 kg/m³ a 15 °C (temperatura do suprimento de ar)
- Δt = Elevação da temperatura em °C
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg (consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página 6)

EXEMPLO: qual seria a carga de condensado em uma serpentina de secador de túnel que trata 60 m³/min de ar e exige uma elevação de temperatura de 35 °C? A pressão do vapor é de 5 barg. Usando a fórmula:

$$Q = \frac{60 \times 1 \times 1,2 \times 60 \times 35}{2084}$$

$$Q = 72,5 \text{ kg/h}$$

Multiplicar por um fator de segurança de 2 — o valor recomendado para todos os aquecedores de ar de processo de pressão constante — indica que será necessário um purgador com capacidade de 145 kg/h. Esse valor é baseado em uma serpentina. Para elevações maiores da temperatura do ar, podem ser necessárias serpentinas adicionais em série.

Fatores de segurança

Para pressão de vapor constante, use um fator de segurança de 2:1 no diferencial de pressão de operação. Para pressão de vapor moduladora, use um fator de segurança de 3:1 a 1/2 do diferencial de pressão máximo no purgador.

Instalação

A tubulação para um equipamento inteiro de aquecimento de ar de processo, incluindo todas as conexões de purgadores de vapor, exige uma tolerância adequada para expansão devido às amplas variações de temperatura. Monte os purgadores de 250 a 300 mm abaixo das serpentinas com uma cavidade de sujeira de pelo menos 150 mm. Em aquecedores de pressão constante e moduladora, instale um quebra-vácuo entre a serpentina e o purgador de vapor. Instale um eliminador de ar em cada serpentina para remover o ar e outros gases não condensáveis que possam causar corrosão rápida. Consulte a Figura CG-31-1.

Considere usar um dreno de segurança se o condensado for elevado após o purgador ou se houver contrapressão. Consulte na página 52 o diagrama e a explicação da tubulação.

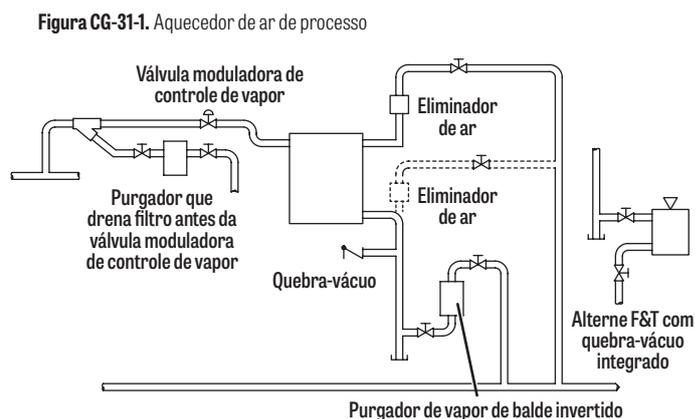


Figura CG-31-1. Aquecedor de ar de processo

Tabela CG-31-1. Tabela de recomendação
(Consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Pressão constante		1ª opção e código do recurso	Pressão variável	
		0 a 2 barg	Acima de 2 barg		0 a 2 barg	Acima de 2 barg
Aquecedores de ar de processo	A, B, F, I, K, M	IB	IB	B, C, G, H, L	F&T	*F&T
	Opção alternativa	F&T	IBLV	Opção alternativa	IBLV	IBLV

*Use um IBLV acima das limitações de pressão/temperatura do F&T.

OBSERVE:

1. Instale um quebra-vácuo onde pressões subatmosféricas possam ocorrer.
2. Não use purgadores de vapor F&T em vapor superaquecido.

Serpentinas submersas são elementos de transferência de calor que ficam imersos no líquido que será aquecido, evaporado ou concentrado. Este tipo de serpentina é encontrado em praticamente todas as fábricas ou instituições que usam vapor. Exemplos comuns são aquecedores de água, refervedores, aquecedores de sucção, evaporadores e vaporizadores. Eles são usados para aquecer água para uso doméstico ou de processo, vaporizar gases industriais, como propano e oxigênio, concentrar fluidos em processo, como açúcar, licor negro e petróleo, e aquecer óleo combustível para facilitar a transferência e atomização.

Os diferentes requisitos de aplicação, com pressão de vapor constante ou variável, determinam qual tipo de purgador deve ser usado. Os fatores de seleção de purgadores incluem a capacidade de tratar ar em baixas pressões diferenciais, conservação de energia e a remoção de sujeira e ondas de condensado. Três métodos padrão de dimensionamento ajudam a determinar o tipo e tamanho adequados de purgadores para serpentinas.

Fator de segurança

1. Pressão de vapor constante. Purgadores de balde invertido ou purgadores de vapor F&T usam um fator de segurança 2:1 em diferenciais de pressão de operação.
2. Pressão de vapor moduladora. Purgadores de vapor F&T ou purgadores de balde invertido.
 1. Vapor de 0 a 1 barg — fator de segurança de 2:1 a 0,1 bar de diferencial de pressão.
 2. Vapor de 1 a 2 barg — fator de segurança de 2:1 a 0,2 bar de diferencial de pressão.
 3. Vapor acima de 2 barg — fator de segurança de 3:1 a 1/2 do diferencial de pressão máximo no purgador.
3. Pressão de vapor constante ou moduladora com drenagem por sifão. Deve ser utilizado um controlador automático de diferencial de condensado com um fator de segurança de 3:1. Uma alternativa é um IBLV com um fator de segurança de 5:1.

Aplique o fator de segurança no diferencial total para pressão de vapor constante. Aplique o fator de segurança a 1/2 do diferencial máximo para pressão de vapor moduladora.

Trocadores de calor tipo casco e tubo

Um tipo de serpentina submersa é o trocador de calor tipo casco e tubo (Figura CG-32-1). Nesses trocadores, vários tubos são instalados em uma carcaça ou casco com área livre confinada. Isso garante um contato positivo com os tubos por qualquer fluido que passe pelo casco. Embora o termo serpentina submersa implique que o vapor está dentro dos tubos e que os tubos estão submersos no líquido a ser aquecido, o inverso também pode ser verdade, com o vapor no casco e o líquido dentro dos tubos.

Seleção de purgador para trocadores de calor tipo casco e tubo

Para determinar a carga de condensado em trocadores tipo casco e tubo, use a seguinte fórmula quando a classificação real for conhecida.* (Se as dimensões da serpentina de aquecimento forem conhecidas, use a fórmula mostrada para serpentinas de placa corrugada. Seleccione o fator "k" aplicável):

$$Q_c = \frac{m \times \Delta t \times c \times 60 \times s.g.}{r}$$

Em que:

- Q_c = Carga de condensado em kg/h
- m = Fluxo de líquido em l/min
- Δt = Elevação da temperatura em °C
- c = Calor específico do líquido em kJ/kg/°C (Tabela CG-58-1, página 58)
- 60 = 60 min/h
- $s.g.$ = Gravidade específica do líquido (Tabela CG-58-1, página 58)
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg (consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página 6)

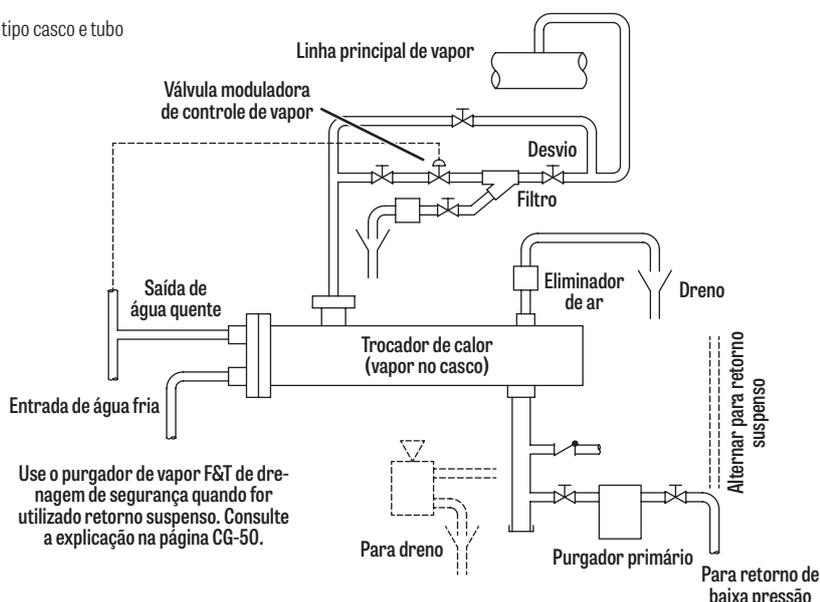
EXEMPLO: suponha uma taxa de fluxo de água de 30 l/min com uma temperatura de entrada de 20 °C e uma temperatura de saída de 120 °C. A pressão de vapor é de 1 barg. Determine a carga de condensado.

Usando a fórmula:

$$Q_c = \frac{30 \text{ l/min} \times 100 \text{ °C} \times 4,18 \text{ kJ/kg/°C} \times 60 \times 1}{2201 \text{ kJ/kg}} = 342 \text{ kg/h}$$

* Dimensione purgadores de vapor para refervedores, vaporizadores e evaporadores (processos que criam vapor) usando a fórmula para SERPENTINAS DE PLACA CORRUGADA na página CG-33.

Figura CG-32-1. Trocadores de calor tipo casco e tubo (diagrama de tubulação típica)



Como purgar trocadores de calor tipo casco e tubo e serpentinas submersas

Regra geral para cálculo da taxa de condensação de aquecedores de água: Aumentar a temperatura de 500 litros de água em 1°C condensa um quilograma de vapor.

Serpentinas de placa corrugada

Muito frequentemente, tanques abertos de água ou produtos químicos são aquecidos com serpentinas de placa corrugada (Figura CG-33-1). As ranhuras na chapa de metal das duas metades formam os espaços destinados ao vapor. Quando unidas por solda, as metades formam as passagens para entrada de vapor, transferência de calor e evacuação de condensado.

Seleção de purgador para serpentinas de placa corrugada

Quando dois líquidos em fluxo estão separados e possuem duas temperaturas diferentes, uma aumentando e a outra diminuindo, há uma diferença logarítmica de temperatura entre eles, similar à diferença entre vapor e um líquido (ou entre a entrada e a saída de um trocador de calor) em t_m .

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \left(\frac{\Delta t_1}{\Delta t_2} \right)}$$
 em que

Δt_1 = a maior diferença de temperatura

Δt_2 = a menor diferença de temperatura

A diferença de temperatura L_n pode ser determinada com precisão ligeiramente menor usando o Gráfico CG-37-1 (página 37).

EXEMPLO:

Qual é a diferença logarítmica de temperatura média de um líquido sendo aquecido de 74 °C para 95 °C e outro sendo resfriado de 125 °C para 95 °C?

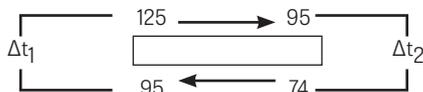
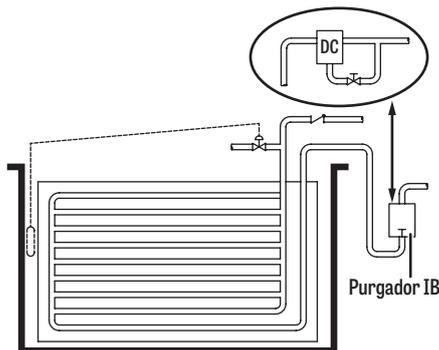


Tabela CG-33-1. Valores de k da serpentina de tubo em kJ/h.m².°C

Tipo de serviço	Circulação	
	Natural	Forçada
Vapor para água	1030 - 4080	3055 - 24 285
Aquecedores de tubo de 1 1/2"	3665	9210
Aquecedores de tubo de 3/4"	4080	10 260
Vapor para óleo	210 - 630	1025 - 3055
Vapor para líquido em ebulição	6070 - 16 330	—
Vapor para óleo em ebulição	1025 - 3055	—

Figura CG-33-1. Serpentina de placa corrugada com controle termostático, drenada por sifão



$$\Delta t_1 = 125 - 95 = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta t_2 = 95 - 74 = 21 \text{ °C}$$

A diferença logarítmica de temperatura média é:

$$\Delta t_m = \frac{30 - 21}{\ln \left(\frac{30}{21} \right)} = \frac{9}{0,36} = 25 \text{ °C}$$

Para determinar a troca de calor total, use a seguinte fórmula:

$$H = A \times k \times \Delta t_m$$

Em que:

H = Transferência de calor em kJ/h

A = Área em m²

k = Taxa total de transferência de calor em kJ/h.m².°C (Tabela CG-33-2)

Δt_m = Diferença logarítmica de temperatura média

EXEMPLO:

Área de aquecimento = 8 m²

Transferência de calor = 3770 kJ/h.m².°C

A pressão do vapor é de 1,5 barg ou 125 °C, a temperatura de saída do condensado é de 125 °C. Entrada de água fria: 74 °C.

Saída de água quente: 95 °C.

$$\Delta t_1 = 125 - 74 = 51 \text{ °C}$$

$$\Delta t_2 = 125 - 95 = 30 \text{ °C}$$

$$\Delta t_m = 39,6 \text{ °C}$$

Calor latente do vapor a 1,5 bar = 2181 kJ/kg

$$H = 8 \cdot 3770 \cdot 39,6 = 1194 \text{ 300 kJ/h}$$

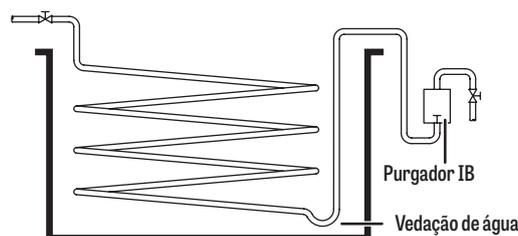
$$\text{Suponha } \frac{1194 \text{ 300}}{2181} = 548 \text{ kg/h de vapor.}$$

Para determinar o purgador adequado necessário para esta situação específica, multiplique a carga de condensado pelo fator de segurança apropriado.

Tabela CG-33-2. Valores de k da serpentina de placa corrugada em kJ/h.m².°C

Tipo de serviço	Circulação	
	Natural	Forçada
Vapor para solução aquosa	2095 - 4080	3055 - 5650
Vapor para óleo leve	840 - 920	1255 - 2260
Vapor para óleo médio	420 - 840	1025 - 2050
Vapor para Bunker C	335 - 630	840 - 1675
Vapor para asfalto	335 - 500	377 - 1255
Vapor para enxofre fundido	500 - 710	710 - 920
Vapor para parafina fundida	500 - 710	840 - 1045
Vapor para melaço ou xarope	420 - 840	1445 - 1840
Dowtherm para asfalto	335 - 630	1025 - 1255

Figura CG-33-2. Serpentina contínua, drenada por sifão



Serpentinas de tubo

Serpentinas de tubo são tubos de transferência de calor imersos em vasos de grande volume em comparação com as próprias serpentinas (Figura CG-33-2, página 33). Essa é a principal diferença delas quando comparadas com trocadores de calor tipo casco e tubo. Como as serpentinas de placa corrugada, elas podem ser drenadas por gravidade ou sifão, dependendo das condições prevaletentes no local de instalação. Ao contrário das serpentinas de placa corrugada, a maioria das serpentinas de tubo são instaladas em vasos fechados.

Seleção de purgador para serpentinas de tubo

Determine a carga de condensado para serpentinas de tubo aplicando uma das fórmulas, dependendo dos dados conhecidos. Se a capacidade for conhecida, use a fórmula especificada para trocadores de calor tipo casco e tubo. Quando as dimensões físicas da serpentina forem conhecidas, use a fórmula especificada para serpentinas de placa corrugada.

Instalação

Quando drenagem por gravidade for utilizada em trocadores de calor, serpentinas de placa corrugada e serpentinas de tubo, localize o purgador de vapor abaixo da serpentina de aquecimento. Sob pressão moduladora, use um quebra-vácuo. Ele pode estar integrado em purgadores F&T ou ser montado na tubulação de entrada em um purgador de balde invertido. Coloque uma bota coletora grande antes do purgador, para atuar como um reservatório. Isso garante a drenagem da serpentina quando houver uma carga de condensado máxima e um diferencial de pressão de vapor mínimo.

Evite elevar o condensado a partir de um trocador de calor tipo casco e tubo, serpentina de placa corrugada ou serpentina de tubo sob controle modulador. No entanto, se isso precisar ser feito, sugere-se o seguinte:

1. Não tente elevar o condensado mais de 0,2 bar em relação ao diferencial de pressão normal, seja antes ou depois do purgador.
2. Se a elevação do condensado ocorrer após o purgador de vapor, instale um dreno de segurança de baixa pressão (consulte a página 57).
3. Se a elevação do condensado ocorrer antes do purgador de vapor (elevação com sifão), instale um controlador automático de diferencial de condensado para eliminar com eficiência todo o vapor flash.

