

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Ivan Céu Ribeiro dos Santos

**QUALIDADE NA INSPEÇÃO DE CALDEIRAS E VASOS DE
PRESSÃO:**

Norma Regulamentadora N° 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão

Taubaté – SP

2009

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Ivan Céu Ribeiro dos Santos

**QUALIDADE NA INSPEÇÃO DE CALDEIRAS E VASOS DE
PRESSÃO:**

Norma Regulamentadora N° 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. João Alberto Bajerl.

Taubaté-SP

2009

IVAN CÉU RIBEIRO DOS SANTOS

QUALIDADE NA INSPEÇÃO DE CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO:

NORMA REGULAMENTADORA N° 13 – CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO

Monografia apresentada para obtenção do Certificado de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho do Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade de Taubaté.

Data: ____/____/____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

Prof. _____

Assinatura _____

À minha esposa Patricia e minha filha Marina, agradeço a compreensão por talvez não lhes ter dedicado a atenção merecida durante o período de intenso trabalho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Professor João Alberto Bajerl por todo conhecimento que me foi transferido, desde o primeiro dia de aula.

RESUMO

O presente trabalho tem por objetivo comentar as melhores praticas de inspeção em caldeiras e vaso de pressão baseada em normas nacionais e internacionais e aspectos legais ligados a inspeção de equipamentos. A NR-13 “Caldeiras e Vasos de Pressão” define entre outros que as caldeiras e vasos de pressão devem ser submetidos à Inspeção de Segurança Inicial, Periódica e Extraordinária, conforme os itens 13.5 “Inspeção de Segurança de Caldeiras” e 13.10 “Inspeções de Segurança de Vasos de Pressão”. Observa-se que a inspeção de equipamento tem sofrido, ao longo dos anos, sucessivas revoluções decorrentes da evolução tecnológica e aqueles que não acompanharem este desenvolvimento perderão excelentes oportunidades para melhorar sua eficiência e eficácia com grandes ganhos resultantes de redução de custos de manutenção e aumento da confiabilidade e segurança dos equipamentos. O trabalho apresenta os melhores tipos e recursos de inspeção em caldeiras e vasos de pressão, tais como, visual externo, interno e teste hidrostático, incluindo válvulas de segurança bem como aspectos legais da inspeção de equipamentos “Responsabilidade civil e criminal”. Baseado nas melhores técnicas de inspeção em equipamentos, a proposta poderá servir de base para os profissionais da área conhecer as técnicas de inspeção em caldeiras e vasos de pressão.

Palavras chaves: Caldeiras e vasos de pressão. Válvulas de segurança. Inspeção. NR-13.

ABSTRACT

This work aims to comment on the best practices of inspection in boiler and pressure vessel of standards based on national and international legal aspects related to inspections of equipment. The NR-13 "Boilers and Pressure Vessels " define among others that the boilers and pressure vessels to be submitted to inspection of Initial, periodical and extraordinary security, as the items 13.5 "Inspection Security Boiler" and 13.10 "Inspection of Security of Pressure Vessels" It is observed that the inspection of equipment has suffered over the years, successive changes arising from technological development and those who do not follow this development lost excellent opportunities to improve their efficiency and effectiveness with big gains resulting from reduced the cost of maintenance and increased reliability and safety equipment. The paper presents the best types and resources in inspection of boilers and pressure vessels, such as visual external, internal and hydrostatic testing, including safety valves and legal aspects of inspection of equipment "Civil liability and criminal" Based on the best techniques for inspection in equipment, the proposal could serve as the basis for professionals in the area know the techniques of inspection in Boilers and Pressure Vessels.

Key words: Boiler, Pressure Vessels, Safety valves, Inspection, NR-13

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Registro de Inspeção	54
Figura 2 Registro dos Dados Técnicos do Vaso.....	55
Figura 3 Registro do Resultado da Inspeção Executada	56
Figura 4 Registro das Medidas efetuadas.....	57
Figura 5 Registro do Cálculo de Espessura Mínima dos Componentes de um Vaso de Pressão	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 Categoria de inspeção	14
Tabela 2 Exigências da norma NR-13 para vasos de pressão	16
Tabela 3 Prazos de inspeção.....	20
Tabela 4 Ferramentas mais usadas pelo inspetor durante a inspeção de um vaso de pressão..	31

