



**ABNT-Associação
Brasileira de
Normas Técnicas**

Sede:
Rio de Janeiro
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
CEP 20003-900 - Caixa Postal 1680
Rio de Janeiro - RJ
Tel.: PABX (021) 210-3122
Telex: (021) 34333 ABNT - BR
Endereço Telegráfico:
NORMATÉCNICA

Copyright © 1996,
ABNT—Associação Brasileira
de Normas Técnicas
Printed in Brazil/
Impresso no Brasil
Todos os direitos reservados

ABR 1996 | **NBR 13598**

Vasos de pressão para refrigeração

Origem: Projeto 04:008.13-003/1995
CB-04 - Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos
CE-04:008.13 - Comissão de Estudo de Componentes para Refrigeração,
Ventilação e Condicionamento de ar
NBR 13598 - Pressure vessel for refrigeration systems
Descriptors: Pressure vessel. Refrigeration
Válida a partir de 30.05.1996

Palavras-chave: Vaso de pressão. Refrigeração

11 páginas

Sumário

Prefácio

- 1 Objetivo
 - 2 Referências normativas
 - 3 Definições
 - 4 Projeto e fabricação dos vasos de pressão
 - 5 Pressão de projeto
 - 6 Temperaturas de projeto
 - 7 Materiais, conexões, acessórios e instrumentos
 - 8 Proteção de vasos de pressão
 - 9 Ensaio de fabricação
 - 10 Placa de identificação
 - 11 Limpeza, inertização, transporte e acondicionamento
 - 12 Aterramento
 - 13 Inspeções
- ANEXO**
A Bibliografia

Prefácio

A ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - é o Fórum Nacional de Normalização. As Normas Brasileiras, cujo conteúdo é de responsabilidade dos Comitês Brasileiros (CB) e dos Organismos de Normalização Setorial (ONS), são elaboradas por Comissões de Estudo (CE), formadas por representantes dos setores envolvidos, delas fazendo parte: produtores, consumidores e neutros (universidades, laboratórios e outros).

Os Projetos de Norma Brasileira, elaborados no âmbito dos CB e ONS, circulam para Votação Nacional entre os associados da ABNT e demais interessados.

Esta Norma inclui o Anexo A, de caráter informativo.

1 Objetivo

Esta Norma estabelece um conjunto de recomendações e requisitos mínimos a ser utilizado na fabricação de vasos de pressão para uso em refrigeração.

2 Referências normativas

As normas relacionadas a seguir contêm disposições que, ao serem citadas neste texto, constituem prescrições para esta Norma. As edições indicadas estavam em vigor no momento desta publicação. Como toda norma está sujeita a revisão, recomenda-se àqueles que realizam acordos com base nesta que verifiquem a conveniência de se usarem as edições mais recentes das normas citadas a seguir. A ABNT possui a informação das Normas Brasileiras em vigor em um dado momento.

NBR 5410/1990 - Instalações elétricas de baixa tensão - Procedimento

NBR 5419/1993 - Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas - Procedimento

NR-13/1994 - Norma Regulamentadora nº 13 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho

ISO 4126-1/1991 - Safety valves, general requirements

ASME - Section VIII - Division 1: UG - 131 Certification of capacity of pressure relief devices

3 Definições

Para os efeitos desta Norma, aplicam-se as seguintes definições.

3.1 agente frigorígeno: Fluido usado para transferir calor em um sistema de refrigeração, o qual recebe calor a baixas temperaturas e a baixas pressões e rejeita calor a temperaturas e pressões mais altas.

3.2 alívio de tensões: Redução das tensões residuais presentes na estrutura cristalina do material.

3.3 aterrar: Ato de conectar, através de condutores metálicos, o objeto a ser aterrado com o potencial de terra (potencial de "massa"), com o objetivo de evitar eventual acúmulo de cargas elétricas.

3.4 boca de inspeção: Abertura com o objetivo de permitir a visualização do interior do vaso de pressão.

3.5 boca de visita: Abertura para permitir a entrada parcial ou total de uma pessoa no vaso de pressão.

3.6 bomba de calor: Sistema de refrigeração empregado para transferir calor para um ambiente ou para uma substância.

3.7 capacidade de descarga: Vazão nominal que um dispositivo de alívio de pressão pode fornecer, dada uma diferença de pressão.

3.8 compressor de deslocamento positivo: Compressor em que o aumento de pressão do vapor é obtido pela mudança do volume interno da câmara de compressão.

3.9 compressor de deslocamento não positivo: Compressor no qual o aumento da pressão do vapor é obtido sem mudança do volume interno da câmara de compressão.