Tabela CG-34-1. Tabela de recomendação
(consulte na página CG-5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Pressão constante		1ª opção e código do recurso	Pressão variável	
		0 a 2 barg	Acima de 2 barg		0 a 2 barg	Acima de 2 barg
Trocador de calor tipo casco e tubo	B, C, E, F, G, I, K, N, Q	IBLV	IBLV	B, C, G, H, I, L	F&T+	F&T+
	Opção alternativa	DC F&T	DC *F&T	Opção alternativa	DC IBT	DC IBLV
Serpentinas de placa corrugada e serpentinas de tubo drenadas por sifão	B, C, E, F, G, H, I, K, N, Q	DC	DC	B, C, G, H, I, L	DC	DC
	Opção alternativa	IBLV	IBLV	Opção alternativa	IBT	IBLV
Serpentinas de placa corrugada e serpentinas de tubo drenadas por gravidade	B, C, E, F, G, I, K, N, Q	IBLV	IBLV	B, C, G, H, I, L	F&T+	*F&T+
	Opção alternativa	DC F&T	DC F&T	Opção alternativa	DC IBT	DC IBLV

*Use um IBLV acima das limitações de pressão/temperatura.

+ Se for necessário tratar sujeira e grandes volumes de ar, é possível utilizar com eficácia um purgador de balde invertido com um eliminador de ar termostático externo.

Observe:

1. Instale um quebra-vácuo onde pressões subatmosféricas possam ocorrer.
2. Forneça um dreno de segurança ao elevar o condensado no serviço modulador.

Como purgar evaporadores

Evaporadores reduzem o teor de água de um produto com o uso de calor. São muito comuns em muitos setores, especialmente têxtil, químico, de papel, alimentação e aço.

Um evaporador é um trocador de calor tipo casco e tubo em que o vapor normalmente está no casco e o produto nos tubos e em movimento. Dependendo do tipo de produto e dos resultados desejados, pode ser necessário mais de um estágio ou efeito de evaporação. O efeito triplo é o mais comum, embora até cinco ou seis possam ser encontrados em algumas aplicações.

Efeito único

Enquanto o produto está sendo forçado através dos tubos do evaporador, calor é adicionado para remover uma quantidade específica de umidade. Após a conclusão, o vapor do produto e o produto concentrado são forçados para a câmara de separação onde o vapor é extraído e pode ser usado em outro lugar. Em seguida, o concentrado é bombeado para outra parte do processo (Figura CG-35-1).

Efeito múltiplo

Ao utilizar o método de efeito múltiplo, ocorre uma conservação de calor, pois o vapor da caldeira é utilizado no primeiro efeito e, em seguida, o vapor gerado pelo produto atua como fonte de calor no segundo efeito. O vapor gerado aqui depois é usado como a fonte de calor no terceiro efeito e, por fim, aquece a água para algum outro processo ou preaquece a alimentação de entrada (Figura CG-35-2).

Há muitas variáveis no projeto dos evaporadores devido à sua ampla aplicação em muitos produtos diferentes. As capacidades de vapor em evaporadores podem variar de aproximadamente 500 kg/h a 50 000 kg/h, enquanto as pressões podem alcançar até 10 barg no primeiro efeito e cair para 60 cm de vácuo no último efeito.

Como evaporadores normalmente operam continuamente, há uma carga uniforme de condensado para ser tratada. É importante lembrar que purgadores devem ser selecionados para o diferencial de pressão real de cada efeito.

As três principais considerações ao purgar evaporadores são:

1. Grandes cargas de condensado.
2. Diferenciais de pressão baixos em alguns efeitos.
3. A evacuação de ar e contaminantes.

Fator de segurança

Quando a carga é razoavelmente constante e uniforme, um fator de segurança de 2:1 deve ser adequado quando aplicado a uma carga de condensação real superior a 25 000 kg/h.

Abaixo de 25 000 kg/h, use um fator de segurança de 3:1.

Para evaporadores de efeito único e múltiplo, são recomendados controladores automáticos de diferencial de condensado. Além de oferecer operação contínua, purgadores DC eliminam ar e CO₂ na temperatura do vapor; tratam vapor flash e respondem imediatamente a ondas de condensado.

Figura CG-35-1. Sistema de evaporador de efeito único

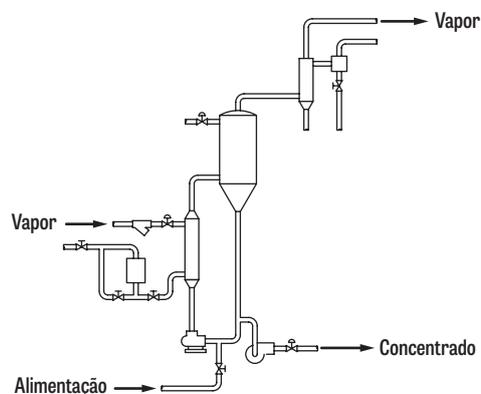


Figura CG-35-2. Sistema de evaporador de efeito triplo

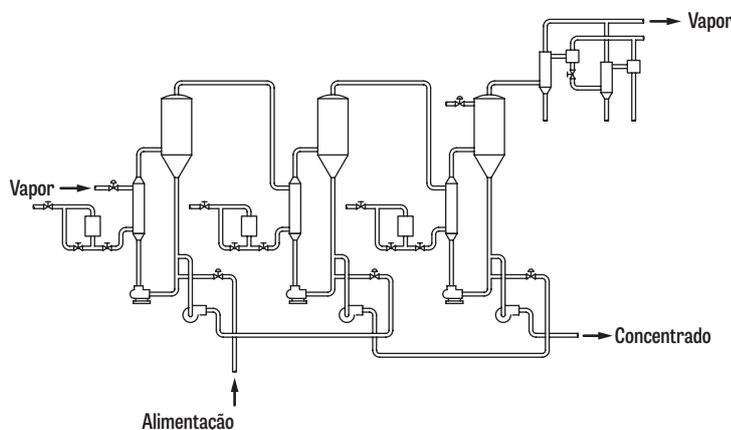


Tabela CG-35-1. Tabela de recomendação (consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)			
Equipamento sendo purgado	1ª opção, código do recurso e opção (ões) alternativa(s)	0 - 2 barg	Acima de 2 barg
Evaporador de efeito único	A, F, G, H, K, M, P	DC	DC
	Opções alternativas	IBLV F&T	IBLV F&T
Evaporador de efeito múltiplo	A, F, G, H, K, M, P	DC	DC
	Opções alternativas	IBLV F&T	IBLV F&T

Instalação

Como um evaporador é basicamente um trocador de calor tipo casco e tubo com o vapor no casco, deve haver eliminadores de ar de vapor separados no trocador de calor. Coloque esses eliminadores em qualquer área onde haja uma tendência de acumulação do ar, como na zona inerte do casco. Instale um purgador separado em cada efeito. Embora o condensado do primeiro efeito possa ser retornado à caldeira, o condensado dos efeitos seguintes pode não ser reutilizado devido à contaminação pelo produto.

Seleção de purgador para evaporadores

Ao calcular a carga de condensado para , tenha cuidado ao selecionar o valor de k (kJ/h.m².°C). Como regra geral, os seguintes valores de k podem ser usados:

5860 para evaporadores de circulação natural com vapor de baixa pressão (até 2 barg)

10 050 em circulação natural com alta pressão (até 3 barg)

15 070 com evaporadores de circulação forçada

Use a seguinte fórmula para calcular a transferência de calor em trocadores de calor de fluxo contínuo com pressão de vapor constante.

$$H = A \times k \times \Delta t_m$$

Em que:

H = Calor total transferido em kJ por hora

A = Área de superfície exterior da serpentina em m²

k = Taxa total de transferência de calor em kJ/h.m².°C (consulte as Tabelas CG-33-1 e CG-33-2)

Δt_m = Diferença logarítmica de temperatura média entre vapor e líquido (como entre a entrada e a saída de um trocador de calor) em °C

$$\Delta t_m = \frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\ln \times \frac{\Delta t_1}{\Delta t_2}}$$

Em que:

Δt_1 = Maior diferença de temperatura

Δt_2 = Menor diferença de temperatura

A diferença logarítmica de temperatura média pode ser estimada usando o nomograma, Gráfico CG-37-1.

EXEMPLO:

A = Tubos de transferência de calor: oito tubos com 3/4" de DE e 3,6 m de comprimento

$$\frac{8 \times 3,6}{16,7} = 1,7 \text{ m}^2$$

(da Tabela CG-41-3)

k = 10 260 kJ/h.m².°C

Condições:

Entrada de água: 4,5 °C

Saída de água: 65,5 °C

Vapor a 8,5 barg ou temperatura do vapor de 178,3 °C:

$\Delta t_1 = 178,3 \text{ °C} - 4,5 \text{ °C} = 173,8 \text{ °C}$

$\Delta t_2 = 178,3 \text{ °C} - 65,5 \text{ °C} = 112,8 \text{ °C}$

Dividindo por 4 para obter o intervalo do Gráfico CG-37-1, temos:

$\Delta t_1 = 43,5 \text{ °C}$

$\Delta t_2 = 28,2 \text{ °C}$

A diferença média do gráfico é de 35 °C. Multiplicando por 4, a diferença média de temperatura para o valor original é de 140 °C Substituindo na equação:

$$H = 1,7 \text{ m}^2 \times 10 260 \text{ kJ/h.m}^2 \cdot \text{°C} \times 140 \text{ °C} = 2 441 880 \text{ kJ/h}$$

Calor latente do vapor a 8,5 barg = 2018 kJ/kg

$$\frac{2 441 880 \text{ kJ/h}}{2018 \text{ kJ/kg}} = 1210 \text{ kg/h}$$

Para determinar a capacidade necessária do purgador, multiplique a taxa de condensação pelo fator de segurança recomendado.

Como purgar evaporadores

Tabela CG-37-1. Valores de k da serpentina de tubo em kJ/h.m². °C

Tipo de serviço	Circulação	
	Natural	Forçada
Vapor para água	1030 - 4080	3055 - 24 285
Aquecedores de tubo de 1 1/2"	3665	9210
Aquecedores de tubo de 3/4"	4080	10 260
Vapor para óleo	210 - 630	1025 - 3055
Vapor para líquido em ebulição	6070 - 16 330	-
Vapor para óleo em ebulição	1025 - 3055	-

Tabela CG-37-2. Valores de k da serpentina de placa corrugada em kJ/h.m². °C

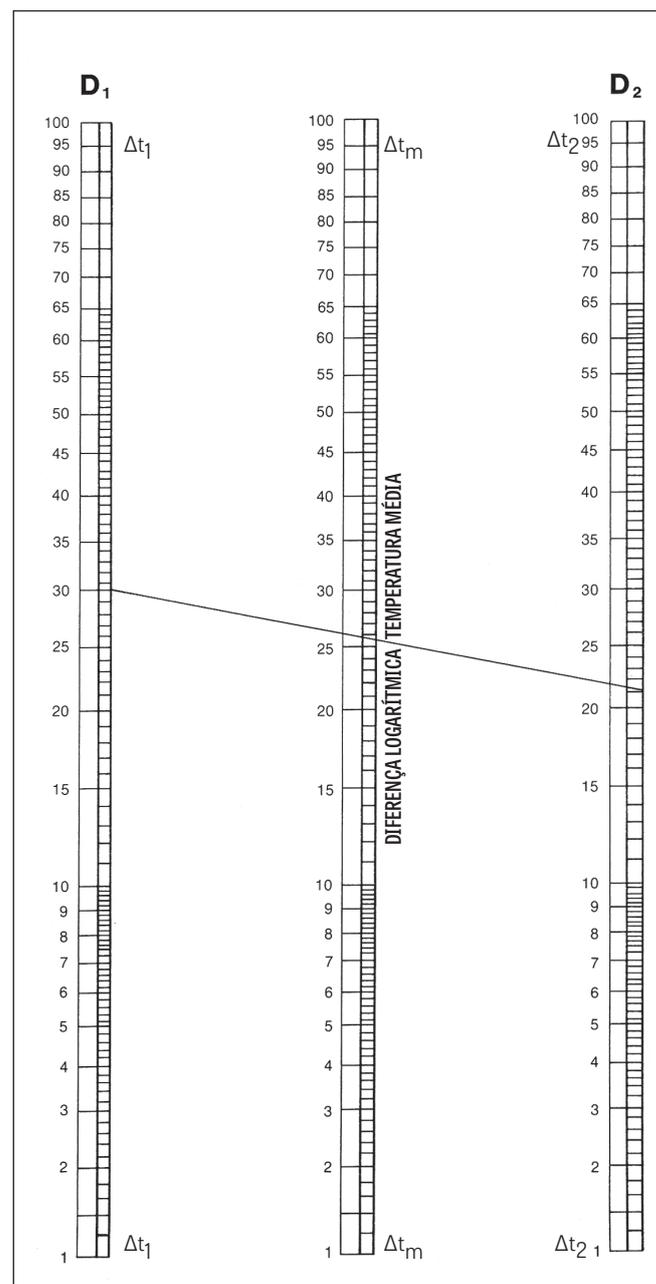
Tipo de serviço	Circulação	
	Natural	Forçada
Vapor para solução aquosa	2095 - 4080	3055 - 5650
Vapor para óleo leve	840 - 920	1255 - 2260
Vapor para óleo médio	420 - 840	1025 - 2050
Vapor para Bunker C	335 - 630	840 - 1675
Vapor para asfalto	335 - 500	377 - 1255
Vapor para enxofre fundido	500 - 710	710 - 920
Vaporize a parafina fundida	500 - 710	840 - 1045
Vapor para melação ou xarope	420 - 840	1445 - 1840
Dowtherm para asfalto	335 - 630	1025 - 1255

Tabela CG-37-3. Tabela de conversão de tamanhos de tubo

(Divida os metros lineares do tubo pelo fator fornecido para o tamanho e o tipo de tubo a fim de obter os metros quadrados de superfície).

Tamanho do tubo (mm)	Tubo de ferro	Tubo de cobre ou latão
15	14,92	25,03
20	11,94	16,70
25	9,51	12,53
32	7,54	10,00
40	6,59	8,36
50	5,28	6,26
65	4,36	4,99
80	3,58	4,17
100	2,78	3,13

Gráfico CG-37-1. Gráfico de diferença de temperatura média para equipamentos de troca de calor



Ligue a maior diferença de temperatura na escala D₁ à menor diferença de temperatura na escala D₂ para calcular a diferença logarítmica de temperatura média na escala central.

Tachos encamisados de vapor essencialmente são fogões ou concentradores com jaqueta de vapor. São encontrados em todas as partes do mundo e em quase todos os tipos de aplicação: frigoríficos, produção de papel e açúcar, graxaria, processamento de frutas e vegetais e preparação de alimentos — para citar algumas.

Há basicamente dois tipos de tacho encamisado de vapor: fixo com drenagem por gravidade e inclinável com drenagem por sifão. Cada tipo requer um método especializado de purga de vapor, embora os problemas principais sejam comuns a ambos.

O problema mais significativo encontrado é ar preso dentro da jaqueta de vapor, o que afeta negativamente a temperatura. Tachos encamisados normalmente executam operações em lote e manter uma temperatura uniforme ou de “cozimento” é crucial. Com uma quantidade excessiva de ar, ocorrem grandes variações de temperatura que podem resultar em produtos queimados e/ou produção lenta. De maneira mais específica, em certas situações, uma concentração de apenas 0,5% de ar no vapor pode formar uma película isolante na superfície de transferência de calor e reduzir a eficiência em até 50%. Consulte as páginas CG-10 e CG-11.

Uma segunda preocupação básica no uso de tachos encamisados de vapor é a necessidade da remoção constante e completa do condensado. O acúmulo de condensado na camisa torna o controle de temperatura não confiável, reduz a saída do tacho e provoca golpes de arfete.

Seleção de purgador para tachos encamisados

A capacidade necessária do purgador para tachos pode ser determinada usando a seguinte fórmula:

$$Q_c = \frac{k \times A \times \Delta t_m}{r}$$

Em que:

- Q_c = Cargas de condensado em kg/h
- k = Taxa de transferência de calor em $\text{kJ/h.m}^2.\text{°C}$
- A = Área em m^2
- Δt_m = Diferença logarítmica de temperatura média entre vapor e líquido (como entre a entrada e a saída de um trocador de calor) em °C . Consulte a página 37.
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg

EXEMPLO: qual seria a capacidade recomendada do purgador para um tacho drenado por gravidade com um diâmetro interno de 815 mm e uma pressão de vapor de operação de 5 barg aquecendo um líquido de 20 °C para 80 °C? Usando a fórmula:

$$Q_c = \frac{3600 \times 1,04 \times 106,19}{2047} = 194 \text{ kg/h}$$

- k = 3600 $\text{kJ/h.m}^2.\text{°C}$ supondo fator de k para aço inoxidável.
- A = 1,04 m^2 (fornecido pelo fabricante do tacho)

Agora, basta multiplicar por um fator de segurança de 3 para obter 582 kg/h de condensado e selecionar o tipo e a capacidade adequados do purgador.

