

PROJETO E FABRICAÇÃO DE RESFRIADORES A AR

Procedimento

CONTEC
Comissão de Normas
Técnicas

SC - 02
Caldeiraria

Cabe à CONTEC - Subcomissão Autora, a orientação quanto à interpretação do texto desta Norma. O Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma é o responsável pela adoção e aplicação dos itens da mesma.

Requisito Mandatório: Prescrição estabelecida como a mais adequada e que deve ser utilizada estritamente em conformidade com esta Norma. Uma eventual resolução de não seguí-la ("não-conformidade" com esta Norma) deve ter fundamentos técnico-gerenciais e deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "dever", "ser", "exigir", "determinar" e outros verbos de caráter impositivo.

Prática Recomendada (não-mandatária): Prescrição que pode ser utilizada nas condições previstas por esta Norma, mas que admite (e adverte sobre) a possibilidade de alternativa (não escrita nesta Norma) mais adequada à aplicação específica. A alternativa adotada deve ser aprovada e registrada pelo Órgão da PETROBRAS usuário desta Norma. É caracterizada pelos verbos: "recomendar", "poder", "sugerir" e "aconselhar" (verbos de caráter não-impositivo). É indicada pela expressão: **[Prática Recomendada]**.

Cópias dos registros das "não-conformidades" com esta Norma, que possam contribuir para o aprimoramento da mesma, devem ser enviadas para a CONTEC - Subcomissão Autora.

As propostas para revisão desta Norma devem ser enviadas à CONTEC - Subcomissão Autora, indicando a sua identificação alfanumérica e revisão, o item a ser revisado, a proposta de redação e a justificativa técnico-econômica. As propostas são apreciadas durante os trabalhos para alteração desta Norma.

"A presente Norma é titularidade exclusiva da PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS, de uso interno na Companhia, e qualquer reprodução para utilização ou divulgação externa, sem a prévia e expressa autorização da titular, importa em ato ilícito nos termos da legislação pertinente, através da qual serão imputadas as responsabilidades cabíveis. A circulação externa será regulada mediante cláusula própria de Sigilo e Confidencialidade, nos termos do direito intelectual e propriedade industrial."

Apresentação

As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas por Grupos de Trabalho – GTs (formados por especialistas da Companhia e das suas Subsidiárias), são comentadas pelos Representantes Locais (representantes das Unidades Industriais, Empreendimentos de Engenharia, Divisões Técnicas e Subsidiárias), são aprovadas pelas Subcomissões Autoras – SCs (formadas por técnicos de uma mesma especialidade, representando os Órgãos da Companhia e as Subsidiárias) e aprovadas pelo Plenário da CONTEC (formado pelos representantes das Superintendências dos Órgãos da Companhia e das suas Subsidiárias, usuários das normas). Uma norma técnica PETROBRAS está sujeita a revisão em qualquer tempo pela sua Subcomissão Autora e deve ser reanalisada a cada 5 (cinco) anos para ser revalidada, revisada ou cancelada. As normas técnicas PETROBRAS são elaboradas em conformidade com a norma PETROBRAS N-1. Para informações completas sobre as normas técnicas PETROBRAS, ver Catálogo de Normas Técnicas PETROBRAS.

PROJETO E FABRICAÇÃO DE RESFRIADORES A AR
(procedimento)

<u>SUMÁRIO</u>	<u>Página</u>
1 OBJETIVO.....	3
2 NORMAS A CONSULTAR.....	3
3 DEFINIÇÕES.....	5
4 DADOS DE PROJETO.....	6
4.1 Escopo de Fornecimento.....	6
4.2 Critério de Precedência.....	7
4.3 Dados de Processo.....	7
4.4 Condições de Operação e de Projeto.....	8
4.5 Requisitos Gerais de Projeto.....	8
5 MATERIAIS.....	9
6 CABEÇOTES.....	9
6.1 Requisitos Gerais.....	9
6.2 Seleção do Cabeçotes.....	10
6.3 Cabeçotes Tipo Tubo sem Costura e Forjados.....	11
6.4 Cabeçotes com Bujões.....	11
6.5 Cabeçote com Tampo Removível.....	12
7 TUBOS E FEIXES TUBULARES.....	12
8 BOCAIS E CONEXÕES.....	15
9 CÂMARA PLENA E VENTILADORES.....	16
9.1 Câmara Plena.....	16
9.2 Ventiladores.....	16