3.10 condensador: Trocador de calor em que o calor é rejeitado com condensação do agente frigorígeno.

3.11 corrosão sob tensão: Aparecimento e progressão de trincas que levam à posterior ruptura do material. Aparece com a ação simultânea de tração e de um meio corrosivo, e é ausente em caso de tensões provocadas por compressão. As tensões podem ser tanto de origem externa, como de origem interna (tensões residuais).

3.12 data book: Conjunto de documentos técnicos fornecidos pelo fabricante do vaso, que contempla no mínimo os documentos listados em 9.2.

3.13 disco de ruptura: Dispositivo de segurança constituído por lâmina que se rompe a uma pressão predeterminada.

3.14 dispositivo de alívio de pressão: Instrumento concebido para aliviar automaticamente o excesso de pressão.

3.15 dispositivo limitador de pressão: Equipamento ou instrumento ajustável, atuado por pressão, como, por exemplo, um pressostato, projetado para interromper a operação do equipamento que impõe pressão (compressor) ou, ainda, que pode acionar algum tipo de alarme.

3.16 ensaio não destrutivo: Ensaio em que o vaso ou material deste não necessita ser danificado permanentemente para que se avalie a existência de falhas.

3.17 evaporador: Trocador de calor em que o calor é absorvido com evaporação do agente frigorígeno.

3.18 fabricante: Empresa ou organização que evidencia sua responsabilidade pela fixação de seu nome, logotipo ou marca registrada no vaso.

3.19 fadiga: Ruptura caracterizada pelo aparecimento de trincas sob esforço cíclico (variação de carga) inferior ao limite de escoamento.

3.20 gás inerte: Gás que não reage com os materiais ou substâncias do vaso em condições normais de uso.

3.21 isolamento térmico: Revestimento com o objetivo de minimizar a troca de calor através da superfície onde é aplicado.

3.22 lado de alta pressão: Parte do sistema de refrigeração que opera próxima à pressão de condensação.

3.23 lado de baixa pressão: Parte do sistema de refrigeração que opera próxima à pressão de evaporação.

3.24 junta confinada: Junta de vedação que é colocada em uma sede especificamente construída para evitar que esta junta seja expelida por atuação da pressão.

3.25 memória de cálculo: Roteiro de cálculo usado no dimensionamento do vaso.

3.26 plugue-fusível: Dispositivo de segurança que possui um elemento que funde a uma temperatura predeterminada.

3.27 pressão, temperatura e volume críticos: Ponto da curva de saturação onde o agente frigorígeno no estado líquido e vapor tem volume, densidade e entalpia idênticos e não há calor latente.

3.28 pressão de ajuste/alívio: Pressão de acionamento de um dispositivo de controle ou de segurança.

3.29 pressão de projeto: Pressão usada no projeto de um vaso de pressão para determinação da espessura mínima permissível ou das características físicas de suas diferentes partes.

3.30 pressão de ruptura: Pressão na qual o vaso ou um componente deste se rompe.

3.31 pressão de saturação: Pressão na qual vapor e líquido podem coexistir em equilíbrio em uma dada temperatura.

3.32 pressão intermediária: Pressão manométrica compreendida entre o lado de baixa pressão e o lado de alta pressão.

3.33 pressão máxima de trabalho admissível (PMTA): Máxima pressão manométrica permissível no topo de um vaso de pressão acabado, na sua posição de operação, para uma determinada temperatura. Esta pressão baseia-se nos cálculos efetuados para cada elemento do vaso, utilizando somente as espessuras nominais, excluindo-se as margens para corrosão e os acréscimos de espessura requeridos para outras cargas.

3.34 separador de óleo: Equipamento que visa minimizar o arraste de óleo lubrificante do compressor para o restante do sistema.

3.35 ensaio de resistência mecânica: Ensaio realizado com o objetivo de comprovar a integridade mecânica de um vaso nas pressões previstas pelo código de projeto adotado.

3.36 ensaio pneumático de estanqueidade: Ensaio realizado com gás sob pressão, após a comprovação da resistência mecânica do vaso, com o objetivo de certificar a estanqueidade deste.

3.37 tratamento térmico: Tratamento aplicado em metais ou ligas metálicas, através de aquecimento e resfriamento controlados.

3.38 trocador de calor: Equipamento utilizado para a transferência de calor entre fluidos.

3.39 tubulação: Conjunto de tubos e acessórios que interconectam as várias partes do sistema de refrigeração.

3.40 válvula de alívio: Dispositivo limitador de pressão cujo grau de abertura é proporcional à pressão diferencial nela imposta.