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 O Problema	11
1.2 Objetivo	11
1.3 Organização do trabalho	11
2 REVISÃO DA LITERATURA	13
2.1 Comentários sobre as Normas Regulamentadoras aplicáveis do Ministério do Trabalho e Emprego	13
2.2 As principais modificações da NR-13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”	14
2.2.1 Comentários referente a Vaso de Pressão	14
2.2.2 Comentários Referente a Caldeira	17
2.3 Fiscalização e Penalidades	22
2.4 Definições	23
2.5 Normas aplicáveis à inspeção de vasos de pressão	25
2.6 Normas aplicáveis à inspeção de caldeiras	25
3 TIPOS, FREQUÊNCIA E RECURSOS DE INSPEÇÃO	26
3.1 Vasos de pressão	26
3.1.1 Inspeção em campanha	26
3.1.2 Inspeção em parada	29
3.1.3 Análise das descontinuidades encontradas	33
3.2 Caldeiras	34
3.2.1 Inspeção Externa	34
3.2.2 Inspeção geral ou em parada	37
4 TESTE HIDROSTÁTICO	45
4.1 Teste hidrostático em vaso de pressão	45
4.1.1 Teste Hidrostático Padrão	46
4.1.2 Teste hidrostático alternativo	46
4.1.3 Realização do teste hidrostático	48
4.1.4 Teste pneumático	50
4.2 Teste hidrostático em caldeiras	52
5 REGISTRO DE INSPEÇÃO	53
5.1 Vasos de Pressão	53
5.2 Caldeiras	58
6 VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO	60
6.1 Procedimentos de Inspeção	61
6.1.1 Inspeção externa	61
6.1.2 Inspeção interna	62
7 ASPECTOS LEGAIS DA INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS (RESPONSABILIDADE CIVIL E CRIMINAL)	65
7.1.1 Código Criminal Brasileiro	65
7.1.2 Código Civil Brasileiro	65
7.2 Aspecto da responsabilidade civil e criminal do exercício da atividade de inspeção de equipamento	66
7.2.1 Responsabilidade Civil	66
7.2.2 Responsabilidade Criminal	68
7.3 Abordagens sobre a Atividade de Inspeção de Equipamentos	70
8 CONCLUSÃO	72

1 INTRODUÇÃO

A Norma Regulamentadora nº 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão” requer que esses equipamentos sejam inspecionados periodicamente a fim de verificar a integridade física do equipamento sem oferecer risco ao meio ambiente e a saúde dos trabalhadores. Caldeiras e vasos de pressão são equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa e são geralmente usados para armazenamento final ou intermediário de fluidos em geral.

Os serviços de inspeção em caldeiras e vasos de pressão são feitos na maioria das vezes por profissionais habilitados, em outros casos por profissionais sem qualquer conhecimento sobre as melhores técnicas de inspeção em equipamentos.

Muitas empresas que possuem esse tipo de equipamento não tem conhecimentos sobre os riscos que esse pode oferecer a sua estrutura, sociedade e a seus funcionários caso aconteça algum sinistro por exemplo, explodir ou provocar vazamentos de algum tipo de fluido tóxico.

A NR-13 não especifica as técnicas de inspeção em caldeiras e vasos de pressão o que deixa a responsabilidade para as empresas e seus prepostos definirem o que é melhor para eles.

Uma falha em um equipamento pode gerar grandes perdas para a empresa, sociedade e funcionários, custos com longas paradas no processo produtivo, indenizações trabalhistas, despesas hospitalares, etc. A qualidade na inspeção de equipamentos é muito importante para verificar as condições técnicas de um equipamento atestando sua integridade física ou não para qual foi projetado.

A identificação de anomalias nos equipamentos geram ações para restabelecer as condições originais de projeto e por sua vez, evitando que ocorra acidentes com esses equipamentos.

1.1 O Problema

A inspeção em caldeiras e vasos de pressão feita sem recursos apropriados, técnicas atuais e profissional não qualificado pode oferecer riscos ao meio ambiente e a saúde dos trabalhadores.

Muitas inspeções são limitadas a ensaios básicos e de baixo custo influenciando na qualidade do serviço.

1.2 Objetivo

O trabalho tem por objetivo mostrar um roteiro das melhores práticas e técnicas de inspeção em vasos de pressão e caldeiras bem como os aspectos legais da inspeção de equipamentos.

1.3 Organização do trabalho

O capítulo 3 “TIPOS, FREQUÊNCIA E RECURSOS DE INSPEÇÃO” descreve os tipos de inspeção necessárias para os vasos de pressão e caldeiras, quais os recursos e análise dos resultados.

O capítulo 4 “TESTE HIDROSTÁTICO” comenta sobre os tipos de testes hidrostáticos em vasos de pressão e caldeiras bem como a forma de execução.

O capítulo 5 “REGISTRO DE INSPEÇÃO” mostra exemplos de formulários usados para registrar os resultados da inspeção.

O capítulo 6 “VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO” fala sobre a função desse dispositivo de segurança bem como os procedimentos de inspeção externa e interna das válvulas.

O capítulo 7 “ASPECTOS LEGAIS DA INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS” apresenta um texto que condensa os principais aspectos ligados à responsabilidade civil e criminal do exercício da atividade de inspeção de equipamentos.