	<u>Página</u>
9.3 Venezianas.....	18
10 ACIONAMENTO.....	19
10.1 Requisitos Gerais.....	19
10.2 Transmissão.....	20
10.3 Motores Elétricos.....	20
11 ESTRUTURAS.....	21
12 NÍVEL DE RUÍDO.....	26
13 CONTROLE.....	26
13.1 Objetivos.....	26
13.2 Tipos de Controle.....	26
13.3 Escopo de Fornecimento.....	26
13.4 Reguladores de Velocidade.....	27
14 FABRICAÇÃO.....	27
14.1 Requisitos Gerais.....	27
14.2 Soldagem.....	28
14.3 Mandrilamento dos Tubos.....	28
14.4 Alívio de Tensões.....	29
15 INSPEÇÃO.....	29
15.1 Requisitos Gerais.....	29
15.2 Requisitos Específicos.....	30
15.3 Radiografia.....	30
16 TESTE.....	31
17 PREPARAÇÃO PARA O TRANSPORTE.....	31
18 PINTURA.....	32
19 PLACA DE IDENTIFICAÇÃO.....	32

	<u>Página</u>
20 DOCUMENTAÇÃO TÉCNICA.....	33
20.1 Apresentação com a Proposta.....	33
20.2 Apresentação para Comentários e Aprovação.....	33
20.3 Livro de Documentação Técnica de Fabricação.....	35
20.4 Identificação.....	35
 21 GARANTIA.....	 35

1 OBJETIVO

Esta Norma fixa as condições exigíveis para o projeto e fabricação de resfriadores a ar horizontais com superfície estendida (tubos aletados) e tubos lisos, tiragem forçada ou induzida, usados como condensadores ou resfriadores.

2 NORMAS A CONSULTAR

2.1 Da PETROBRAS

- (a) [N-2](#) - Pintura de Equipamentos Industriais;
- (b) [N-133](#) - Soldagem;
- (c) [N-253](#) - Projeto Mecânico e Projeto para Fabricação de Vasos de Pressão;
- (d) [N-268](#) - Fabricação de Vasos de Pressão;
- (e) [N-279](#) - Projeto de Estruturas Metálicas;
- (f) [N-288](#) - Escadas e Plataformas para Estruturas Metálicas;
- (g) [N-293](#) - Fabricação de Estruturas Metálicas;
- (h) [N-313](#) - Motores Elétricos de Indução;
- (i) [N-381](#) - Execução de Desenho técnico;
- (j) [N-1210](#) - Materiais para Equipamentos de Caldeiraria;
- (l) [N-1496](#) - Motores de Indução - Folha de Dados;
- (m) [N-1553](#) - Ventilador - Folha de Dados;
- (m) [N-1586](#) - Resfriador a Ar - Folha de Dados;
- (o) [N-1594](#) - Exame Não-Destrutivo - Ultra-Som;
- (p) [N-1595](#) - Exame Não-Destrutivo - Radiografia;
- (q) [N-1596](#) - Exame Não-Destrutivo - Líquido Penetrante;

- (r) N-1598 - Exame Não-Destrutivo - Partículas Magnéticas;
- (s) N-1687 - Critério de Ruído para Projetos em Unidades Industriais;
- (t) N-1707 - Projeto e Fabricação de Vasos de Pressão com Revestimento de Aços Inoxidáveis, Níquel e Ligas de Níquel.

2.2 Da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas)

- (a) ND-14 - Cálculo e Execução de Estruturas de Aço;
- (b) ND-599 - Forças Devidas ao Vento em Edificações.

2.3 Do API (American Petroleum Institute)

Standard 661 - Air Coolad Heat Exchanger for General Refinery Services.

2.4 Da TEMA (Tubular Exchanger Manufacturers Association)

Standards of Tubular Exchanger Manufacturars Association.

2.5 Da ASME (American Society of Mechanical Engineers)

- (a) Boiler and Pressure Vessel Code - Section II - Material Specifications;
- (b) Boiler and Pressure Vessel Code - Section VIII - Division 1 - Pressure Vessels.

2.6 Da ANSI (American National Standards Institute)

- (a) B 1.1 - Unified Screw Threads;
- (b) B 16.5 - Stsel Pipe Flanges and Flanged Fittings.

2.7 Da ASTM (American Society for Testing and Materiais)

A-123 - Zinc (Hot-Galvanized) Coatings on Products Fabricated From Rolled, Pressed, and Forged Stsel Shapes, Plates, Bars and Strip.