Para usar um método alternativo de determinação de condensado, use a seguinte fórmula:

$$Q_c = \frac{V \times s.g. \times c \times \Delta t}{r \times h} \times 60$$

Em que:

- Q_c = Cargas de condensado em kg/h
- V = Litros de líquido a ser aquecido
- $s.g.$ = Gravidade específica do líquido em kg/m^3
- c = Calor específico do líquido em kJ/kg.°C
- Δt = Elevação da temperatura do líquido em °C
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg (consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página CG-6)
- h = Tempo em horas para aquecimento do produto

EXEMPLO: selecione um purgador para um tacho de 1000 litros usando vapor a 0,5 barg para aquecer um produto (leite) com uma gravidade específica de 1,03 e um calor específico de 3,77 kJ/kg.°C (Tabela CG-58-1, página CG-58). Começando na temperatura ambiente de 20 °C, o produto será aquecido até 80 °C em 30 minutos. Usando a fórmula:

$$Q_c = \frac{1000 \text{ l} \times 1,03 \text{ kg/m}^3 \times 3,77 \text{ kJ/kg.°C} \times 60 \text{ °C}}{2226 \text{ kJ/kg} \times 0,5 \text{ h}} = 211 \text{ kg/h}$$

Agora, basta multiplicar por um fator de segurança de 3 para obter 633 kg/h de condensado e selecionar o tipo e a capacidade adequados do purgador.

Com base nos requisitos e problemas padrão envolvidos com tachos fixos drenados por gravidade, o tipo de purgador mais eficiente é o de balde invertido.

O purgador de balde invertido elimina ar e CO_2 na temperatura do vapor e proporciona eficiência total contra contrapressão.

A principal recomendação para tachos inclináveis drenados por sifão é o controlador automático de diferencial de condensado. Além de oferecer os mesmos recursos do IB, o DC oferece excelente capacidade de eliminação de ar em uma pressão muito baixa e excelente capacidade de tratamento de vapor flash. Se um purgador IB for selecionado para o serviço com drenagem por sifão, use um purgador um tamanho maior.

Recomendações gerais para eficiência máxima

Velocidade de cozimento desejável. Como o produto cozido influencia bastante a seleção do purgador, uma fábrica com muitos tachos encamisados deve realizar experimentos utilizando diferentes tamanhos de purgador para determinar o tamanho que gera os melhores resultados.

Suprimento de vapor: Use linhas de vapor de tamanho amplo para suprimento de vapor aos tachos. Posicione o bocal de entrada na parte superior da camisa para obter os melhores resultados. Ele deve ser ranhurado para que haja fluxo de vapor em toda a área da camisa.

Instalação

Instale os purgadores perto do tacho. É possível aumentar ainda mais a confiabilidade e a habilidade de tratamento de ar instalando um eliminador de ar termostático em pontos altos na camisa. Consulte as Figuras CG-39-1 e CG-39-2.

Nunca drene dois ou mais tachos com um único purgador. A drenagem em grupo invariavelmente resultará em curto-circuito.

Tabela CG-38-1. Tabela de recomendação (Consulte na página 5 as referências de “Código do recurso”).		
Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Tachos encamisados, Drenagem por gravidade	IBLV B, C, E, H, K, N	F&T ou termostático
Tachos encamisados, Drenagem por sifão	DC B, C, E, G, H, K, N, P	IBLV

Como purgar tachos encamisados

Figura CG-39-1. Tacho fixo drenado por gravidade

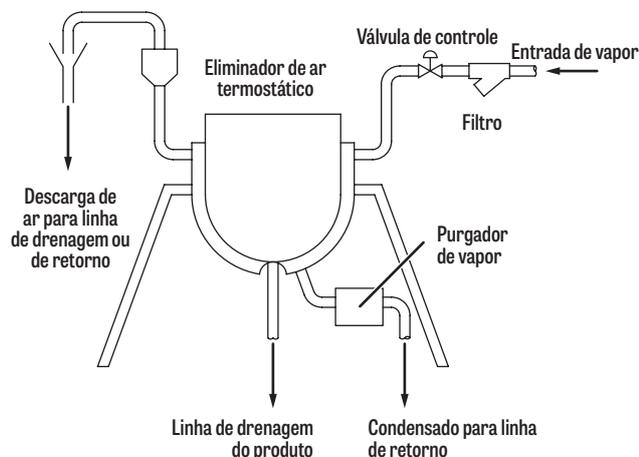


Figura CG-39-2. Tacho inclinável drenado por sifão

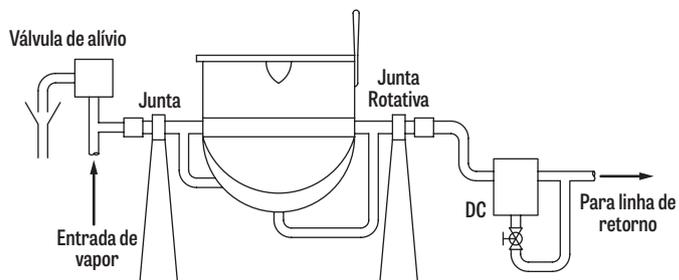


Tabela CG-39-1. Taxas de condensado em kg/h para tachos encamisados — Superfície de condensação hemisférica
Fator de segurança de 3:1 incluído. Suponha $k = 3600 \text{ kJ/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$, temperatura inicial = 10°C

Diâmetro do tacho (mm)	Superfície de transferência de calor (m^2)	Litros de água no hemisfério	Litros de água por mm de altura acima do hemisfério	Pressão do vapor (barg)								
				0,35 108 °C	0,7 115 °C	1 120 °C	1,7 130 °C	2,5 139 °C	4 152 °C	5 159 °C	7 170 °C	8,5 178 °C
460	0,33	26,5	0,16	154	166	176	193	215	237	256	274	291
485	0,36	30,3	0,18	172	185	196	217	240	264	286	304	324
510	0,40	34,1	0,20	191	207	219	241	267	296	319	339	362
560	0,49	45,4	0,25	233	252	267	294	326	360	388	414	441
610	0,59	60,6	0,29	276	300	317	349	387	428	462	492	524
660	0,69	75,7	0,34	326	351	373	410	455	503	542	577	616
710	0,79	94,6	0,39	373	405	428	471	522	576	622	663	707
760	0,91	117,4	0,45	430	466	494	543	602	665	718	765	816
815	1,04	140,1	0,52	493	533	564	621	688	760	821	874	932
865	1,17	170,3	0,59	554	599	635	699	774	854	883	983	1049
915	1,31	200,6	0,66	620	670	711	782	866	956	1034	1100	1174
965	1,46	234,7	0,73	691	746	791	870	964	1065	1151	1226	1306
1015	1,62	276,3	0,81	765	827	877	964	1069	1181	1275	1358	1448
1070	1,78	318,0	0,89	844	913	967	1064	1179	1302	1407	1498	1598
1120	1,96	367,2	0,98	928	1002	1064	1170	1297	1431	1546	1647	1756
1170	2,14	416,4	1,07	1012	1094	1159	1275	1412	1559	1685	1795	1914
1220	2,35	465,6	1,17	1113	1203	1275	1401	1554	1716	1854	1975	2106
1370	2,94	673,8	1,48	1397	1509	1599	1759	1950	2153	2327	2478	2642
1525	3,64	927,4	1,83	1724	1863	1975	2172	2408	2659	2872	3059	3262
1830	5,24	1601,2	1,89	2483	2683	2844	3128	3468	3829	4136	4405	4697

Equipamentos de câmara de vapor fechada e estacionária incluem prensas para a fabricação de madeira compensada e outros produtos de placa, moldes com jaqueta de vapor para peças de borracha e plástico, autoclaves para cura e esterilização e retortas para cozimento.

Produto confinado em prensa com jaqueta de vapor

Produtos de plástico moldado e borracha, como caixas de baterias, brinquedos, conexões e pneus, são formados e curados, enquanto a madeira compensada é comprimida e curada com cola em equipamentos deste tipo. Calandras industriais para lavanderias são uma forma especializada de prensa com uma câmara de vapor em apenas um lado do produto.

Seleção de purgador e fator de segurança

A carga de condensado para equipamentos de câmara de vapor fechada e estacionária é determinada usando a seguinte fórmula:

$$Q_C = A \times R \times SF$$

Em que:

- Q_C = Carga de condensado em kg/h
- A = Área total da placa em contato com o produto em m^2
- R = Taxa de condensação em $kg/h/m^2$
(Para dimensionamento de purgadores de vapor, uma taxa de condensação de $35 kg/h/m^2$ pode ser usada)
- SF = Fator de segurança

EXEMPLO: qual é a carga de condensado para uma placa intermediária em uma prensa com uma placa de $600 \times 900 mm$? Usando a fórmula:

$$Q_C = 0,54 m^2 \times 35 kg/h/m^2 \times 3 = 56,7 kg/h$$

As placas de extremidade teriam metade dessa carga.

O fator de segurança recomendado para todos os equipamentos deste tipo é de 3:1.

O purgador de balde invertido é a primeira opção recomendada em câmaras, secadoras e calandras com jaqueta de vapor porque pode purgar o sistema, resistir a choques hidráulicos e conservar energia. Purgadores do tipo disco e termostático podem ser alternativas aceitáveis.

Instalação

Embora a carga de condensado em cada placa seja pequena, a purga individual é essencial para evitar curto-circuito, Figura CG-40-1. A purga individual garante uma temperatura máxima uniforme para uma determinada pressão de vapor ao drenar com eficácia o condensado e purgar os gases não condensáveis.

Injeção direta de vapor na câmara do produto

Este tipo de equipamento combina vapor com o produto para curar, esterilizar ou cozer. Exemplos comuns são autoclaves usadas na produção de produtos de borracha e plástico, esterilizadores para curativos e batas cirúrgicas e retortas para o cozimento de alimentos já enlatados.

Seleção de purgador e fator de segurança

Calcule a carga de condensado usando a seguinte fórmula:

$$Q_C = \frac{W \times c \times \Delta t}{r \times h}$$

Em que:

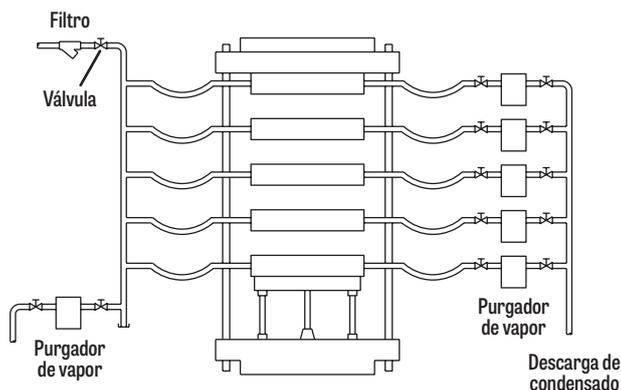
- Q_C = Carga de condensado em kg/h
- W = Peso do produto em kg
- c = Calor específico do líquido em $kJ/kg^\circ C$
(Tabela CG-58-1, página 58)
- Δt = Elevação da temperatura do produto em $^\circ C$
- r = Calor latente do vapor em kJ/kg
(consulte as Tabelas de vapor, coluna 5 na página CG-6)
- h = Tempo em horas

EXEMPLO: qual será a carga de condensado em uma autoclave que contém 100 kg de produto de borracha cuja temperatura deve ser elevada até $150^\circ C$ a partir de uma temperatura inicial de $20^\circ C$? A autoclave opera com pressão de vapor de 8 barg e o processo de aquecimento demora 20 minutos. Usando a fórmula:

$$Q = \frac{100 kg \times 2,1 kJ/kg^\circ C \times 130^\circ C}{2029 kJ/kg \times 0,33} = 41 kg/h$$

Multiplique por um fator de segurança recomendado de 3:1 para obter a capacidade necessária: 123 kg/h.

Figura CG-40-1. Produto confinado em prensa com jaqueta de vapor



Como purgar equipamentos de câmara de vapor fechada e estacionária



Como o vapor entra em contato com o produto, é possível esperar condensado sujo. Além disso, o vaso é uma câmara de grande volume que demanda uma abordagem específica para a purga de condensado e gases não condensáveis. Por esses motivos, recomenda-se um purgador de balde invertido com um eliminador de ar termostático auxiliar instalado na parte superior da câmara.

Onde não for possível instalar um eliminador de ar termostático remoto, incorpore as capacidades de purga de ar de grande volume ao próprio purgador de vapor. Deve-se considerar um controlador automático de diferencial de condensado como uma possível escolha preferencial para câmaras de grande porte. Uma alternativa é utilizar um purgador F&T ou termostático, precedido por um filtro, que deve ser inspecionado periodicamente para assegurar o fluxo contínuo.

Instalação

Devido ao contato do vapor e condensado com o produto, a descarga do purgador quase sempre deve ser descartada por um método alternativo ao retorno para a caldeira. Em praticamente todos os casos, o equipamento é drenado por gravidade até o purgador. No entanto, frequentemente se observa uma elevação do condensado após o purgador. Como a pressão do vapor normalmente é constante, isso não representa um problema. Para a remoção total de ar e um aquecimento mais rápido, instale um eliminador de ar termostático em um ponto alto do vaso. Consulte a Figura CG-41-1.

Produto na câmara, vapor na camisa

Autoclaves, retortas e esterilizadores também são exemplos comuns deste equipamento. No entanto, o condensado não é contaminado pelo contato real com o produto e pode ser retornado diretamente à caldeira. Purgadores de vapor com capacidade de purga e grande volume de eliminação de ar ainda são necessários para ter um desempenho eficiente.

Seleção de purgador e fator de segurança

Dimensione os purgadores de vapor para “equipamentos de produto na câmara, vapor na camisa” usando a mesma fórmula especificada para injeção direta de vapor. O fator de segurança também é de 3:1.

O purgador de balde invertido é recomendado porque conserva vapor, purga o sistema e resiste a choques hidráulicos.

Use o purgador IB em combinação com um eliminador de ar termostático na parte superior da câmara para obter uma capacidade de tratamento de ar maior. Como alternativa, pode ser usado um purgador F&T ou termostático. Em câmaras grandes, em que não é possível instalar o eliminador de ar, deve-se considerar um controlador automático de diferencial de condensado como uma possível primeira opção.

Instalação

Em “equipamentos de produto na câmara, com vapor na camisa”, o vapor e o condensado não entram em contato com o produto e podem ser canalizados para o sistema de retorno de condensado. Quando possível, instale um eliminador de ar termostático auxiliar em um ponto alto remoto na câmara de vapor. Consulte a Figura CG-41-2.

Tabela CG-41-1. Tabela de recomendação (Consulte na página 5 as referências de “Código do recurso”).		
Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opções alternativas
Produto confinado em prensa com jaqueta de vapor	IB A, B, E, K	CD e termostático
Injeção direta de vapor na câmara do produto	*IB A, B, E, H, K, N, Q	**DC
Produto na câmara — vapor na camisa	*IB A, B, E, H, K	Termostático, F&T e **DC

*É recomendado um eliminador de ar auxiliar.

**Primeira opção em vasos de grande volume.

Figura CG-41-1. Injeção direta de vapor na câmara do produto

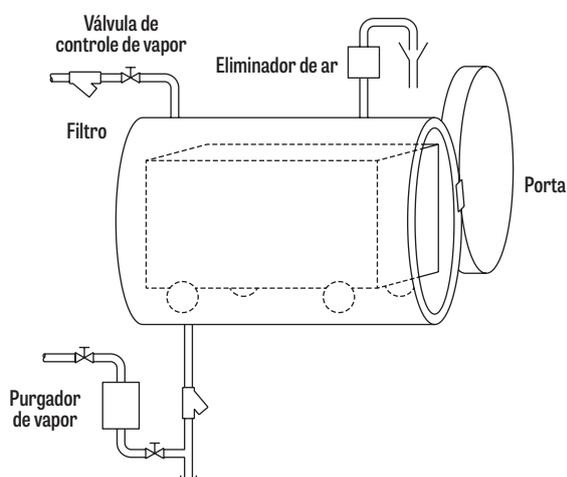
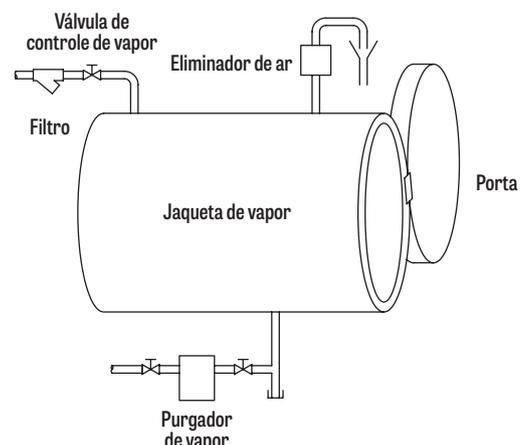


Figura CG-41-2. Produto na câmara — vapor na camisa



Há duas classificações de secadores rotativos que variam significativamente em termos de função e método de operação. O primeiro seca o produto ao colocá-lo em contato com o lado externo de um cilindro cheio de vapor. O segundo mantém o produto dentro de um cilindro rotativo, onde tubos com vapor são utilizados para secá-lo por contato direto. Em algumas aplicações, também é utilizada uma jaqueta de vapor ao redor do cilindro.