3.41 válvula de bloqueio: Dispositivo usado para permitir ou interromper manualmente o fluxo de agente frigorígeno.

3.42 válvula de segurança: Válvula atuada por pressão, mantida fechada por uma mola ou por outros meios e projetada para automaticamente liberar pressão em excesso, quando esta está acima do seu ponto de abertura. É projetada ainda para que a válvula automaticamente se feche, a fim de prevenir fluxo adicional de fluido depois que a pressão cair abaixo de seu ponto de abertura.

3.43 válvula de segurança tipo balanceada: Válvula que tem sua pressão de abertura independente da pressão a jusante.

3.44 válvula de três vias: Válvula de serviço para duas válvulas de segurança, que permite que se use sempre uma delas, enquanto a outra permanece isolada do sistema.

3.45 vaso de pressão: Recipiente projetado para suportar pressões diferentes da pressão atmosférica. Compressores, bombas, válvulas e instrumentos não são considerados vasos de pressão.

3.46 visor de nível: Dispositivo que, quando conectado ao vaso, permite a visualização do nível do agente frigorígeno líquido contido no vaso.

3.47 volume interno bruto: Volume calculado a partir das dimensões internas do vaso de pressão, sem levar em consideração o volume ocupado por partes internas.

4 Projeto e fabricação dos vasos de pressão

Para projeto e fabricação de vasos de pressão, deve ser adotada a ASME - Seção VIII - Divisão 1, em sua última edição e adendos. No caso de vasos de pressão utilizados como trocadores de calor do tipo casco e tubo, além da norma acima referida, devem ser adotadas as prescrições da TEMA (ver anexo A) no que tange ao projeto, fabricação e ensaios das partes sujeitas a pressão.

5 Pressão de projeto

5.1 A pressão de projeto não deve ser inferior àquelas que são exercidas pelo agente frigorígeno em todas as condições de operação, incluindo as que ocorrem por ocasião do transporte e inoperância do sistema de refrigeração. Exceção é feita para as pressões desenvolvidas, quando da abertura de válvulas de segurança, que podem, neste caso, atingir até 10% acima do valor da pressão de projeto.

5.2 Ao selecionar a pressão de projeto, considerações devem ser feitas no sentido de prover as folgas necessárias, de forma que os dispositivos limitadores de pressão e os dispositivos de alívio não causem paradas despropositadas ou perda de agente frigorígeno.

5.3 A pressão de projeto não deve, em nenhum caso, ser inferior a 100 kPa e, com exceção do disposto em 5.8 e 5.9, deve ser no mínimo igual à pressão de saturação do agente frigorígeno, correspondente às seguintes temperaturas:

- a) lado de baixa pressão: 45°C;
- b) lado de alta pressão:
 - 1) para condensação a água ou por meios evaporativos: 54°C;
 - 2) para condensação a ar: 65°C;
- c) pressões intermediárias: neste caso, o valor mínimo da pressão de projeto deve ser igual àquele estabelecido para o lado de baixa pressão.

5.4 A pressão de projeto escolhida deve exceder a pressão de operação máxima atingível sob qualquer condição normal de funcionamento, incluindo aquelas provenientes de consideráveis incrustações nas superfícies dos trocadores de calor.

5.5 A escolha da pressão de projeto para componentes situados do lado de baixa pressão deve ser feita considerando-se as pressões desenvolvidas neste lado do sistema, face à eventual equalização de pressão com o lado de alta pressão ou face às mudanças de temperatura ambiente, após o sistema de refrigeração ter sido desligado.

5.6 A tabela 1 fornece as pressões absolutas de projeto mínimas para os agentes frigorígenos mais comuns.

Tabela 1 - Pressões absolutas de projeto mínimas

Agente refrigerante		Pressões absolutas de projeto mínimas kPa		
Notação	Nome	Lado de baixa pressão	Lado de alta pressão	
		45°C	Condensação a ar	Condensação a água
			65°C	54°C
R 11	Tricloromono fluormetano	205	361	267
R 12	Dicloro difluormetano	1088	1707	1341
R 12 B 1	Bromo cloro difluormetano	472	775	595
R 22	Monocloro difluormetano	1721	2687	2116
R114	Dicloro tetrafluormetano	392	659	500
R 500	Dicloro difluormetano + difluoretano	1281	2016	1581
R 502	Monocloro difluormetano + monocloropentafluoretano	1880	2884	2292
R 290	Propano	1531	2345	1866
R 1290	Propileno	1845	2795	2237
R 134 a	Tetrafluoretano	1154	1880	1448
R 123	Dicloro trifluoretano	182	330	240
R 717	Amoníaco	1782	2948	2153

5.7 A escolha da pressão de projeto para componentes situados nos lados de alta e baixa pressão e que são transportados como parte integrante de um sistema de refrigeração já carregado com agente refrigerante deve levar em conta as pressões que podem aparecer devido à exposição a temperaturas e insolação durante o transporte.