2.8 Da AGMA (American Gear Manufacturers Association)

AGMA Standard 420 - Helical and Herringbone Gear Speed Reducers and Increaseers.

3 DEFINIÇÕES

Para os fins desta Norma são adotadas as seguintes definições:

3.1 Feixe Tubular

Conjunto de tubos, cabeçotes e estruturas laterais.

3.2 Seção

Um ou mais feixes tubulares servidos por um ou mais ventiladores, completos com estrutura, câmara plena e equipamentos acessórios.

3.3 Item

Identificação de um serviço individual.

3.4 Unidade

Uma ou mais seções incluindo um ou mais serviços em uma estrutura contínua.

3.5 Tipo Tiragem Forçada

Aparelho com feixes tubulares locados na descarga dos ventiladores.

3.6 Tipo Tiragem Induzida

Aparelho com feixes tubulares locados na sucção dos ventiladores.

3.7 Área Referida ao Tubo Liso

Área externa do tubo-base sobre o qual são colocadas as aletas, baseada no comprimento dos tubos, medido entre as faces externas dos cabeçotes.

3.8 Área da Superfície Aletada - Área Externa Total (Exposta ao Ar)

Área baseada no comprimento dos tubos, medido entre as faces dos cabeçotes.

3.9 Coeficiente de Depósito

Este valor é definido como sendo a resistência térmica líquida do lado dos tubos (lado interno) e deve ser ajustado pela relação entre as superfícies externa e interna.

4 DADOS DE PROJETO

4.1 Escopo de Fornecimento

A não ser quando especificado em contrário na R.M., o escopo do fornecimento do fabricante inclui:

- (a) Feixes tubulares completos, com cabeçotes, bocais, juntas, parafusos, porcas e tomadas para instrumentos, limpeza, respiro e drenagem;
- (b) Venezianas (quando especificado);
- (c) Estruturas;
- (d) Controles (como especificado);
- (e) Escadas e plataformas;
- (f) Motores;
- (g) Transmissão;
- (h) Ventiladores;
- (i) Chapas ou rolos para permitir a dilatação dos feixes tubulares.

4.2 Critério de Precedência

Quando houver divergência entre documentos, deve ser observado o seguinte critério de precedência:

- (a) Folhas de Dados e documentos específicos para o equipamento;
- (b) Esta norma;
- (c) Outras normas citadas nesta.

Em caso de dúvida , a PETROBRAS deve ser consultada.

4.3 Dados de Processo

4.3.1 A Folha de Dados deve ser preparada de acordo com o formulário da norma [N-1586](#). O projetista do equipamento deve usar as informações constantes da Folha de Dados Para avaliar o serviço e completar a Folha de Dados com informações tais como: DTML, taxas de transferência e vazões de ar.

4.3.2 Quando as propriedades dos fluidos não estiveram indicadas na Folha de Dados, devam ser usados, preferencialmente, para produtos de petróleo, o "Data Book on Hydrocarbons" de J. B. Maxwell, D. Van Nostrand Company, Inc., e o TEMA, como fontes para obtenção das mesmas.

Os valores utilizados nos cálculos para o projeto devem ser indicados na Folha de Dados.

4.3.3 A perda de carga admissível deve incluir a perda de carga através de todos os distribuidores, bocais, cabeçotes e tubos.

4.3.4 Deve ser considerado o coeficiente de depósito apresentado na Folha de Dados. Quando não especificado, o coeficiente de depósito deve ser pelo menos igual à recomendação mínima do TEMA.

4.3.5 A Folha de Dados deve indicar a exigência de controle manual ou automático de temperatura, pressão ou outra variável; deve indicar ainda o meio desejado para o referido controle, tal como variação do passo do ventilador e abertura de venezianas.

O projetista do equipamento deve rever o sistema de controle especificado e propor alternativas, se economicamente recomendadas, e/ou puderem resultar em um sistema de controle melhor ou mais

confiável para o serviço específico. Quando os sistemas de controle não forem definidos na Folha de Dados, o projetista do equipamento deve propor aquelas que ele julgue necessários a fim de que se opere o equipamento dentro das características de processo definidas, em especial para produtos de alto ponto de fluidez e alta viscosidade, onde a necessidade de serpentinas de vapor e/ou recirculação de ar deve ser considerada.

4.3.6 Quando economicamente recomendável, pode-se considerar a combinação de diferentes serviços, a menos que especificamente proibido pela Folha de Dados.