Fator de segurança

O fator de segurança para ambos os tipos de secador depende do tipo de dispositivo de drenagem selecionado.

Se um controlador automático de diferencial de condensado (DC) estiver instalado, use fator de segurança de 3:1 com base na carga máxima. Isso proporciona capacidade suficiente para tratar vapor flash, grandes ondas de condensado, variações de pressão e remoção de gases não condensáveis. O DC executa essas funções tanto em pressão constante quanto em pressão modulada.

Se um purgador de balde invertido com um eliminador grande for usado, aumente o fator de segurança para compensar o grande volume de gases não condensáveis e vapor flash que estará presente. Em condições de pressão constante, use um fator de segurança de 8:1. Com pressão modulada, aumente-o para 10:1.

Cilindro rotativo cheio de vapor com produto na parte externa

Estes secadores são amplamente utilizados nos setores de papel, têxtil, plástico e alimentos, sendo frequentemente encontrados em latas secas, secadores de tambor, calandras para lavanderias e secadores de máquinas de papel. A velocidade de operação varia de 1 ou 2 rpm a velocidades de superfície de até 5000 rpm. A pressão do vapor de operação varia de subatmosférica a mais de 14 barg. Os diâmetros podem variar de 150 mm ou 200 mm até 4000 mm a mais. Em todos os casos, é necessário o uso de drenagem por sifão e o vapor flash acompanhará o condensado.

Seleção de purgador

As cargas de condensado podem ser determinadas usando a seguinte fórmula:

$$Q_C = \pi d \times R \times W$$

Em que:

- Q_C = Carga de condensado em kg/h
- d = Diâmetro do secador em m
- R = Taxa de condensação em kg/h/m²
- W = Largura do secador em m

EXEMPLO: determine a carga de condensado de um secador com 1500 mm de diâmetro, 3000 mm de largura e uma taxa de condensação de 35 kg/h/m². Usando a fórmula:

$$\text{Carga de condensado} = \pi(1,5) \times 35 \times 3 = 495 \text{ kg/h}$$

Com base na capacidade de tratar vapor flash, ondas de condensado e purgar o sistema, recomenda-se o DC como primeira opção. Um IBLV pode ser adequado, desde que sejam seguidos os procedimentos corretos de dimensionamento.

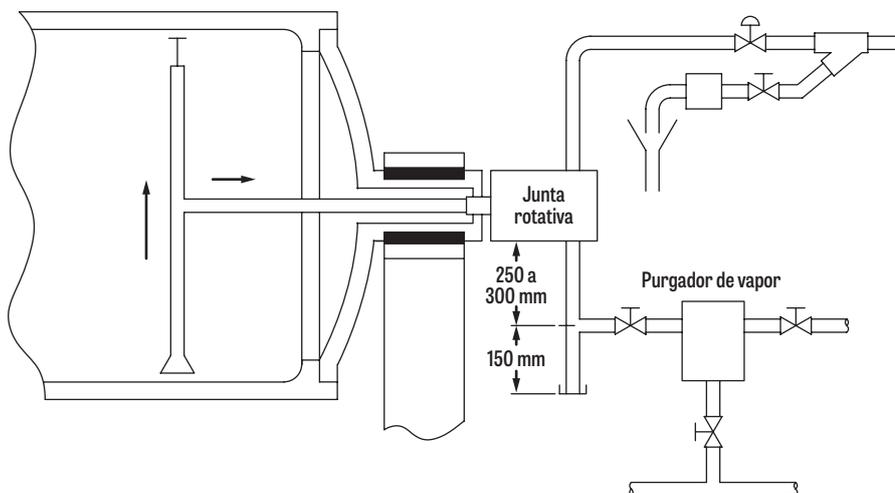
Tabela CG-42-1. Tabela de recomendação

(consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opções alternativas
Secadores rotativos	DC A, B, K, M, P, N	IBLV*

*Use o fator de segurança de 8:1 para pressão constante e de 10:1 para pressão modulada.

Figura CG-42-1. Produto fora do secador



Um cilindro giratório drenado com um sifão — um sifão interno rodeado por vapor. Parte do condensado se transforma em vapor devido ao tubo de sifão com jaqueta de vapor e à elevação do sifão durante a evacuação.

Como purgar secadores rotativos que exigem drenagem por sifão



Produto dentro de um secador rotativo aquecido por vapor

Este tipo de secador tem ampla aplicação nos setores frigorífico e de processamento de alimentos. Exemplos comuns são os secadores de grãos, fogões rotativos e condicionadores de grãos.

A rotação é relativamente lenta, normalmente limitada a algumas rpm, enquanto a pressão do vapor pode variar entre 0 e 10 barg. Essas rotações mais lentas permitem que o condensado se acumule no fundo da câmara de coleta em praticamente todos os casos. Novamente, drenagem por sifão é necessária e é gerado vapor flash durante a remoção de condensado.

Seleção de purgador

A carga de condensado gerada por esses secadores pode ser determinada usando a seguinte fórmula:

$$Q_C = N \times L \times R \times S$$

Em que:

Q_C = Condensado em kg/h

N = Número de tubos

L = Comprimento dos tubos em m

R = Taxa de condensação em kg/h/m² (típica de 30 a 45 kg/h/m²)

S = Superfície externa do tubo em m²/m (consulte a Tabela CG-43-1)

EXEMPLO: qual será a carga de condensado em um fogão rotativo que contém 30 tubos de aço de 1 1/4" com 3 m de comprimento e uma taxa de condensação de 40 kg/h/m²?

Usando a fórmula:

$$Q = 30 \times 3 \text{ m} \times 40 \text{ kg/h/m}^2 \times 0,13 \text{ m}^2/\text{m} = 468 \text{ kg/h}$$

Recomenda-se um controlador de diferencial nesses secadores por sua capacidade de purga e tratamento de vapor flash.

Novamente, o IBLV requer dimensionamento adequado para determinadas aplicações.

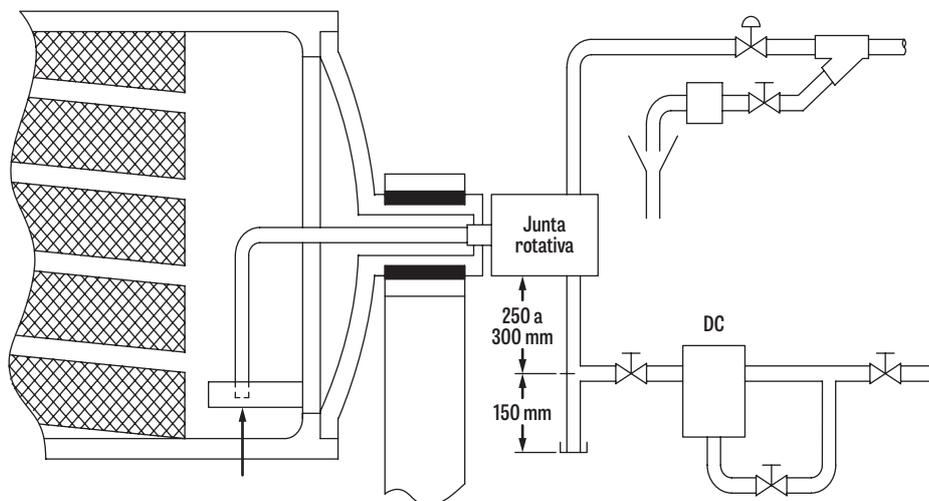
Instalação

Em todos os casos, a drenagem de condensado é feita por meio de uma junta rotativa, Figuras CG-42-1 e CG-43-1. O DC deve estar localizado de 250 a 300 mm abaixo da junta rotativa com uma cavidade de sujeira de 150 mm de extensão. Isso proporciona um reservatório para picos de condensado e também uma cavidade para incrustações.

Tabela CG-43-1. Características dos tubos para cálculo de perda de radiação

Tamanho do tubo		Diâmetro externo	Superfície externa	Peso
Polegadas	DN	mm	m ² /m	kg/m
1/8"	6	10,2	0,03	0,49
1/4"	8	13,5	0,04	0,77
3/8"	10	17,2	0,05	1,02
1/2"	15	21,3	0,07	1,45
3/4"	20	26,9	0,09	1,90
1"	25	33,7	0,11	2,97
1 1/4"	32	42,4	0,13	3,84
1 1/2"	40	48,3	0,15	4,43
2"	50	60,3	0,19	6,17
2 1/2"	65	76,1	0,24	7,90
3"	80	88,9	0,28	10,10
4"	100	114,3	0,36	14,40
5"	125	139,7	0,44	17,80
6"	150	165,1	0,52	21,20
8"	200	219,0	0,69	31,00
10"	250	273,0	0,86	41,60
12"	300	324,0	1,02	55,60
14"	350	355,0	1,12	68,30
16"	400	406,0	1,28	85,90
20"	500	508,0	1,60	135,00

Figura CG-43-1. Produto dentro do secador



Um cilindro giratório drenado com um sifão — um sifão interno rodeado por vapor. Parte do condensado se transforma em vapor devido ao tubo de sifão com jaqueta de vapor e à elevação do sifão durante a evacuação.

Quando condensado quente ou água da caldeira, sob pressão, é liberado para uma pressão mais baixa, parte evapora-se novamente, transformando-se no que é conhecido como vapor flash. O teor de calor do vapor flash é idêntico ao do vapor sob pressão na mesma pressão, embora esse valioso calor seja desperdiçado quando escapa através do eliminador no receptor. Com dimensionamento e instalação adequados de um sistema de recuperação de vapor flash, o teor de calor latente do vapor flash pode ser usado para aquecimento de ambientes, aquecimento ou preaquecimento de água, óleo e outros líquidos e aquecimento de processos de baixa pressão.

Se houver vapor de exaustão disponível, ele pode ser combinado ao vapor flash. Em outros casos, o vapor flash precisará ser complementado por vapor de compensação sob pressão reduzida. A quantidade real de vapor flash formado varia de acordo com as condições de pressão.

Quanto maior a diferença entre a pressão inicial e a pressão no lado de descarga, mais vapor flash será gerado.

Para determinar a quantidade exata, em porcentagem, de vapor flash formado em determinadas condições, consulte a página 7 para obter informações completas.

Seleção de purgador

A carga de condensado pode ser calculada usando a seguinte fórmula:

$$Q_c = L - \frac{L \times P}{100}$$

Em que:

Q_c = Carga de condensado em kg/h (a ser tratada pelo purgador de vapor)

L = Fluxo de condensado para o tanque flash em kg/h

P = Porcentagem de vapor flash

EXEMPLO: determine a carga de condensado de um tanque flash com 2300 kg/h de condensado a 7 barg que entra no tanque flash mantido a 0,7 barg. Na página 7, a porcentagem de vapor flash é P = 10,5%. Usando a fórmula:

$$Q_c = 2300 - \frac{(2300 \times 10,5)}{100} = 2059 \text{ kg/h}$$

Devido à importância da conservação de energia e da operação contra a contrapressão, o purgador mais adequado para o serviço de vapor flash é o tipo de balde invertido com um grande eliminador de balde. Além disso, o IB opera intermitentemente enquanto elimina ar e CO₂ na temperatura do vapor.

Em alguns casos, o purgador de boia e termostático é uma alternativa aceitável. Uma vantagem específica do F&T é a sua capacidade de tratar cargas de ar pesadas na partida.

Consulte no Gráfico CG-7-1 (página 7) a porcentagem de vapor flash formado ao descarregar condensado em pressão reduzida.

Um terceiro tipo de dispositivo que pode ser a escolha preferencial em muitos casos é o controlador automático de diferencial de condensado. Ele combina os melhores recursos de ambos os tipos IB e F&T e é recomendado para grandes cargas de condensado que excedem a capacidade de separação do tanque flash.

Fator de segurança

A quantidade maior de condensado na partida e as cargas variáveis durante a operação, acompanhadas de um diferencial de pressão baixo, determinam um fator de segurança de 3:1 para purgar tanques flash.

Figura CG-44-1. Desenho típico de tubulação de tanque flash

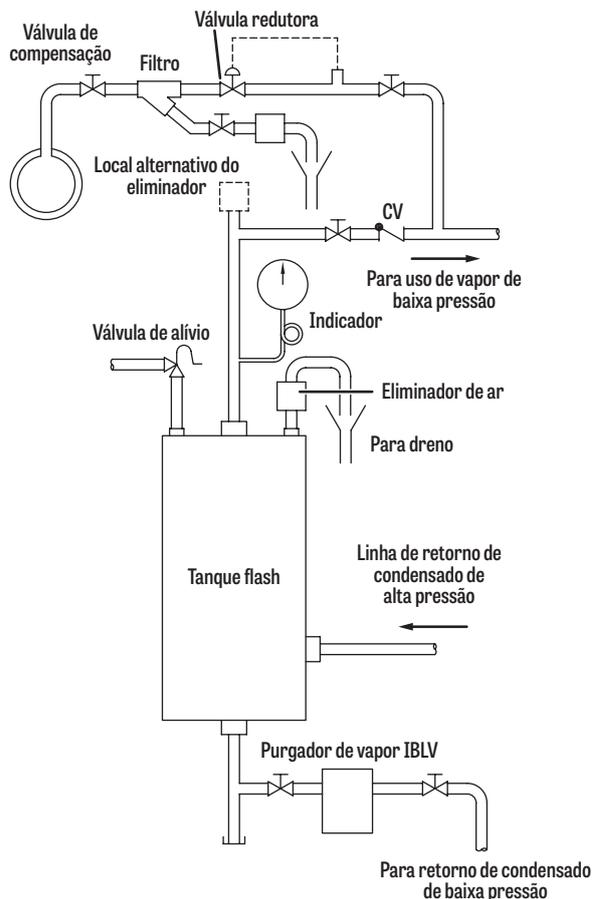


Tabela CG-44-1. Tabela de recomendação
(consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)

Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Tanques flash	IBLV B, E, M, L, I, A, F	F&T ou *DC

*Recomendado quando cargas de condensado excedem a capacidade de separação do tanque flash.

Tanque de vapor flash com compensação de vapor sob pressão, mostrando as instalações e conexões recomendadas. As válvulas de retenção nas linhas de entrada evitam o desperdício de vapor flash quando uma linha não está em uso. O desvio é utilizado quando não é possível usar vapor flash. As válvulas de alívio evitam que a pressão se acumule e interfira na operação dos purgadores de vapor de alta pressão. A válvula redutora reduz o vapor de alta pressão para a mesma pressão do vapor flash, de modo que possam ser utilizados juntos em processos ou aquecimento.

Como purgar tanques flash

Instalação

As linhas de retorno de condensado contêm vapor flash e condensado. Para recuperar o vapor flash, a linha de retorno se conecta a um tanque flash, onde o condensado é drenado, e, em seguida, o vapor é canalizado do tanque flash para os pontos de uso, Figura CG-44-1. Como um tanque flash causa contrapressão nos purgadores de vapor que descarregam no tanque, esses purgadores devem ser selecionados para garantir que funcionem contra a contrapressão e tenham capacidade suficiente nas pressões diferenciais disponíveis.

As linhas de condensado devem ser inclinadas na direção do tanque flash e, quando mais de uma linha alimentar o tanque flash, cada linha deve ter uma válvula antirretorno. Assim, qualquer linha que não estiver em uso será isolada das outras, prevenindo a alimentação reversa e o subsequente desperdício de vapor flash. Se o purgador estiver operando em baixa pressão, deve haver drenagem por gravidade para o receptor de condensado.

Em geral, o local escolhido para o tanque flash deve satisfazer o requisito de quantidade máxima de vapor flash e comprimento mínimo do tubo.

Linhas de condensado, o tanque flash e as linhas de vapor de baixa pressão devem ser isolados para evitar desperdício de vapor flash por radiação. Não é recomendada a instalação de um bocal de pulverização no tubo de entrada dentro do tanque. Ela pode se entupir, parar o fluxo de condensado e produzir uma contrapressão para os purgadores.

Equipamentos de baixa pressão que usam vapor flash devem ser purgados e descarregados individualmente para um retorno de baixa pressão. Grandes volumes de ar precisam ser eliminados do tanque flash. Portanto, um eliminador de ar termostático deve ser usado para remover o ar e impedir que ele passe pelo sistema de baixa pressão.

Dimensões do tanque flash

Em geral, tanque de flash pode ser fabricado a partir de um tubo de grande diâmetro com as extremidades inferiores soldadas ou parafusadas na posição correta. O tanque deve ser montado verticalmente. É necessária uma saída de vapor na parte superior e uma saída de condensado no fundo. A conexão de entrada de condensado deve estar de 150 a 200 mm acima da saída de condensado.

A dimensão importante é o diâmetro interno. Ele deve permitir que a velocidade ascendente do vapor flash para a saída seja suficientemente baixa para garantir que a quantidade de água transportada com o vapor flash seja pequena. Se a velocidade ascendente for mantida baixa, a altura do tanque não é importante, mas uma boa prática é usar uma altura de 700 a 1000 mm.