5.8 A pressão de projeto, tanto para o lado de alta pressão quanto para o lado de baixa pressão, não precisa exceder a pressão crítica do agente refrigerante, a não ser que tais pressões sejam cabíveis durante a operação, transporte ou com o sistema desligado.

5.9 O valor mínimo da pressão de projeto de um sistema de refrigeração com carga de agente refrigerante limitada deve corresponder àquela pressão que deve ser estabelecida neste sistema quando a temperatura do agente refrigerante atingir 45° C.

5.10 Qualquer componente conectado a um vaso de pressão e sujeito à mesma pressão do vaso, deve possuir pressão de projeto, no mínimo, igual à do vaso em questão.

5.11 Sistemas especiais de refrigeração, como, por exemplo, bombas de calor e climatizadores de cabines de pontes rolantes em ambientes de siderúrgicas, devem ter pressões de projeto estipuladas em função:

- de temperaturas ambientes acima de valores normais;
- do conteúdo de gases não condensáveis antes do processo de purga;
- das margens necessárias entre a pressão máxima de operação e a pressão de atuação de dispositivos limitadores de pressão;
- da pressão de ajuste de qualquer dispositivo de alívio de pressão;
- do método de descongelamento;
- da radiação solar;
- de incrustação de projeto de condensadores.

6 Temperaturas de projeto

A temperatura de projeto deve ser adotada em conformidade com as temperaturas de operação extremas (máximas e mínimas), objetivando a escolha do material de construção do vaso.

7 Materiais, conexões, acessórios e instrumentos

7.1 Materiais

Todos os materiais utilizados na construção de vasos devem ser compatíveis com o refrigerante aplicado e as condições de operação a que o equipamento deve ser submetido.

Não devem ser utilizados materiais metálicos e não metálicos que se deteriorem devido ao refrigerante ou ao óleo ou às suas possíveis combinações na presença de ar ou água.

EXEMPLOS

1 Alumínio, zinco, magnésio e suas ligas não podem ser utilizados com cloreto de metila.

2 As ligas de magnésio não devem ser utilizadas com refrigerante halogenado.

3 Cobre e suas ligas não devem ser utilizados com refrigerante amônia.

4 Estanho, ligas de estanho e chumbo podem ser usados, porém não são recomendados para temperaturas abaixo de -10°C .

5 Deve ser considerada a possibilidade da ocorrência de corrosão sob tensão em vasos de amônia. Esta possibilidade pode ser minimizada pela aplicação de materiais com baixas tensões de ruptura e pela aplicação de tratamento térmico para alívio de tensões, quando da construção dos vasos de pressão.

7.2 Conexões flangeadas

Recomenda-se o tipo com junta confinada para o lado do refrigerante.

7.3 Conexões roscadas

Sempre que possível as conexões roscadas devem ser evitadas, adotando-se preferencialmente as soldadas. Quando necessária a aplicação de conexões roscadas, estas devem estar em conformidade com a norma de projeto do vaso de pressão.

7.4 Conexões soldadas

Conexões de solda de topo e conexões de solda tipo encaixe devem estar em conformidade com a norma de construção.

7.5 Instrumentos

Visores de nível de líquido devem ter válvulas de retenção para bloqueio. O vidro deve ser protegido contra danos.

NOTA - Visores de nível de líquido tipo circular com vidro convencional ou reflexivo estão excluídos destes requisitos.

8 Proteção de vasos de pressão

8.1 Considerações gerais

Incêndio ou outros fatores anormais de aquecimento externo são causadores de aumento de pressão do agente frigorígeno em sistema de refrigeração e podem comprometer a integridade dos componentes de instalação. Dispositivos de alívio de pressão devem então atuar de forma a proteger os equipamentos e pessoas nas imediações da instalação.

Todo dispositivo de alívio de pressão deve ser do tipo de atuação direta por pressão. Válvulas de segurança, válvulas de alívio, discos de ruptura e plugues-fusíveis são considerados como dispositivos de alívio de pressão.