4.4 Condições de Operação e de Projeto

4.4.1 Pressão de operação é a pressão contínua de operação normal.

4.4.2 A pressão de projeto deve ser no mínimo o maior dos seguintes valores:

- (a) Pressão de operação + 10 %;
- (b) Pressão de operação + 98 kPa (1 kgf/cm²).

4.4.3 Temperatura de operação é a temperatura contínua de operação normal.

4.4.4 A temperatura de projeto deve ser no mínimo a temperatura de operação acrescida de 15° C.

4.5 Requisitos Gerais de Projeto

4.5.1 O projeto mecânico deve estar de acordo com a norma ASME Sec. VIII - Div. 1.

4.5.2 É permitido a apresentação de projeto padrão, como alternativa, desde que sejam indicadas todas as divergências em relação ao especificado.

4.5.3 A seleção do tipo, isto é, tiragem induzida ou forçada, a menos que especificado em contrário, deve ser feita com base em fatores técnicos e econômicos.

4.5.4 Com a finalidade de minimizar a necessidade de partes sobressalentes, deve-se, sempre que possível, padronizar os acessórios mecânicos, desde que seja econômico.

4.5.5 A sobre-espessura para corrosão, para aço-carbono e aços de baixa liga (exceto tubos) não deve ser inferior a 3 mm.

Para aços inoxidáveis austeníticos e não-ferrosos, não deve ser considerada sobre-espessura para corrosão.

4.5.6 A área ocupada pelo ventilador deve ser no mínimo 40 % da área ocupada pelos feixes tubulares.

5 MATERIAIS

5.1 Todos os materiais para as partes pressurizadas devem satisfazer aos requisitos das Seções II e VIII do ASME Boiler and Pressure Vessel Code. Preferencialmente, devem ser utilizados os materiais especificados na norma [N-1210](#).

5.2 O material das pás do ventilador deve ser alumínio ou plástico termo-estável, salvo indicação em contrário na requisição.

6 CABEÇOTES

6.1 Requisitos Gerais

6.1.1 Um dos cabeçotes deve ser do tipo flutuante.

6.1.2 Devem ser adotados cabeçotes divididos (split headers), em feixes multipasses quando a diferença entre as temperaturas de entrada e saída do produto for superior a 110° C. Para serviços com hidrogênio e/ou serviços com alta pressão, devem ser usadas unidades com tubos em U completamente soldados.

6.1.3 Os passes do cabeçote e o arranjo de bocais devem ser projetados de modo a minimizar o caminhamento de tubulações externas. Os cabeçotes e tubulações devem ser dispostos de modo a permitir a inspeção e limpeza mecânica dos tubos sem a necessidade de se desmontar a tubulação ou outras partes do resfriador, com exceção das tampas do cabeçote ou bujões de acesso aos tubos.

6.1.4 Cada cabeçotes deve ser fornecido com luvas de 1" série 6000, para fins de drenagem e respiro, com respectivos bujões.

6.1.5 A espessura mínima dos divisores de passe e/ou chapas de reforço nos cabeçotes deve ser, no mínimo, a espessura requerida para resistir aos esforços aplicados mais duas vezes a sobre-espessura para corrosão especificada mas não inferior a 9,5 mm.

6.1.6 Os cabeçotes devem ser projetados de modo a terem passagem 30 % superior à área de cada passe de tubo.

6.2 Seleção do Cabeçote

6.2.1 Para pressões de projeto superiores a 1720 kPa (man) (175 kgf/cm²) (2500 psig) devem ser usados os cabeçotes tipo "tubo sem costura" ou forjados.

6.2.2 Os cabeçotes tipo "caixa" (seção transversal retangular com cantos arredondados) utilizando bujões com junta são aceitáveis até a pressão de 1720 kPa (man) (175 kgf/cm²) (2500 psig).

6.2.3 Para pressões de projeto acima de 1370 kPa (man) (140 kgf/cm²) (2000 psig), são preferidos os cabeçotes tipo "caixa" com os cantos arredondados e os tubos devem ser mandrilados no espelho e com solda de selagem.

6.2.4 Em serviços com gases tóxicos, hidrogênio, ou gases e vapores de periculosidade equivalente ao hidrogênio, pode ser requerida a solda de selagem, mesmo para pressões inferiores a 1370 kPa (man) (140 kgf/cm²) (2000 psig).