Foi constatado que uma velocidade de vapor de cerca de 3 m por segundo dentro do tanque flash proporciona uma boa separação entre vapor e água. Consequentemente, foram calculados diâmetros internos adequados para várias quantidades de vapor flash. Os resultados estão plotados no Gráfico CG-45-1. Essa curva fornece os menores diâmetros internos recomendados. Se for mais conveniente, pode ser usado um tanque maior.

O Gráfico CG-45-1 não leva em consideração a pressão — apenas o peso. Embora o volume de vapor e a velocidade ascendente sejam menores a uma pressão mais alta, porque o vapor é mais denso, há uma tendência maior de arraste ("priming"). Portanto, recomenda-se que, independentemente da pressão, o Gráfico CG-45-1 seja usado para determinar o diâmetro interno.

Figura CG-45-1. Recuperação de vapor flash de uma bateria de aquecedores de ar

O vapor flash é retirado do tanque flash e combinado com vapor sob pressão, cuja pressão é reduzida para a do vapor flash por uma válvula redutora.

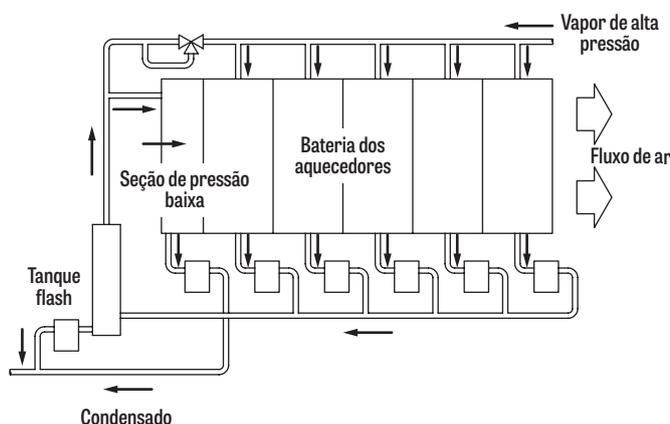
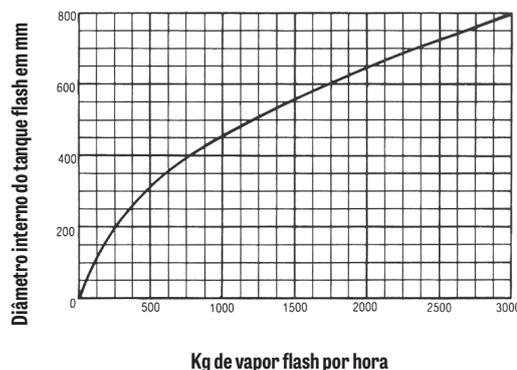


Gráfico CG-45-1. Determinação do diâmetro interno do tanque flash para tratar uma determinada quantidade de vapor flash

Encontre a quantidade de vapor flash disponível (em kg/h) na escala inferior, leia até a curva e siga pela escala vertical para obter o diâmetro em mm.



Uma máquina de refrigeração por absorção resfria a água para condicionamento de ar ou uso em processos evaporando uma solução aquosa, geralmente de brometo de lítio. O vapor fornece a energia para a parte de concentração do ciclo e, exceto para bombas elétricas, é a única entrada de energia durante todo o ciclo.

Um purgador de vapor instalado em uma máquina de absorção de vapor deve tratar grandes cargas de condensado e purgar o ar em condições moduladas de baixa pressão.

Seleção de purgador e fator de segurança

Determine a carga de condensado em kg/h produzida por uma máquina de absorção de vapor de estágio único de baixa pressão (normalmente 1 barg ou menos) dividindo sua classificação em kJ/h de refrigeração por 2100 (a quantidade de vapor em kg/h necessária para produzir uma tonelada de refrigeração). Isso representa o consumo na capacidade nominal da máquina.

EXEMPLO: quanto condensado uma máquina de absorção de vapor de estágio único produzirá com capacidade nominal de 2 512 000 kJ/h?

Divida a capacidade nominal da máquina de 2 512 000 kJ/h por 2100 para obter a carga de condensado: 1200 kg/h.

Um fator de segurança de 2:1 deve ser aplicado à carga de condensado de capacidade total e o purgador de vapor deve ser capaz de drenar essa carga a um diferencial de 0,1 bar. Em outras palavras, a máquina no exemplo exigiria um purgador capaz de tratar 2400 kg/h de condensado a 0,1 bar e com capacidade de funcionar no diferencial de pressão máximo, normalmente 1 bar.

Para fins de comparação, máquinas de absorção de dois estágios operam a uma pressão de vapor mais alta de 10 barg. Elas têm uma vantagem em relação às unidades estágio único, porque o seu consumo de energia por kJ de refrigeração é menor.

EXEMPLO: quanto condensado uma máquina de absorção de vapor de dois estágios produzirá com capacidade nominal de 1 675 000 kJ/h?

Divida a capacidade nominal da máquina de 1 675 000 kJ/h por 4200 para obter a carga de condensado: 400 kg/h.

Deve ser usado um fator de segurança de 3:1 em máquinas de absorção de vapor de dois estágios. Portanto, o exemplo requer um purgador de vapor com capacidade de 1200 kg/h. Em pressões acima de 2 barg, a capacidade do purgador deve ser alcançada com 1/2 do diferencial de pressão máximo, o que, no exemplo, é 5 bar. Em pressões abaixo de 2 barg, a capacidade do purgador deve ser alcançada a uma pressão diferencial de 0,15 bar. No entanto, o purgador ainda deve ser capaz de operar a uma pressão de entrada máxima de 10 barg.

O purgador F&T com um quebra-vácuo integrado é ideal para drenar máquinas de absorção de vapor de estágio único ou de dois estágios. Ele proporciona um fluxo de condensado uniforme modulado e uma operação que conserva energia. Um purgador de balde invertido com um eliminador de ar termostático externo também pode ser aceitável.

Instalação

Monte o purgador de vapor abaixo da serpentina de vapor da máquina de absorção com uma bota coletora a pelo menos 400 mm de altura (Figura CG-46-1). Isto garante uma pressão diferencial mínima no purgador de 0,1 bar. Independentemente do purgador usado, recomenda-se um sistema de purga de reserva para este serviço. Caso um componente no sistema de drenagem precise de manutenção, a máquina de absorção pode operar no sistema de reserva enquanto os reparos estão sendo feitos. Isso garante um serviço contínuo e ininterrupto.

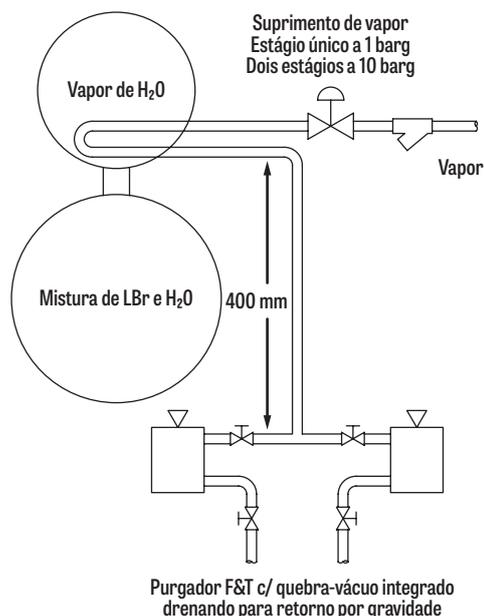
Em alguns casos, cargas de condensado muito pesadas podem exigir o uso de dois purgadores operando em paralelo para tratar a carga normal.

Tabela CG-46-1. Tabela de recomendação (Consulte na página 5 as referências de "Código do recurso".)		
Equipamento sendo purgado	1ª opção e código do recurso	Opção alternativa
Máquina de absorção de vapor	F&T A, B, G	*IB

OBSERVAÇÃO: devem ser instalados quebra-vácuo e um sistema de reserva.

*Com eliminador de ar termostático externo.

Figura CG-46-1. Método geralmente aprovado para tubulação de uma máquina de absorção de vapor com sistema de purga de reserva.



Seleção de purgador e fatores de segurança

Esta tabela fornece recomendações sobre os purgadores que provavelmente serão mais eficazes em diferentes aplicações. Os fatores de segurança recomendados garantem uma operação adequada em condições variáveis.

Para obter informações mais específicas sobre purgadores e fatores de segurança recomendados, entre em contato com um representante da Armstrong.

Tabela CG-47-1.

Aplicação	1ª opção	2ª opção	Fator de segurança
Cabeçote de caldeira (Superaquecimento)	IBLV	F&T	1,5:1
	IBCV Polido	Wafer	Carga de partida
Linhas principais de vapor e linhas de ramificação (Sem congelamento) (Congelamento)	IB (CV se a pressão variar)	F&T	2:1, 3:1 se na extremidade da linha principal antes da válvula ou na ramificação
	IB	Termostático ou de disco	Conforme acima
Separador de umidade Qualidade do vapor de 90% ou menos	IBLV	DC	3:1
	DC	-	
Linhas de traço de vapor	IB	Termostático ou de disco	2:1
Aquecedores unitários e unidades de tratamento de ar (Pressão do conteúdo) (Pressão variável de 0 a 1 barg) (Pressão variável de 1 a 2 barg) (Pressão variável > 2 barg)	IBLV	F&T	3:1
	F&T	IBLV	2:1 a um diferencial de 0,1 bar
			2:1 a um diferencial de 0,2 bar
3:1 com 1/2 diferencial* de pressão máx.			
Serpentinas de radiação aletadas e de tubo (Pressão constante) (Pressão variável)	IB	Termostático	3:1 para aquecimento rápido 2:1 normalmente
	F&T	IB	
Aquecedores de ar de processo (Pressão constante) (Pressão variável)	IB	F&T	2:1
	F&T	IBLV	3:1 com 1/2 diferencial de pressão máx.
Máquina de absorção de vapor (resfriador)	F&T	IB c/ eliminador de ar externo	2:1 a um diferencial de 0,1 bar
Trocadores de calor tipo casco e tubo, serpentinas de tubo e de placa corrugada (Pressão constante) (Pressão variável)	IB	DC ou F&T	2:1
	F&T	DC ou IBT (se IBLV > 2 barg)	< 1 barg: 2:1 a 0,1 bar 1 a 2 barg: 2:1 a 0,2 bar > 2 barg: 3:1 com 1/2 diferencial de pressão máx.
Evaporador de efeito único e efeito múltiplo	DC	IBLV ou F&T	2:1; se carga 25 000 kg/h, use 3:1
Tachos encamisados (Drenagem por gravidade) (Drenagem por sifão)	IBLV	F&T ou termostático	3:1
	DC	IBLV	
Secadores rotativos	DC	IBLV	3:1 para DC, 8:1 para IB de pressão constante, 10:1 para IB de pressão variável
Tanques flash	IBLV	DC ou F&T	3:1

IBLV = Purgador de balde invertido com eliminador de ar grande
 IBCV = Purgador de balde invertido com válvula de retenção
 IBT = Purgador de balde invertido com sensor térmico
 F&T = Purgador de boia e termostático
 DC = Controlador de diferencial de condensado

Use um IB com eliminador de ar externo acima das limitações de pressão do F&T ou se o vapor estiver sujo. Todos os fatores de segurança estão no diferencial de pressão de operação, salvo indicação em contrário.



Seleção de flanges em purgadores de vapor e drenos de líquidos de aço inoxidável – Lista de PMA (Pressão máxima permitida), TMA (Temperatura máxima permitida) e Delta PMX (Diferencial de pressão máximo)

A pressão e a temperatura de operação podem ser limitadas dependendo da classe de flange selecionada.

Tabela CG-48-1. PMA-TMA

	-10 / -11	-22	1013	11AV/LD 180/181LD	22AV/LD	13AV/LD
SW, NPT e BSPT	28 bar a 427 °C	45 bar a 315 °C	31 bar a 427 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
150SS	11 bar a 200 °C	11 bar a 200 °C	11 bar a 200 °C	16 bar a 38 °C	16 bar a 38 °C	16 bar a 38 °C
150CS	14 bar a 200 °C	14 bar a 200 °C	14 bar a 200 °C	20 bar a 38 °C	20 bar a 38 °C	20 bar a 38 °C
PN40SS	26 bar a 250 °C	26 bar a 250 °C	26 bar a 250 °C	34 bar a 38 °C	40 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
PN40CS	28 bar a 290 °C	30 bar a 250 °C	30 bar a 250 °C	34 bar a 38 °C	40 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
300SS	28 bar a 225 °C	28 bar a 225 °C	28 bar a 225 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
300CS	28 bar a 427 °C	42 bar a 250 °C	31 bar a 410 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
600SS	28 bar a 427 °C	45 bar a 315 °C	31 bar a 427 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
600CS	28 bar a 427 °C	45 bar a 315 °C	31 bar a 427 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
PN63SS	28 bar a 427 °C	40 bar a 250 °C	31 bar a 427 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C
PN63CS	28 bar a 400 °C	41 bar a 315 °C	31 bar a 400 °C	34 bar a 38 °C	41 bar a 38 °C	39 bar a 38 °C

Tabela CG-48-2. DPMX

1010		1011		1022		1810		1811		1822		1013	
Orifício	ΔPMX (bar)												
3/16	1,4	1/4	1	5/16	1	3/16	1,8	1/4	1	1/4	2,8	1/2	1
1/8	5,5	3/16	2	1/4	2	5/32	3,5	3/16	2	3/16	5,5	3/8	2
7/64	8,5	5/32	5	3/16	5	1/8	8	5/32	5	5/32	8,5	5/16	4
Nº 38	11	1/8	8,5	5/32	8,5	7/64	10,5	1/8	8,5	1/8	17	9/32	5,5
-	-	7/64	14	1/8	14	Nº 38	14	7/64	14	7/64	21	1/4	8,5
-	-	Nº 38	17	7/64	21	-	-	Nº 38	17	Nº 38	45	7/32	12,5
-	-	5/64	28	Nº 38	45	-	-	5/64	28	-	-	3/16	17
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5/32	31

Observações

A large area of the page is filled with horizontal dotted lines, providing a template for handwritten observations.

Antes de instalar

Conecte o tubo ao purgador. Antes de instalar o purgador, limpe a linha utilizando vapor ou ar comprimido. (Limpe todas as telas de filtro após essa limpeza.)

ABC da localização de purgadores

Acessível para inspeção e reparo.

Baixo do ponto de coleta sempre que possível.

Cerca (próximo) do ponto de coleta.

Conexões de purgadores. Consulte as conexões típicas nas Figuras CG-50-1 (abaixo) a CG-53 páginas 50 a 53.

Válvulas de fechamento (shut off) são necessárias antes de purgadores quando eles drenam linhas principais de vapor, grandes aquecedores de água etc., onde o sistema não pode ser desligado para manutenção dos purgadores. Não são necessárias para máquinas pequenas aquecidas a vapor — uma prensa de lavanderia, por exemplo. Uma válvula de fechamento (shut off) no suprimento de vapor da máquina é geralmente suficiente.

Válvulas de fechamento (shut off) na linha de descarga de purgadores são necessárias quando o purgador tem um desvio. É uma boa ideia quando há alta pressão no cabeçote de descarga. Consulte também Válvulas de retenção.

Desvios (Figuras CG-51-2 e CG-51-4) não são recomendados, pois, se deixados abertos, comprometem a função do purgador. Se serviço contínuo for absolutamente necessário, use dois purgadores em paralelo, um como primário e outro como reserva.

Uniãos. Se apenas uma for usada, ela deve estar no lado de descarga do purgador. Com duas uniões, evite instalações em linha horizontais ou verticais. A melhor prática é instalar em ângulos retos como nas Figuras CG-50-1 e CG-51-3 ou em paralelo como na Figura CG-55-4.

Conexões padrão. A manutenção é simplificada ao garantir que os comprimentos dos bicos de entrada e saída sejam iguais para purgadores do mesmo tamanho e tipo. Um purgador sobressalente com conexões idênticas e meias uniões pode ser mantido no depósito. Caso um purgador precise de reparo, é simples romper as duas uniões, remover o purgador, instalar a peça sobressalente e apertar as uniões. Os reparos podem ser feitos na oficina e o purgador reparado, com conexões e meias uniões, será devolvido ao estoque.

Válvulas de teste (Figura CG-50-1) são um excelente recurso para verificar o funcionamento do purgador. Use uma válvula de bujão pequeno. Instale uma válvula de retenção ou válvula de fechamento (shut off) na linha de descarga para isolar o purgador durante os testes.