Vasos de pressão com diâmetro superior a 76 mm que possam ficar isolados do restante do sistema por meio de válvulas e que possam conter agente frigorígeno na forma líquida devem ser protegidos por um ou mais dispositivos de alívio de pressão. Admite-se a utilização de um único dispositivo de alívio de pressão para a proteção de dois ou mais vasos de pressão interligados sem válvulas ou dispositivos de bloqueio entre eles.

Todo vaso de pressão que contiver agente frigorígeno na forma líquida e que puder ser isolado do sistema de refrigeração por meio de válvulas deve ser protegido por um dispositivo de alívio de pressão. Este dispositivo deve ter capacidade de descarga suficiente para impedir que a pressão no vaso exceda 10% da pressão de ajuste e/ou alívio do referido dispositivo.

Todo e qualquer vaso de pressão, independentemente do seu volume, capaz de ser completamente preenchido com agente frigorígeno na forma líquida e que possa ser isolado do resto do sistema de refrigeração por meio de válvulas deve ser protegido por uma válvula de alívio.

8.2 Instalação de dispositivos de alívio de pressão

Dispositivos de alívio de pressão podem ser instalados diretamente no vaso a ser protegido ou, a critério do projetista, em uma tubulação que se conecta ao vaso, nas proximidades deste.

Válvulas de segurança ou discos de ruptura devem ser instalados acima do nível do agente frigorígeno líquido.

Plugues fusíveis podem ser instalados acima ou abaixo do agente frigorígeno líquido, exceto nos vasos situados do lado de baixa pressão do sistema de refrigeração. Neste último caso, o plugue fusível deve ser instalado acima do agente frigorígeno líquido e não deve ser isolado termicamente.

A bitola da conexão do dispositivo de alívio de pressão ao vaso ou tubulação deste não pode ser inferior à conexão de entrada no referido dispositivo de alívio de pressão. A perda de pressão na tubulação de interligação do dispositivo de alívio de pressão ao vaso a ser protegido, já computada a perda em uma eventual válvula de três vias em instalação de dupla válvula de segurança, não pode exceder 3% da pressão de ajuste/alívio, considerando a máxima capacidade de descarga do referido dispositivo de alívio de pressão.

Nenhuma válvula de bloqueio pode ser inserida entre o dispositivo de alívio de pressão e a parte ou partes do sistema de refrigeração a ser protegido. Exceção é permitida para as válvulas de três vias na instalação de válvula dupla de segurança.

O disco de ruptura, quando utilizado, deve ser instalado entre o vaso de pressão ou parte do sistema de refrigeração a ser protegido e a entrada de uma válvula de segurança. Uma conexão para tomada de pressão deve ser inserida entre o disco de ruptura e a válvula de segurança. A bitola de conexão do disco de ruptura não pode ser inferior àquela da entrada da válvula de segurança.

A localização dos dispositivos de alívio de pressão deve permitir fácil acesso do pessoal de manutenção para inspeção e reparo.

Plugues-fusíveis são recomendados para pequenos sistemas de refrigeração, onde a perda total da carga de agente frigorígeno, por ocasião da atuação deste dispositivo, é aceitável. Não é recomendada a utilização de válvulas de segurança por peso.

8.3 Quantidade mínima de dispositivos de alívio de pressão a instalar

Considerando o disposto em 8.1, tem-se:

- a) vasos de pressão com volume interno bruto inferior a 100 L:
 - 1) com diâmetro superior a 152 mm: uma válvula de segurança;
 - 2) com diâmetro compreendido entre 76 mm e 152 mm: um plugue-fusível ou válvula de segurança;
 - 3) com diâmetro inferior a 76 mm: não há obrigatoriedade de uso de nenhum dispositivo de alívio de pressão;
- b) vasos de pressão com volume interno bruto compreendido entre 100 L e 300 L: uma válvula de segurança;
- c) vasos de pressão com volume interno bruto acima de 300 L:
 - 1) duas válvulas de segurança conectadas a uma válvula de três vias, tendo cada válvula de segurança capacidade de descarga, para a atmosfera, suficiente para atender às necessidades de alívio de pressão da parte ou partes do sistema de refrigeração a ser protegido;
 - 2) uma única válvula de segurança, quando a descarga desta se dá para o lado de baixa pressão do sistema de refrigeração. Neste caso, o lado de baixa pressão deve ser protegido por válvulas de segurança com capacidade suficiente para descarregar para a atmosfera a somatória das vazões de todas as válvulas de

segurança conectadas ao vaso de alta pressão e que descarreguem no lado de baixa pressão do sistema.

NOTA - Duas ou mais válvulas de segurança, conectadas em paralelo e em grandes vasos de pressão, devem ser consideradas como uma única válvula de segurança para se obter a capacidade de descarga requerida.