Figura CG-50-1. Conexão típica do IB

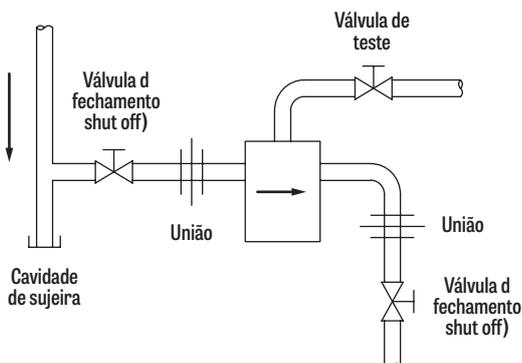
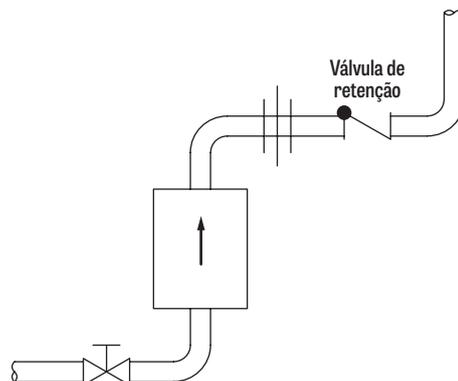


Figura CG-50-2. Entrada inferior típica do IB — Conexão de saída superior



Instalação e testes de purgadores de vapor da Armstrong



Filtros. Instale filtros antes dos purgadores se especificado ou quando as condições de sujeira justificarem o seu uso. Alguns tipos de purgador são mais suscetíveis a problemas com sujeira do que outros — consulte a Tabela de recomendação na página 5.

Alguns purgadores têm filtros integrados. Quando uma válvula de dreno de filtro for usada, desligue a válvula de suprimento de vapor antes de abrir a válvula de dreno do filtro. O condensado no corpo do purgador reevapora através da tela do filtro para uma boa limpeza. Abra lentamente a válvula de vapor.

Cavidades de sujeira são excelentes para impedir incrustações e areia de macharia, além de eliminar a erosão que pode ocorrer em cotovelos quando não há cavidades de sujeira. Limpe periodicamente.

Instalações de sifão exigem uma vedação de água e, com exceção do DC, uma válvula de retenção dentro ou antes do purgador.

O tubo de sifão deve ter um tamanho menor do que o tamanho nominal do purgador usado, mas não menor do que o tamanho de tubo DN15.

Elevação do condensado. Não superdimensione o tubo de elevação vertical. Na realidade, um tamanho de tubo menor do que o normal para a tarefa gera excelentes resultados.

Válvulas de retenção frequentemente são necessárias. Elas são indispensáveis se não for usada nenhuma válvula de fechamento (shut off) na linha de descarga. A Figura CG-51-2 mostra três possíveis locais para válvulas de retenção externas — purgadores de balde invertido da Armstrong estão disponíveis com válvulas de retenção internas, enquanto purgadores de disco atuam como a própria válvula de retenção. Consulte os locais recomendados na Figura CG-51-2.

Válvulas de retenção de linhas de descarga evitam o refluxo e isolam o purgador quando a válvula de teste é aberta. Normalmente instaladas no local B, Figura CG-51-2. Quando a linha de retorno estiver elevada e o purgador exposto a condições de congelamento, instale a válvula de retenção no local A.

Válvulas de retenção de linhas de entrada evitam a perda de vedação se a pressão cair repentinamente ou se o purgador estiver acima do ponto de coleta em purgadores IB. Recomenda-se a válvula de retenção de aço inoxidável da Armstrong no corpo do purgador, local D, Figura CG-51-2. Se for utilizada uma válvula antirretorno, instale no local C.

Figura CG-51-1. Entrada inferior típica do IB — Conexão de saída lateral

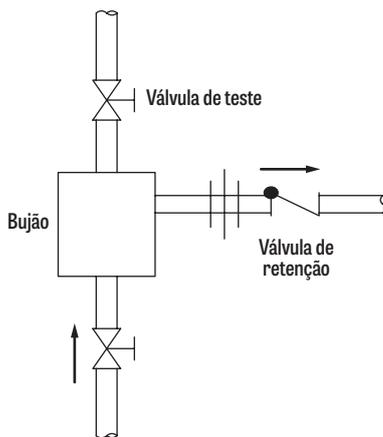


Figura CG-51-3. Conexão típica de desvio do IB

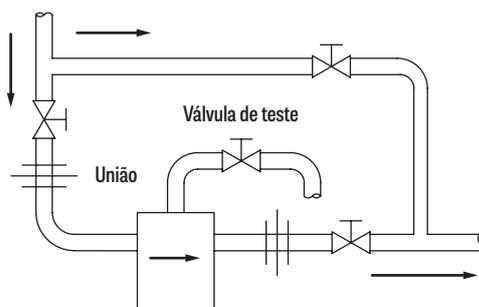


Figura CG-51-2. Possíveis localizações de válvulas de retenção

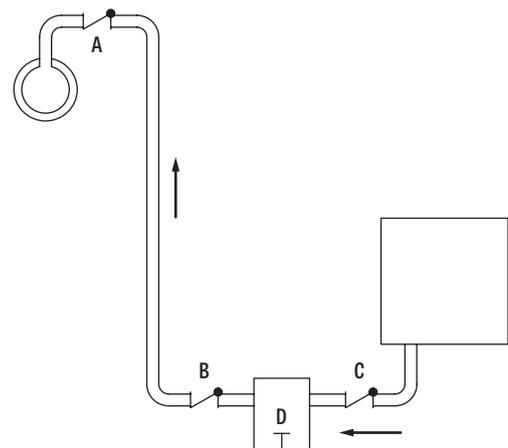
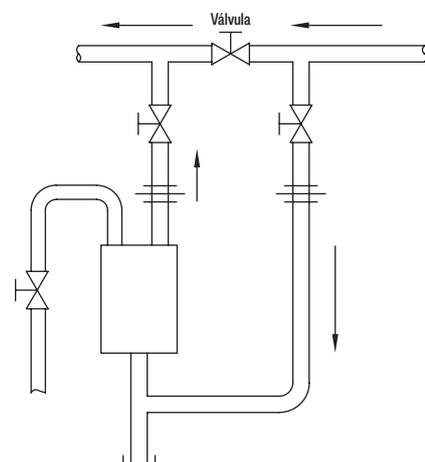


Figura CG-51-4. Conexão de desvio do IB típica, entrada inferior — saída superior



Um purgador de drenagem de segurança deve ser usado sempre que houver a probabilidade de a pressão de entrada cair abaixo da pressão de saída de um purgador de vapor primário, especialmente na presença de ar congelado. Uma dessas aplicações seria em uma serpentina de aquecimento de pressão modulada que deve ser drenada com uma linha de retorno elevada. No caso de drenagem insuficiente do purgador primário, o condensado se eleva até o dreno de segurança e é descarregado antes de poder entrar no trocador de calor. Um purgador F&T faz uma boa drenagem de segurança devido à sua capacidade de tratar grandes quantidades de ar e à sua simplicidade de operação. O purgador de drenagem de segurança deve ter o mesmo tamanho (capacidade) do purgador primário.

A aplicação adequada de um dreno de segurança é mostrada na Figura CG-52-1. A entrada do dreno de segurança deve estar localizada na bota coletora do trocador de calor, acima da entrada do purgador primário. Deve ser descarregado em um esgoto a céu aberto. O bueiro de dreno do dreno de segurança é canalizado para a entrada do purgador primário. Isso evita a perda de condensado formado no dreno de segurança por radiação do corpo quando o purgador primário está ativo. O dreno de segurança tem um quebra-vácuo integrado para manter a operação quando a pressão no trocador de calor cai abaixo da pressão atmosférica. A entrada do quebra-vácuo deve ter um pescoço de ganço para evitar que sujeira seja aspirada durante a operação. A entrada do quebra-vácuo deve ter um tubo de elevação na mesma elevação que a parte inferior do trocador de calor, para evitar vazamentos de água quando o quebra-vácuo está operando e a bota coletora e o corpo do purgador estiverem inundados.

Proteção contra congelamento

Um purgador adequadamente selecionado e instalado não congela enquanto vapor estiver chegando a ele. Se o suprimento de vapor precisar ser desligado, o vapor se condensará, formando um vácuo no trocador de calor ou na linha de traço de vapor. Isso impede a drenagem livre do condensado do sistema antes de ocorrer o congelamento. Portanto, instale um quebra-vácuo entre o equipamento que está sendo drenado e o purgador. Se não houver drenagem por gravidade através do purgador para a linha de retorno, o purgador e a linha de descarga devem ser drenados manual ou automaticamente por meio de um dreno de proteção contra congelamento. Além disso, quando são instalados vários purgadores em uma estação de purga, isolar os purgadores pode proporcionar proteção contra congelamento.

Precauções contra congelamento.

1. Não superdimensionar purgador.
2. Mantenha as linhas de descarga dos purgadores bem curtas.
3. Incline as linhas de descarga dos purgadores para baixo para que a descarga por gravidade seja rápida.
4. Isole as linhas de descarga dos purgadores e as linhas de retorno de condensado.
5. Quando linhas de retorno de condensado estiverem expostas a condições climáticas ambientais, deve ser considerado o uso de linhas de traço de vapor.
6. Se a linha de retorno for suspensa, instale a linha de descarga vertical adjacente à linha de drenagem até a parte superior da linha de retorno e isole a linha de drenagem e a linha de descarga dos purgadores em conjunto. Consulte a Figura CG-52-2.

OBSERVAÇÃO: uma longa linha de descarga horizontal atrai problemas. Pode haver formação de gelo na extremidade mais distante, o que pode acabar vedando o tubo. Isso impede a operação do purgador. Vapor não entra mais no purgador e a água no corpo do purgador congela.

Figura CG-52-1. Conexão típica de purgador de drenagem de segurança

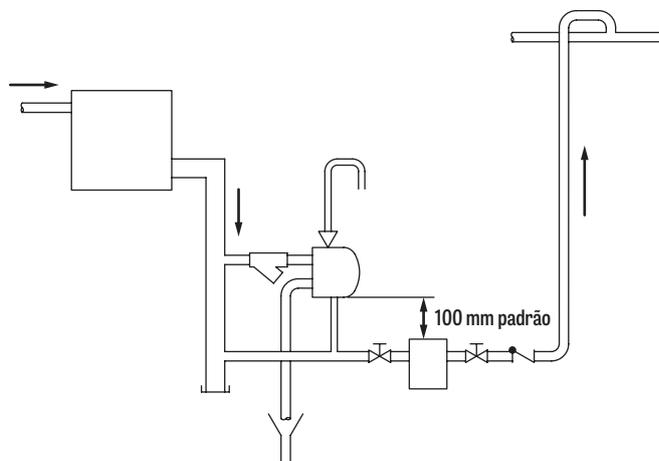
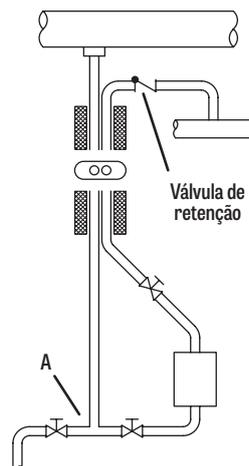
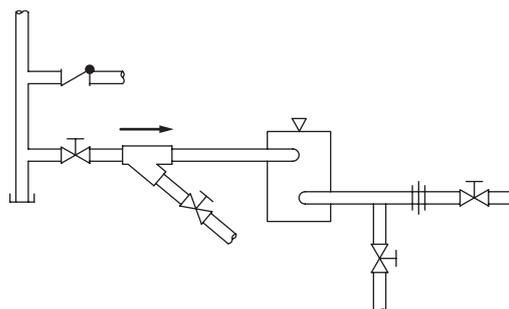


Figura CG-52-2.



Instalação ao ar livre para permitir testes e manutenção de purgadores no nível do solo quando as linhas de suprimento de vapor e retorno de condensado estão suspensas no alto. A linha de drenagem e a linha de descarga dos purgadores estão isoladas em conjunto para evitar congelamento. Observe a localização da válvula de retenção na linha de descarga e da válvula de dreno A que drena a linha principal de vapor quando o purgador é aberto para limpeza ou reparo.

Figura CG-52-3. Conexão típica do F&T



Instalação e testes de purgadores de vapor da Armstrong



Testes de purgadores de vapor da Armstrong

Cronograma de testes.

Para que a vida útil dos purgadores e a economia de vapor sejam máximas, estabeleça um cronograma regular de testes e manutenção preventiva para os purgadores. O tamanho, a pressão de operação e a importância dos purgadores determinam a frequência em que eles devem ser verificados.

Como testar

Tabela CG-53-1. Frequência sugerida de testes anuais de purgadores

Pressão de operação (barg)	Aplicação			
	Gotejamento	Traço	Serpentina	Processo
0 - 7	1	1	2	3
7 - 17	2	2	2	3
17 - 30	2	2	3	4
30 e acima	3	3	4	12

O método de válvula de teste é o melhor. A Figura CG-50 (página 50) mostra a conexão correta, com uma válvula de fechamento (shut off) na linha de retorno para isolar o purgador da linha de retorno. A seguir, veja o que observar quando a válvula de teste for aberta:

- 1. Descarga de condensado** — Purgadores de balde invertido e de disco devem ter uma descarga de condensado intermitente. Purgadores F&T devem ter uma descarga de condensado contínua, enquanto purgadores termostáticos podem ter uma descarga contínua ou intermitente, dependendo da carga. Se um purgador IB estiver operando com uma carga muito pequena, ocorrerá uma descarga contínua de condensado, resultando em um efeito de gotejamento. Esse modo de operação é normal nessa condição.
- 2. Vapor flash** — Não confunda isto com um vazamento de vapor pela válvula de retenção. Condensado sob pressão mantém mais unidades de calor — quilojoules (kJ) — por quilograma do que condensado na pressão atmosférica. Quando o condensado é descarregado, essas unidades de calor adicionais reevaporam parte do condensado. Consulte a descrição de vapor flash na página 7, em Como identificar vapor flash. Usuários de purgadores às vezes confundem vapor flash com vazamento de vapor. Para diferenciá-los: se o vapor é liberado de forma contínua, em um fluxo "azul", é um vazamento de vapor. Se o vapor "flutua" intermitentemente (sempre que o purgador descarrega) em uma nuvem esbranquiçada, é vapor flash.
- 3. Liberação de vapor contínua** — Problema. Consulte a página 54.
- 4. Sem fluxo** — Possível problema. Consulte a página 54.

Teste com dispositivo de escuta. Use um dispositivo de escuta ou posicione uma extremidade de uma haste de aço na tampa do purgador e a outra ponta próxima ao seu ouvido. Você deve ouvir a diferença entre a descarga intermitente de alguns purgadores e a descarga contínua de outros. Pode-se identificar essa condição de operação correta pelo contraste com o som mais rápido de um purgador liberando vapor. É necessário ter experiência considerável para este método de teste, pois outros ruídos são transmitidos pelas linhas de tubos.

Método de teste com pirômetro. Este método pode não gerar resultados precisos, dependendo do projeto da linha de retorno e do diâmetro do orifício do purgador. Além disso, ao descarregar em um retorno comum, outro purgador pode estar liberando vapor, o que causa uma temperatura alta na saída do purgador sendo testado. Obtenha melhores resultados com um dispositivo de escuta. Solicite o Boletim 310 da Armstrong.

Figura CG-53-1. Conexão típica do DC

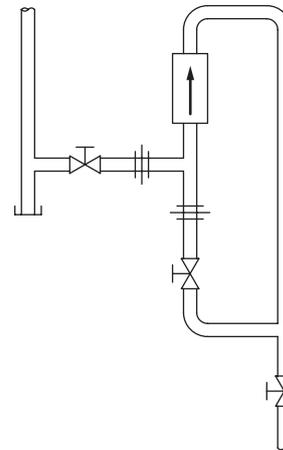


Figura CG-53-2. Conexão típica de purgador de disco

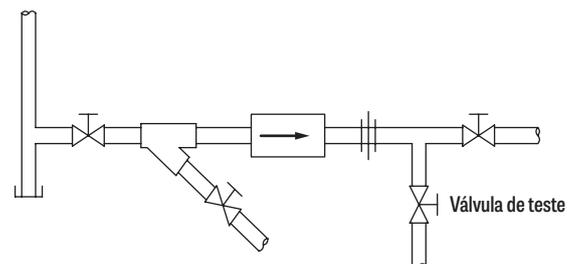
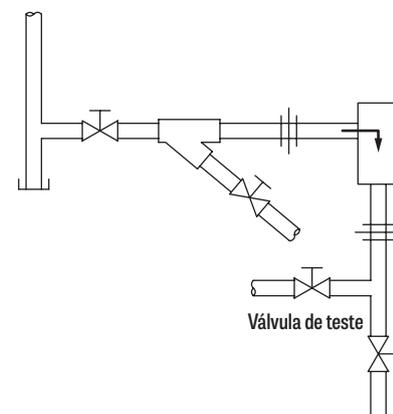


Figura CG-53-3. Conexão termostática típica



O seguinte resumo será útil para localizar e corrigir quase todos os problemas de purgadores de vapor. Muitos, na verdade, são problemas do sistema em vez de problemas de purgadores.

Temos disponível literatura de solução de problemas mais detalhada para produtos e aplicações específicos — consulte a fábrica.