8.4 Pressão de ajuste/alívio

8.4.1 Válvulas de segurança

Todas as válvulas de segurança devem iniciar sua ação a uma pressão que não exceda a pressão de projeto das partes do sistema a serem protegidas.

8.4.2 Discos de ruptura

Todos os discos de ruptura devem ter a pressão nominal de rompimento do disco inferior, ou no máximo igual, à pressão de projeto das partes do sistema a serem protegidas.

8.4.3 Plugues-fusíveis

Nos casos em que apenas um plugue-fusível for usado como proteção, a pressão de ruptura da parte do sistema a ser protegida deve ser pelo menos duas vezes e meia a pressão de saturação do agente frigorígeno correspondente à temperatura de atuação estampada no corpo do plugue-fusível. No caso em que esta temperatura for superior à temperatura crítica do agente frigorígeno, a pressão de ruptura das partes do sistema a serem protegidas deve ser pelo menos duas vezes e meia a pressão do ponto crítico do agente frigorígeno.

8.5 Capacidade de descarga requerida

A capacidade mínima requerida de descarga de um dispositivo de alívio de pressão, e para cada vaso de pressão, pode ser calculada por um dos dois métodos a seguir:

a) método ASHRAE:

$$C = F \times D \times L$$

onde:

C é a capacidade mínima de descarga requerida para o dispositivo, em quilogramas por segundo de ar;

D é o diâmetro externo do vaso, em metros;

L é o comprimento do vaso, em metros;

F é um fator que depende do agente frigorígeno, conforme a tabela 2;

b) método ISO:

$$Q_r = 10 \times A/r$$

onde:

Q_r é a capacidade mínima de descarga requerida para o dispositivo, em quilogramas por segundo de agente frigorígeno;

A é a superfície externa do vaso, em metros quadrados;

r é o calor latente de vaporização do agente frigorígeno na pressão de abertura do dispositivo de alívio de pressão, em quilojoule por quilograma.

NOTA - Para os métodos ASHRAE e ISO, quando um único dispositivo de pressão for utilizado para proteger mais de um vaso de pressão, a capacidade mínima de descarga requerida deve ser igual à soma das capacidades requeridas para cada vaso.

Vaso de pressão (como, por exemplo, separador de óleo) situado entre um compressor de deslocamento positivo (que não possua sua própria válvula de segurança) e a primeira válvula de bloqueio (situada na tubulação de recalque do compressor) deve ser protegido por pelo menos uma válvula de segurança. A capacidade total de descarga desta válvula de segurança deve ser no mínimo igual ao deslocamento mássico do compressor, quando operar na temperatura de evaporação mínima de 10°C, ou obtida pela média aritmética entre a temperatura de evaporação em condições normais de operação (regime) e a temperatura de saturação correspondente à pressão de projeto do referido vaso.

Tabela 2 - Fator F

Agente frigorígeno	Valor de F
R 717 (amoníaco)	0,041
R 12, R 22 e R 500	0,130
R 502, R 503, R 13, R 13B1 e R 14	0,203
Demais	0,082

8.6 Características construtivas dos dispositivos de segurança

Assentos e discos de válvulas de segurança devem ser feitos de material apropriado para resistir à eventual corrosão ou outra ação química qualquer causada pelo agente frigorígeno. Assentos e discos feitos em ferro fundido não devem ser empregados.

Eventuais deformações em assentos e discos, causadas por pressão ou outra causa qualquer, não devem alterar a pressão de ajuste/alívio em mais de 5% do seu valor, em um espaço de tempo de cinco anos.

Válvulas de segurança que descarregam do lado de baixa pressão do sistema devem ser do tipo não afetadas por contrapressão (por exemplo, válvula tipo balanceada).

Os discos de ruptura devem ser construídos de forma que, quando rompidos, nenhum fragmento do disco possa impedir a ação da válvula de segurança ou obstruir o fluxo do agente frigorígeno.

As válvulas manuais de três vias, quando usadas para instalação de duas válvulas de segurança em paralelo, devem possuir as seguintes características:

- apenas uma válvula de segurança por vez pode estar inoperante para ensaios e reparos;

- o eixo da válvula deve ser engaxetado de forma a dotar a válvula de três vias de estanqueidade compatível com a natureza do agente frigorígeno;

- ter capuz roscado no corpo da válvula para abrigar a ponta de eixo e assegurar estanqueidade.