Sempre que um purgador não funcionar e o motivo não estiver prontamente aparente, a descarga do purgador deve ser observada. Se o purgador instalado tiver uma saída de teste, será uma questão simples — caso contrário, será necessário interromper a conexão de descarga.

Purgador frio — Sem descarga

Se o purgador não descarregar condensado, então:

- A.** A pressão pode estar muito alta.
 1. Pressão incorreta especificada originalmente.
 2. A pressão foi elevada sem a instalação de um orifício menor.
 3. PRV com defeito.
 4. Leitura baixa do manômetro na caldeira.
 5. Orifício ampliado por desgaste normal.
 6. Vácuo elevado na linha de retorno aumenta o diferencial de pressão além do nível operacional do purgador.
- B.** Sem condensado ou vapor chegando ao purgador.
 1. Interrompido por filtro obstruído antes do purgador.
 2. Válvula quebrada na linha para o purgador.
 3. Linha ou cotovelos de tubo entupidos.
- C.** Mecanismo desgastado ou com defeito. Repare ou substitua conforme necessário.
- D.** Corpo do purgador cheio de sujeira. Instale um filtro ou remova a sujeira na origem.
- E.** Para IB, eliminador do balde cheio de sujeira. Evite:
 1. Instalando um filtro.
 2. Aumentando ligeiramente o eliminador.
 3. Usando o fio de limpeza do eliminador de ar do balde.
- F.** Para purgadores F&T, se o eliminador de ar não estiver funcionando corretamente, o purgador provavelmente sofrerá bloqueio por ar.
- G.** Para purgadores termostáticos, o elemento de foles pode romper por choque hidráulico, fazendo o purgador não permanecer fechado.
- H.** Para purgadores de discos, o purgador pode ser instalado voltado para trás.

Purgador quente — Sem descarga

- A.** Sem condensado chegando ao purgador.
 1. Purgador instalado acima de uma válvula de desvio vazando.
 2. Tubo de sifão rompido ou danificado em cilindro drenado por sifão.
 3. Vácuo nas serpentinas do aquecedor de água pode impedir a drenagem. Instale um quebra-vácuo entre o trocador de calor e o purgador.

Perda de vapor

Se o purgador liberar vapor sob pressão, as causas do problema podem ser as seguintes:

- A.** Válvula pode não se assentar.
 1. Pedaco de incrustação no orifício.
 2. Peças desgastadas.
- B.** Purgador IB pode perder a vedação de água.
 1. Se o purgador estiver liberando vapor sob pressão, feche a válvula de entrada por alguns minutos. Em seguida, abra-a gradualmente. Se o purgador conseguir recuperar essa vedação, é provável que esteja funcionando corretamente.
 2. A perda da vedação normalmente ocorre devido a quedas repentinas ou frequentes na pressão do vapor. Nessas tarefas, é recomendada a instalação de uma válvula de retenção — local D ou C na Figura CG-51-2 (página 51). Se possível, posicione o purgador bem abaixo do ponto de coleta.
- C.** Para purgadores F&T e termostáticos, os elementos termostáticos podem não fechar.

Fluxo contínuo

Se um purgador IB ou de disco descarregar continuamente, ou um purgador F&T ou termostático descarregar na capacidade máxima, verifique o seguinte:

- A.** Purgador muito pequeno.
 1. Um purgador maior, ou purgadores adicionais, deve ser instalado em paralelo.
 2. Purgadores de alta pressão podem ter sido usados para uma tarefa de baixa pressão. Instale o tamanho certo de mecanismo interno.
- B.** Condições anormais da água. A caldeira pode formar espuma ou sofrer arraste ("priming"), lançando grandes quantidades de água nas linhas de vapor. Um separador deve ser instalado ou as condições da água de alimentação devem ser corrigidas.

Aquecimento lento

Quando o purgador opera satisfatoriamente, mas a unidade não aquece adequadamente:

- A.** Uma ou mais unidades podem estar em curto-circuito. A solução é instalar um purgador em cada unidade. Consulte a página 18.
- B.** Os purgadores podem ser muito pequenos para a tarefa, embora possam parecer estar tratando o condensado de forma eficiente. Tente o próximo tamanho maior de purgador.
- C.** O purgador pode ter capacidade insuficiente de tratamento de ar ou o ar pode não estar atingindo o purgador. Em ambos os casos, utilize eliminadores de ar auxiliares.

Problema misterioso

Se o purgador funcionar satisfatoriamente ao descarregar na atmosfera, mas tiver problema quando conectado à linha de retorno, verifique o seguinte:

- A.** Contrapressão pode reduzir a capacidade do purgador.
 1. Linha de retorno muito pequena — purgador quente.
 2. Outros purgadores podem estar liberando vapor — purgador quente.
 3. Eliminador atmosférico no receptor de condensado pode estar obstruído — purgador quente ou frio.
 4. Obstrução na linha de retorno — purgador quente.
 5. Excesso de vácuo na linha de retorno — purgador frio.

Problemas imaginários

Se parecer que vapor escapa sempre que o purgador realiza uma descarga, lembre-se: condensado quente forma vapor flash quando liberado em pressão mais baixa, mas normalmente condensa rapidamente na linha de retorno. Consulte a Tabela CG-71 na página 7.

Instalação e testes de purgadores de vapor da Armstrong



Definições

As linhas principais de vapor ou linhas principais transportam o vapor da caldeira para uma área em que estão instaladas várias unidades que usam vapor.

As linhas de ramificação de vapor transportam vapor da linha principal de vapor para a unidade aquecida a vapor.

As linhas de descarga de purgador movem condensado e vapor flash do purgador para uma linha de retorno.

As linhas de retorno de condensado recebem condensado de muitas linhas de descarga de purgador e transportam o condensado de volta para a sala da caldeira.

Dimensionamento dos tubos

Dois fatores principais determinam os tamanhos dos tubos em um sistema de vapor:

1. A pressão inicial na caldeira e a queda de pressão permitida do sistema total. A queda de pressão total no sistema não deve ultrapassar 20% da pressão máxima total na caldeira. Isso inclui todas as quedas: perda de linha, cotovelos, válvulas etc. Lembre-se, quedas de pressão são uma perda de energia.

2. Velocidade do vapor. Erosão e ruído aumentam com a velocidade. Velocidades razoáveis para o vapor de processo são de 30 a 60 m/s, mas sistemas de aquecimento de baixa pressão normalmente têm velocidades mais baixas. Outra consideração é a expansão futura. Dimensione suas linhas considerando as projeções futuras. Se tiver dúvida, você terá menos problemas com linhas superdimensionadas do que com linhas marginais.

EXEMPLO: qual é a capacidade de carga máxima de uma linha de vapor com uma pressão de 4 bar e um diâmetro de 50 mm? Lendo de cima para baixo a coluna esquerda da Tabela CG-55-1 "Pressão do vapor em bar(a)" até o valor 4 e, em seguida, indo diretamente para a direita até a coluna de um tubo de vapor com 50 mm de diâmetro, determina-se que o tubo tratará 505 kg/h de vapor.

Para determinar as capacidades de vapor superaquecido, use os fatores de correção de multiplicador na Tabela CG-55-3.

Tabela CG-55-1. Diâmetros interno e externo do tubo de acordo com DIN 2448

Tamanho da conexão do tubo (pol.)	DN da conexão DN	Diâmetro externo em mm	Espessura da parede em mm	Diâmetro interno em mm
1/2"	15	21,3	2,0	17,3
3/4"	20	26,9	2,3	22,3
1"	25	33,7	2,6	28,5
1 1/4"	32	42,4	2,6	37,2
1 1/2"	40	48,3	2,6	43,1
2"	50	60,3	2,9	54,8
2 1/2"	65	76,1	2,9	70,3
3"	80	88,9	3,2	82,5
4"	100	114,3	3,6	107,1
5"	125	139,7	4,0	131,7
6"	150	168,3	4,5	159,3
8"	200	219,1	5,9	207,3
10"	250	273,0	6,3	260,4

Tabela CG-55-2. Velocidade do vapor em m/s

Diâmetro do tubo		Pressão do vapor em barg			
Polegadas	mm	1	12	25	100
1/2"	15	17	33	37	50
2"	50	19	38	44	50
4"	100	21	41	47	50
6"	150	22	44	50	50

Tabela CG-55-3. Fatores de capacidade para vapor superaquecido

Tamanho de tubo 32							
Temperatura do vapor		250°	300°	350°	400°	450°	500°
Pressão em barg	1	1,06	1,02	1,04	1,04	1,05	1,06
	3	1,11	1,17	1,17	1,17	1,17	1,15
	8	1,20	1,14	1,09	1,06	1,06	1,06
	12	1,20	1,14	1,09	1,06	1,06	1,04
	20	1,27	1,19	1,11	1,06	1,06	1,03
	40	-	1,30	1,17	1,10	1,04	1,00
100	-	-	1,52	1,17	1,06	0,98	
Tamanho de tubo 100							
Temperatura do vapor		250°	300°	350°	400°	450°	500°
Pressão em barg	1	1,10	1,08	1,12	1,13	1,13	1,15
	3	1,30	1,08	1,00	1,11	1,30	1,30
	8	1,15	1,09	1,08	1,10	1,09	1,10
	12	1,18	1,15	1,09	1,09	1,10	1,09
	20	1,28	1,19	1,11	1,09	1,09	1,08
	40	-	1,25	1,14	1,11	1,05	1,02
100	-	-	1,47	1,14	1,06	0,97	
Tamanho de tubo 200							
Temperatura do vapor		250°	300°	350°	400°	450°	510°
Pressão em barg	1	1,18	1,19	1,20	1,20	1,19	1,30
	3	1,20	1,20	1,20	1,17	1,16	1,16
	8	1,26	1,23	1,18	1,14	1,12	1,12
	12	1,28	1,23	1,16	1,11	1,10	1,09
	20	1,29	1,21	1,13	1,04	1,06	1,05
	40	-	1,23	1,13	1,06	1,00	1,00
100	-	-	1,40	1,01	0,98	0,95	



Dimensionamento de tubos para suprimento de vapor e linhas de retorno de condensado

A Tabela CG-56-1 também pode ser usada para determinar a pressão necessária para tratar uma quantidade conhecida de vapor. Se um tubo de vapor de 80 mm precisar tratar 4100 kg/h de vapor, quanta pressão será necessária? Lendo de cima para baixo a coluna para um tubo de vapor que mede DN80 até atingir o valor 4100 e, em seguida, diretamente à esquerda, determina-se que será necessária uma pressão de vapor de 16 barg para tratar a carga.

Para a determinação rápida da velocidade do vapor, consulte a Tabela CG-59-2. Para uma medição exata, use a seguinte fórmula:

$$V = \frac{Q}{3600 \times S}$$

Em que:

V = Velocidade em m/s

Q = Carga de vapor em m³/h

S = Superfície interna do tubo em m² (consulte a Tabela CG-55-1).

Quando necessário, podemos descobrir a queda de pressão em uma linha de vapor usando a Tabela CG-56-1.

EXEMPLO: quanto será a queda de pressão em uma linha de vapor reta DN80, com 150 m de comprimento, uma carga de 2000 kg/h e pressão de 6 barg, e qual será a pressão no final da linha?

Suponha uma pressão média na linha de 5,5 barg. Nas tabelas, encontramos uma queda de pressão de 38 mm WC/m, portanto, a queda de pressão total será 150 x 38 = 5700 mm WC/m a 0,57 bar. A pressão no final da linha principal será 6 - 0,57 = 5,43 barg.

Linhas de descarga de purgador

As linhas de descarga de purgador normalmente são curtas. Supondo que o purgador está devidamente dimensionado para a tarefa, use uma linha de descarga de purgador do mesmo tamanho das conexões do purgador. Quando o diferencial de pressão entre o purgador e o tubo de retorno de condensado é muito pequeno, é vantajoso aumentar as linhas de descarga do purgador em um tamanho de tubo.

Linhas de retorno de condensado

Para fábricas de médio e grande portes, os serviços de um consultor devem ser usados para projetar o tubo ou tubos de retorno de condensado. Normalmente, considera-se uma boa prática selecionar um tubo de retorno um ou dois tamanhos maior para levar em conta 1) um aumento na capacidade da fábrica e 2) um futuro entupimento do tubo com ferrugem e incrustações.

EXEMPLO: qual é a queda de pressão em uma linha de retorno de condensado DN40 com capacidade de 400 kg/h, quando a pressão do vapor é de 2 barg e a linha de retorno de condensado para a atmosfera tem 150 m de comprimento?

Na Tabela CG-56-1, obtenha o fator de capacidade correspondente a 2 barg = 0,256 e, em seguida, divida a carga fornecida por esse fator:

$$\frac{400}{0,256} = 1562 \text{ kg/h}$$

Isso corresponde a uma queda de pressão de cerca de 2 mm WC/m em um tubo DN 40. Se a linha de condensado tiver 150 m de comprimento, a queda de pressão total é 150 x 2 = 300 mm WC (0,3 barg).

Purgadores e contrapressão alta

Podem ocorrer contrapressões excessivas de acordo com os padrões normais devido a entupimento de linhas de retorno, aumento na carga de condensado ou problema na operação de purgadores. Dependendo da operação do purgador específico, a contrapressão pode ou não ser um problema. Consulte a linha "I" na Tabela de recomendação na página 5. Se for provável que exista uma contrapressão nas linhas de retorno, assegure que o purgador selecionado funcionará contra ela.

Contrapressão reduz o diferencial de pressão e, portanto, a capacidade do purgador diminui. Em casos graves, a redução de capacidade pode tornar necessário usar purgadores um tamanho maior para compensar a diminuição do diferencial de pressão de operação.

Tabela CG-56-1. Tabela de capacidade em kg/h para linhas de vapor (velocidade de 30 m/s)

Pressão do vapor em bar(a)	DIÂMETRO DO TUBO DE VAPOR (mm)										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
1,1	14	24	39	67	92	150	215	330	575	900	1300
1,3	16	28	45	79	105	175	250	390	670	1050	1520
1,5	18	32	52	90	125	200	290	445	765	1205	1735
2	24	42	68	120	160	265	375	580	1000	1575	2275
3	35	62	99	170	235	385	550	850	1465	2300	3325
4	46	81	130	225	310	505	720	1115	1920	3015	4355
5	56	99	160	280	380	625	890	1375	2365	3720	5375
6	67	120	190	330	450	740	1055	1630	2810	4420	6385
8	88	155	250	435	590	970	1385	2145	3690	5800	8380
9	98	175	280	485	660	1090	1550	2400	4130	6490	9375
10	110	190	310	535	730	1200	1715	2650	4565	7175	10360
12	130	230	370	640	870	1430	2040	3155	5435	8540	12340
14	150	265	430	740	1010	1660	2370	3660	6305	9910	14310
16	170	300	490	845	1150	1890	2695	4165	7170	11270	16280
18	190	340	545	945	1290	2120	3020	4670	8040	12640	18260
20	210	375	605	1050	1430	2345	3350	5175	8915	14010	20240
22	230	410	665	1150	1570	2575	3675	5680	9785	15380	22220
26	275	485	785	1360	1850	3040	4335	6700	11540	18140	26200
30	315	560	905	1565	2135	3505	5000	7730	13310	20920	30220
40	425	750	1210	2100	2860	4695	6700	10350	17830	28020	40480
50	535	945	1525	2645	3605	5925	8450	13060	22500	35360	51070
60	650	1150	1855	3220	4385	7200	10270	15880	27340	42970	62080
70	770	1360	2200	3815	5195	8535	12180	18820	32410	50940	73580
80	895	1585	2560	4435	6040	9930	14160	21890	37700	59250	85580
90	1030	1820	2935	5090	6935	11400	16260	25120	43270	68000	98230
100	1170	2065	3335	5785	7880	12950	18470	28550	49170	77280	111630

Como dimensionar linhas de retorno de condensado

Tabela CG-57-1. Tabela de capacidade para linhas de condensado

Queda de pressão em mm WC por metro de tubo	Diâmetro do tubo em mm										
	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
	Capacidade de condensado em kg/h										
1	67	153	310	677	1048	2149	3597	6413	13 527	25 410	40 485
2	95	217	438	958	1483	3040	5087	9070	19 130	35 935	57 255
3	116	266	537	1174	1816	3723	6230	11 108	23 430	44 012	70 123
4	134	307	620	1355	2097	4299	7194	12 827	27 055	50 821	80 971
5	150	343	693	1516	2345	4807	8044	14 341	30 248	56 819	90 529
6	164	376	759	1660	2569	5265	8811	15 710	33 135	62 242	99 169
7	177	406	820	1793	2775	5687	9517	16 968	35 790	67 230	107 115
8	190	434	877	1917	2966	6080	10 175	18 140	38 261	71 871	114 511
9	201	461	930	2033	3146	6449	10 792	19 240	40 582	76 231	121 457
10	212	486	980	2143	3317	6798	11 375	20 281	42 777	80 355	128 027
12	232	532	1074	2348	3633	7447	12 461	22 217	46 860	88 024	140 247
14	251	575	1160	2536	3924	8043	13 460	23 997	50 615	95 077	151 484
16	268	615	1240	2711	4195	8599	14 389	25 654	54 110	101 642	161 943
18	285	652	1315	2876	4450	9120	15 262	27 210	57 392	107 807	171 767
20	300	687	1387	3032	4691	9614	16 088	28 682	60 496	113 639	181 058
22	315	721	1454	3180	4920	10 083	16 873	30 082	63 449	119 186	189 896
24	329	753	1519	3321	5138	10 531	17 623	31 420	66 270	124 485	198 339
26	342	784	1581	3457	5348	10 961	18 343	32 720	68 976	129 568	206 438
28	355	813	1641	3587	5550	11 375	19 035	33 937	71 580	134 460	214 231
30	368	842	1698	3713	5745	11 774	19 703	35 128	74 093	139 179	221 750
32	380	869	1754	3835	5933	12 160	20 350	36 280	76 523	143 743	229 023
34	392	896	1808	3953	6116	12 535	20 976	37 397	78 878	148 167	236 071
36	403	922	1861	4067	6293	12 898	21 584	38 481	81 165	152 463	242 915
38	414	947	1912	4179	6466	13 252	22 175	39 535	83 389	156 641	249 572
40	425	972	1961	4287	6634	13 596	22 751	40 563	85 555	160 710	256 055
42	435	996	2010	4393	6798	13 932	23 313	41 564	87 668	164 679	262 379
44	446	1020	2057	4497	6958	14 260	23 862	42 542	89 731	168 554	268 553
46	456	1042	2103	4598	7114	14 580	24 398	43 499	91 747	172 342	274 589
48	465	1065	2148	4697	7267	14 894	24 923	44 434	93 721	176 049	280 494
50	475	1087	2193	4794	7417	15 201	25 437	45 350	95 653	179 679	286 279

Capacidade de condensado em processo de reevaporação em kg/h em um retorno de condensado na pressão atmosférica. As capacidades acima foram calculadas com pressão primária = 0,35 barg.

Para outras pressões, divida as capacidades acima pelos seguintes fatores:

- 1 barg: 0,415
- 2 barg: 0,256
- 4 barg: 0,162
- 7 barg: 0,124
- 12 barg: 0,09
- 17 barg: 0,07
- 31 barg: 0,06
- 42 barg: 0,055

Gráfico CG-57-1. Queda de pressão em linhas de vapor saturado

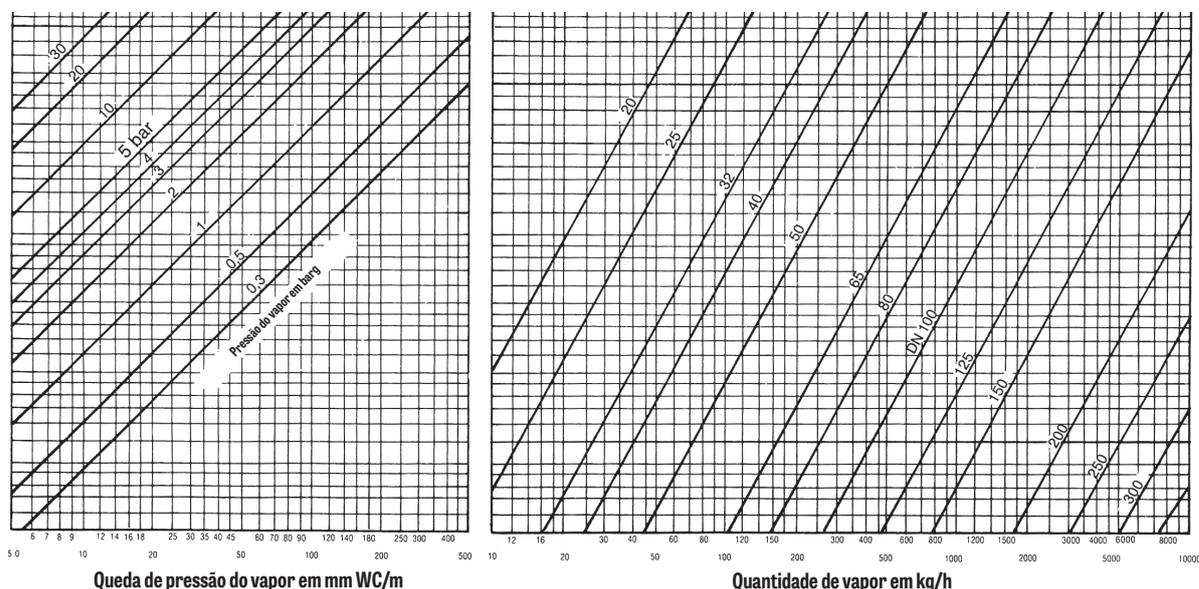


Tabela CG-58-1. Propriedades físicas de líquidos e sólidos

	Líquido (L) ou Sólido (S)	Grav. esp. a 18-20 °C	Calor esp. a 20 °C kJ/kg/°C		Líquido (L) ou Sólido (S)	Grav. esp. a 18-20 °C	Calor esp. a 20 °C kJ/kg/°C
Ácido acético, 100%	L	1,05	2,01	Ácido nítrico, 95%	L	1,50	2,09
Ácido acético, 100%	L	1,01	4,02	Ácido nítrico, 60%	L	1,37	2,68
Acetona, 100%	L	0,78	2152	Ácido nítrico, 10%	L	1,05	3,77
Álcool, etil, 95%	L	0,81	2,51	Óleo combustível N° 1 (querosene)	L	0,81	1,97
Álcool, metil, 90%	L	0,82	2,72	Óleo combustível N° 2	L	0,86	1,84
Alumínio	S	2,64	0,96	Óleo combustível N° 3	L	0,88	1,80
Amônia, 100%	L	0,61	4,61	Óleo combustível N° 4	L	0,90	1,76
Amônia, 26%	L	0,90	4,19	Óleo combustível N° 5	L	0,93	1,72
Aroclor	L	1,44	1,17	Óleo combustível N° 6	L	0,95	1,67
Placa de amianto	S	0,88	0,80	Petróleo bruto Mid-Continent API	L	0,085	1,84
Asfalto	L	1,00	1,76	Óleo diesel API	L	0,88	1,76
Asfalto, sólido	S	1,1-1,5	0,92-1,7	Papel	S	1,7-1,15	1,88
Benzeno	L	0,84	1,72	Parafina	S	0,86-0,9	2,60
Construção de alvenaria e tijolos	S	1,6-2,0	0,92	Parafina, derretida	L	0,90	2,89
Salmoura — cloreto de cálcio, 25%	L	1,23	2885	Fenol (ácido carbólico)	L	1,07	2,34
Salmoura — cloreto de sódio, 25%	L	1,19	3291	Ácido fosfórico, 20%	L	1,11	3,56
Argila, seca	S	1,9-2,4	0,938	Ácido fosfórico, 10%	L	1,05	3,89
Carvão	S	1,2-1,8	1,09-1,5	Anidrido ftálico	L	1,53	0,971
Alcatrão de hulha	S	1,20	1,5 a 40 °C	Borracha, vulcanizada	S	1,10	1,738
Coque, sólido	S	1,0-1,4	1,11	SAE-SW (óleo lubrificante de máquina N° 8)	L	0,88	
Cobre	S	8,82	0,42	SAE-20 (óleo lubrificante de máquina N° 20)	L	0,89	
Cortiça	S	0,25	2,01	SAE-30 (óleo lubrificante de máquina N° 30)	L		
Algodão, tecido	S	1,50	1,34	Areia	L	0,89	
Óleo de algodão	L	0,95	1,97	Água do mar			
Dowtherm A	L	0,99	2,64	Seda	S	1,4-1,76	0,795
Dowtherm C	L	1,10	1,47-2,7	Hidróxido de sódio, 50% (ácido cáustico)	L	1,03	3,94
Etilenoglicol	L	1,11	2,43	Hidróxido de sódio, 30%	S	1,25-1,4	1,38
Ácido graxo — palmítico	L	0,85	2,734	Óleo de soja	L	1,53	3,27
Ácido graxo — esteárico	L	0,84	2,303	Aço, doce a 21 °C			
Peixe, fresco, média	S		3,14-3,4	Aço, inoxidável, Série 300	L	1,33	3,52
Fruta, fresca, média	S		3,35-3,7	Sacarose, 60%, xarope de açúcar	L	0,92	1,0-1,38
Gasolina	L	0,73	2,22	Sacarose, 40%, xarope de açúcar	S	7,90	0,46
Vidro, Pyrex	S	2,25	0,84	Açúcar, cana e beterraba	S	8,04	0,50
Vidro, lâ	S	0,072	0,657	Enxofre	L	1,29	3,10
Cola, 2 partes de água	L	1,09	3,73	Ácido sulfúrico, 110% (fumegante)	L	1,18	2,76
1 parte de cola seca			2,43	Ácido sulfúrico, 98%	S	1,66	1,26
Glicerol, 100% (glicerina)	L	1,26	1,42	Ácido sulfúrico, 60%	S	2,00	0,85
Mel	L		2,51	Ácido sulfúrico, 20%	L		1,13
Ácido clorídrico, 31,5% (muriático)	L	1,15	3,14	Titânio (comercial)	L	1,84	1,47
Ácido clorídrico, 10% (muriático)	L	1,05	2,09	Tolueno	L	1,50	2,18
Gelo	S	0,90	2,93	Tricloroetileno	L	1,14	3,52
Sorvete	S		2,68	Tetracloroeto de carbono	S	4,50	0,54
Banha de porco	S	0,92	0,13	Aguarrás	L	0,86	1,76
Chumbo	S	11,34	1,51	Vegetais, frescos, média	L	1,62	0,90
Couro	S	0,86-1,0	1,84	Água	L	1,58	0,88
Óleo de linhaça	L	0,93	1,13	Vinhos, mesa, sobremesa, média	L	0,86	1,76
Magnésia, 85%	L	0,208	2,01	Madeiras, variações	S		3,06-3,9
Xarope de bordo	L		3,266	Lã	L	1,00	3,77
Carne, fresca, média	S		3,77-3,9	Zinco	L	1,03	3,77
Leite	L	1,03	0,46		S	0,35-0,9	1,361
Níquel	S	8,90			S	1,32	0,398
					S	7,05	

Tabela CG-58-2. Propriedades físicas dos gases

	Grav. esp. a 18-20 °C	Calor esp. a 20 °C kJ/kg/°C		Grav. esp. a 18-20 °C	Calor esp. a 20 °C kJ/kg/°C
Ar	1,00	1,00	Freon-12		0,67
Amônia	0,60	2,26	Hidrogênio	0,069	14,32
Benzeno		1361	Sulfeto de hidrogênio	1,20	1,05
Butano	2,00	1905	Metano	0,55	2,51
Dióxido de carbono	1,50	0,88	Nitrogênio	0,97	1059
Monóxido de carbono	0,97	1068	Oxigênio	1,10	0,942
Cloro	2,50	0,494	Propano	1,50	1,93
Etano	1,10	2,09	Dióxido de enxofre		0,678
Etileno	0,97	1,88	Vapor de água	2,30	1,897

Tabelas de engenharia úteis

Tabela CG-59-1. Tubo de acordo com DIN 2440

Diâmetro (polegadas)	(mm)	Diâmetro externo mm	Espessura da parede (mm)	Peso (kg/m)
1/8"	6	10,2	2,00	0407
1/4"	8	13,5	2,35	0650
3/8"	10	17,2	2,35	0852
1/2"	15	21,3	2,65	1,22
3/4"	20	26,9	2,65	1,58
1"	25	33,7	3,25	2,44
1 1/4"	32	42,4	3,25	3,14
1 1/2"	40	48,3	3,25	3,61
2"	50	60,3	3,65	5,10
2 1/2"	65	76,1	3,65	6,51
3"	80	88,9	4,05	8,47
4"	100	114,3	4,50	12,1
5"	125	139,7	4,85	16,2
6"	150	165,1	4,85	19,2

Tabela CG-59-2. Tubo de acordo com DIN 2441

Diâmetro (polegadas)	mm	Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Peso (kg/m)
1/8"	6	10,2	2,65	0493
1/4"	8	13,5	2,90	0769
3/8"	10	17,2	2,90	1,02
1/2"	15	21,3	3,25	1,45
3/4"	20	26,9	3,25	1,90
1"	25	33,7	4,05	2,97
1 1/4"	32	42,4	4,05	3,84
1 1/2"	40	48,3	4,05	4,43
2"	50	60,3	4,50	6,17
2 1/2"	65	76,1	4,50	7,90
3"	80	88,9	4,85	10,1
4"	100	114,3	5,40	14,4
5"	125	139,7	5,40	17,8
6"	150	165,1	5,40	21,2

Tabela CG-59-3. Tubo de acordo com DIN

Diâmetro (polegadas)	mm	Diâmetro externo (mm)	Espessura da parede (mm)	Peso (kg/m)
1/8"	6	10,2	1,6	0344
1/4"	8	13,5	1,8	0522
3/8"	10	17,2	1,8	0688
1/2"	15	21,3	2,0	0962
3/4"	20	26,9	2,3	1,41
1"	25	33,7	2,6	2,01
1 1/4"	32	42,4	2,6	2,57
1 1/2"	40	48,3	2,6	2,95
2"	50	60,3	2,9	4,14
2 1/2"	65	76,1	2,9	5,28
3"	80	88,9	3,2	6,81
4"	100	114,3	3,6	9,90
5"	125	139,7	4,0	13,5
6"	150	168,3	4,5	18,1

Tabela CG-59-4. Dimensão do flange de acordo com DIN

DN	PN 6				PN 10				PN 16				PN 25				PN 40			
	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M	D	k	z	M
25	100	75	4	10	115	85	4	12	115	85	4	12	115	85	4	12	115	85	4	12
32	120	90	4	12	140	100	4	16	140	100	4	16	140	100	4	16	140	100	4	16
40	130	100	4	12	150	110	4	16	150	110	4	16	150	110	4	16	150	110	4	16
50	140	110	4	12	165	125	4	16	165	125	4	16	165	125	4	16	165	125	4	16
65	160	130	4	12	185	145	4	16	185	145	4	16	185	145	8	16	185	145	8	16
80	190	150	4	16	200	160	8	16	200	160	8	16	200	160	8	16	200	160	8	16
100	210	170	4	16	220	180	8	16	220	180	8	16	235	190	8	20	235	190	8	20
125	240	200	8	16	250	210	8	16	250	210	8	16	270	220	8	24	270	220	8	24
150	265	225	8	16	285	240	8	20	285	240	8	20	300	250	8	24	300	250	8	24
200	320	280	8	16	340	295	8	20	340	295	12	20	360	310	12	24	375	320	12	27
250	375	335	12	16	395	350	12	20	405	355	12	24	425	370	12	27	450	385	12	30
300	440	395	12	20	445	400	12	20	460	410	12	24	485	430	16	27	515	450	16	30

Fatores de conversão de unidades métricas em anglo-americanas

COMPRIMENTO

1 mm = 0,0394 pol.
1 m = 3,28 pés

1 pol. = 25,4 mm
1 pé = 0,305 m

SUPERFÍCIE

1 cm² = 0,155 pol.²
1 m² = 10,764 pés².

1 pol.² = 6,45 cm²
1 pé² = 0,0929 cm²

VOLUME

1 dm³ = 16,02 pol.³
1 m³ = 35,31 pés³

1 pol.³ = 16,39 cm³
1 pé³ = 28,32 dm³

VELOCIDADE

1 m/s = 3,281 pés/s

1 pé/s = 0,305 m/s

MASSA

1 kg = 2,205 libras (lb)

1 libra (lb) = 0,452 kg

PRESSÃO

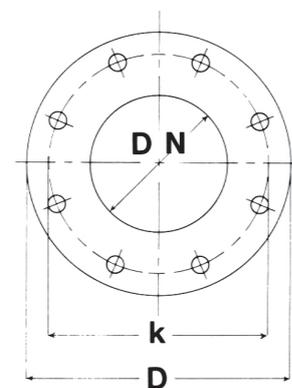
1 kg/cm² = 14,22 psi
1 kg/m² = 0,205 psf
1 bar = 14,5 psi
1 psi = 0,0689 bar

CALOR

1 kJ = 1000 Joules
1 quilowatt-hora (KWh) = 3600 kJ
1 Btu/Ft².h.°F = 20,44 kJ/h.m².°C

TEMPERATURA

$\Delta t_C = 5/9 \Delta t_f$
 $t_C = 5/9 (t_f - 32)$
 $\Delta t_f = 9/5 \Delta t_C$
 $t_f = 9/5 t_C + 32$





SOLUÇÕES INTELIGENTES PARA SISTEMAS TÉRMICOS DE UTILIDADES DE
UMA EMPRESA LÍDER MUNDIAL EM GESTÃO DE ENERGIA E EXPERIÊNCIAS
AGRADÁVEIS

Armstrong International

Américas | Ásia | Europa, Oriente Médio, África

www.armstronginternational.com.br