8.7 Identificação dos dispositivos de alívio de pressão

8.7.1 Válvulas de segurança

Toda válvula de segurança deve estar ajustada e selada pelo fabricante ou por uma entidade ou pessoa física competente. O selo deve conter marca de identificação do responsável pelo ajuste da válvula e deve ser instalado de maneira a impedir a adulteração da pressão de ajuste sem que seja quebrado o lacre em questão.

Toda válvula de segurança com conexão de entrada igual ou maior que 12 mm (1/2 polegada) deve ser identificada pelo fabricante ou instalador de maneira que a identificação não seja removida em serviço. A identificação pode ser feita no corpo da válvula ou em plaqueta fixada de forma segura à válvula.

A identificação deve conter as seguintes informações:

- nome ou logotipo do fabricante;
- modelo da válvula;
- o diâmetro, em milímetros ou em polegadas, da conexão de entrada;
- a pressão de ajuste;
- a capacidade de descarga, em duas opções:
 - medida em fluxo de massa em quilogramas por hora ou libras por minuto de ar ou do agente frigorígeno;
 - coeficiente de descarga da válvula e área de passagem do agente frigorígeno;
- ano de fabricação da válvula ou código que permita identificar o ano de fabricação.

NOTA - Válvulas de segurança em conexão de entrada inferior a 12 mm (1/2 polegada) estão isentas das exigências das alíneas c) e e).

A capacidade ou o coeficiente de descarga de uma válvula de segurança deve ser obtida e certificada de acordo com os requisitos de pelo menos uma das normas abaixo ou equivalente:

- ISO 4126;
- ASME-Section VIII-Division 1: UG - 131.

8.7.2 Discos de ruptura

A identificação dos discos de ruptura deve conter no mínimo as informações abaixo, posicionadas de forma a não afetar a atuação do dispositivo de alívio:

- a) nome ou logotipo do fabricante;
- b) diâmetro da conexão;
- c) pressão nominal de ruptura à temperatura requerida;
- d) pressão nominal de ruptura ambiente a 22° C;
- e) material da membrana.

8.7.3 Plugues-fusíveis

A temperatura de fusão deve estar estampada na parte não sujeita a fusão.

8.7.4 Inspeção periódica de válvulas de segurança

Recomenda-se que as válvulas de segurança sejam inspecionadas, reensaiadas ou substituídas pelo fabricante ou pessoal competente em intervalos não superiores a cinco anos ou conforme recomendação do fabricante.

9 Ensaio de fabricação

9.1 Ensaio

Todo vaso de pressão deve ser submetido a ensaio de resistência mecânica de acordo com as exigências de sua norma de projeto. Os vasos podem ser submetidos individualmente ou em grupos ao ensaio de resistência mecânica. Este ensaio deve ser testemunhado por profissional qualificado e competente, que deve emitir e assinar um certificado de realização do ensaio.

Em adição ao ensaio de resistência mecânica, todo vaso de pressão deve ser submetido a um ensaio pneumático de estanqueidade e ser considerado estanque à pressão de projeto do vaso. Esta pressão de ensaio não deve ser superior à pressão máxima admitida pela norma de projeto para ensaios pneumáticos.

9.2 Documentação técnica (*Data book*)

A documentação técnica mínima que o fabricante deve manter em seus arquivos pelo prazo mínimo de cinco anos, a contar da data de fabricação, é a seguinte:

- a) desenho construtivo com lista de materiais;
- b) memória de cálculo mecânico;
- c) especificações e registro dos procedimentos de soldagem;
- d) certificados de:
 - 1) ensaio de resistência mecânica;
 - 2) ensaio de estanqueidade;
 - 3) outros ensaios realizados;
 - 4) matérias-primas.

10 Placa de identificação

A placa de identificação deve obedecer aos seguintes requisitos:

- a) deve receber no mínimo as informações requeridas pela norma de fabricação;
- b) deve estar visível e localizada em uma área de fácil acesso no vaso, preferencialmente nas proximidades de uma boca de visita ou boca de inspeção;
- c) sua espessura nominal deve ser suficiente para que não ocorram deformações devido à própria marcação, devendo ser compatível com o método de fixação utilizado; não deve ser inferior a 0,5 mm;
- d) pode ter marcas produzidas por fundição, gravação por ataque químico em alto ou baixo relevo, estampagem ou gravação mecânica;
- e) as marcas devem ser feitas com caracteres de altura mínima de 4 mm, tanto em alto como em baixo relevo, a uma altura ou profundidade mínima de 0,1 mm, respectivamente; estas marcas devem ser legíveis e de boa apresentação;
- f) deve ser aplicada diretamente no vaso, em placa intermediária ou suporte; fixada por soldagem, brasagem ou elementos mecânicos de fixação, fabricados de material metálico apropriado;
- g) para vasos isolados termicamente, deve ser aplicada em suporte, de tal forma que permita a remoção do isolamento sem danificar a placa.

11 Limpeza, inertização, transporte e acondicionamento

11.1 Limpeza

O processo de fabricação dos vasos de pressão deve garantir a limpeza interna destes, evitando, principalmente, a presença de resíduos de fabricação e umidade.

11.2 Inertização

O vaso de pressão deve ser pressurizado à pressão de até 100 kPa (1 kgf / cm²), com gás inerte.

11.3 Transporte

O vaso de pressão deve ser carregado para transporte, bem como descarregado, mediante a utilização de dispositivos para içamento previstos em projeto.

O transporte propriamente dito deve ser feito de modo a evitar tensões, atritos e movimentações, e com a proteção adequada dos acessórios.

11.4 Acondicionamento antes da utilização

O acondicionamento do vaso de pressão antes da sua utilização deve manter as condições da liberação final da fabricação.

12 Aterramento

Os vasos de pressão devem ser aterrados em conformidade com as NBR 5410 e NBR 5419.

13 Inspeções

13.1 Inspeções periódicas

Todo vaso de pressão deve ter um programa de inspeção, indicando o procedimento de inspeção e respectivas frequências.

Deve ser mantido um prontuário para cada equipamento, contendo:

- a) documentação técnica do equipamento (*data book*), originário do fabricante;
- b) registro de segurança, composto no mínimo por relatórios de inspeção, relatório das ocorrências relevantes, caracterização do equipamento e PMTA - Pressão Máxima de Trabalho Admissível, de acordo com a NR-13.

13.2 Frequência

A frequência e o tipo de inspeção dos vários tipos de vasos variam conforme as condições particulares que afetam a aplicação deste equipamento.

Os intervalos recomendados entre as inspeções são indicados em 13.3 a 13.5. Estes intervalos podem necessitar de redução em circunstâncias como:

- a) período de inspeção imediatamente seguinte ao *start up* ou reoperação do sistema;
- b) ambiente corrosivo ou com condições adversas;
- c) informações obtidas das condições de serviço do sistema ou de sistemas similares;
- d) possíveis efeitos de carga, incluindo cargas cíclicas, conduzindo à fadiga e que podem ocorrer se gás quente for injetado no sistema.

13.3 Inspeção anual

Em intervalos não maiores que 12 meses, onde os vasos estão em uso diário, deve ser feito um exame detalhado da superfície externa ou do isolamento aplicado sobre cada vaso. Esta inspeção deve ser executada por pessoal não vinculado à área de operação do sistema.

O propósito desta inspeção é detectar e registrar se todas as condições dos vasos após um período de serviço estão mantidas; por outro lado, também assegurar que quaisquer deficiências sejam cuidadosamente investigadas e corrigidas.

No caso de vasos de pressão isolados termicamente, qualquer aparecimento de umidade ou deterioração do isolamento que possa conduzir a um eventual processo corrosivo deve ser investigado.

Para equipamentos com uso intermitente, ou temporariamente fora de uso, a frequência de inspeção é passível de modificações.

13.4 Inspeção total

Pelo menos a cada cinco anos, a inspeção anual do vaso deve ser feita por pessoa habilitada e credenciada, desvinculada da área operacional, a qual deve realizar exames e ensaios que considerar necessários, de modo a garantir a continuidade de sua utilização.

Os vasos de pressão devem ser inspecionados visualmente e, a critério do inspetor, podem ser utilizadas técnicas de ensaios não destrutivos para verificação de defeitos e determinação de espessura.

Ensaio de pressão baseados na PMTA podem ser realizados conforme as normas de construção do vaso.

13.5 Ensaio hidrostático

Somente deve ser realizado na eventualidade de reparos e/ou ocorrências que comprometam a integridade do equipamento.



Anexo A (informativo)
Bibliografia

ASHRAE	AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS, INC	ANSI/ASHRAE 15 - 1992	EUA
TEMA	TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURER ASSOCIATION	Edição 1988	EUA
ASME	AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS	Edição 1992 e Ad. 1993	EUA
ISO	INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION	ISO - 5149 First Edition 1993 - 09 - 15	EUA
BSI	BRITISH STANDARDS INSTITUTE	BS 4434:1989	GRÃ- BRETANHA
IIAR	INTERNATIONAL INSTITUTE OF AMMONIA REFRIGERATION	ANSI/IIAR 2 - 1992	EUA