-

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Comentários sobre as normas regulamentadoras aplicáveis do Ministério do Trabalho e Emprego

Em 1977 foi assinada a Lei nº 6514, alterando o capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativa à segurança e medicina do trabalho. Essa lei contém seções com assuntos específicos, sendo que a Seção XII trata de Caldeiras, Fornos e Recipientes sob Pressão.

Em 1978 o Ministério do Trabalho aprovou as normas regulamentadoras (NR), previstas na Lei 6514, visando detalhar as disposições daquela lei. Dentre as 28 normas regulamentadoras somente as NR-13 – Caldeiras e Recipientes Sob Pressão e NR-14 – Fornos, tratavam diretamente dos equipamentos industriais. Apesar do título, a NR-13 tratava apenas de caldeiras e era simplesmente uma cópia da antiga portaria nº 20, com todos os seus problemas.

Em 1983 o Ministério do Trabalho resolveu estender a NR-13 a “outros” vasos de pressão, como: compressores, tanques de ar comprimido, vasos de ar comprimido, reservatórios em geral de ar comprimido e outros com auto-claves, que são tão perigosos quanto caldeiras.

Em 1984 e 1985 a NR-13 sofreu algumas alterações, continuando porém com a maioria dos seus problemas.

Em 1995 a NR-13 sofreu novas alterações, agora com a participação de técnicos de algumas indústrias e foi totalmente modificada, sendo introduzida nestes conceitos existentes em normas europeias. A atual NR-13 classifica as caldeiras e os vasos de pressão em função dos dados de projeto e estabelece entre outros itens a frequência de inspeção e a periodicidade de testes.

Atualmente no Brasil as normas regulamentadoras são os instrumentos legais que exigem inspeção em caldeiras e vasos de pressão e por sua natureza tem força de lei.

A NR-1 “Disposições Gerais” descreve que as normas regulamentadoras são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos poderes legislativo e judiciário, que possuam empregados regidos pela Consolidação das Leis Trabalhistas (CLT).

2.2 As principais modificações da NR-13 “Caldeiras e Vasos de Pressão

2.2.1 Comentários referente a vaso de pressão

A seguir serão feitos comentários referentes as exigências da NR-13.

- a) A principal modificação da NR-13 é a adoção da classificação dos vasos de pressão em categorias de inspeção, em função de: tipo de fluido armazenado, produto da pressão máxima de operação do vaso e seu volume interno geométrico e o grupo potencial de risco do vaso. (Tabela 1).

Tabela 1 Categoria de Inspeção

CLASSE DE FLUIDO	GRUPO DE POTENCIAL DE RISCO				
	1 PV≥10 0	2 100>PV≥3 0	3 30>PV≥ 2,5	4 2,5>PV≥ 1	5 PV< 1
A - Inflamável com temperatura igual ou superior a 200°C - Tóxico com limite de tolerância ≤ 20 ppm.; - Hidrogênio; - Acetileno.	I	I	II	III	III
B - Inflamável com temperatura < 200°C; - Tóxico com limite de tolerância > 20 ppm.	I	II	III	IV	IV
C - Vapor de água; - Gases asfixiantes simples; - Ar comprimido.	I	II	III	IV	V
D - Outros fluidos	II	III	IV	V	V

Obs: Classe de fluido “D” foi alterada pela PORTARIA N° 57, DE 19 DE JULHO DE 2008 do Ministério do Trabalho e Emprego – Secretaria de Inspeção do Trabalho.

- b) As categorias de inspeção variam de I a V, sendo mais rigorosa quanto menor for sua categoria. Assim um vaso enquadrado na categoria I é aquele que estará submetido aos maiores rigores da norma.
- c) A Norma NR-13, na sua parte referente a vasos de pressão aplica-se, basicamente, a vasos de pressão, estacionários, não sujeitos a chama, cujo produto da pressão máxima de operação (Kpa) e seu volume interno geométrico (m³) seja superior a 8.
- d) Independente da categoria, todos os vasos devem possuir:
- placa de identificação: Placa fixada no vaso, em local visível que deve conter algumas informações, referentes as condições de projeto do vaso, selecionadas pela norma;
 - prontuário: São os dados de projeto do vaso;
 - registro de segurança: Registro de todas as ocorrências que possa, influir na segurança do vaso;
 - projeto de instalação: Características das instalações onde o vaso está instalado;
 - projeto de alterações ou reparos: Registros de reparos realizados no vaso que possam interferir na sua segurança e do procedimento de reparo utilizado;
 - relatórios de inspeção: Registros de alterações do vaso que estejam em desacordo com sua placa de identificação;
- e) Todo vaso enquadrado nas categorias I e II, devem possuir um manual de operação que contenha os procedimentos específicos adotados para o vaso em manobras operacionais, como: paradas, partidas, emergências, etc. Além disso os operadores devem ser treinados, conforme os requisitos específicos na norma.

- f) Todos os reparos e alterações devem respeitar o respectivo código de projeto e construção do vaso. A critério do profissional habilitado, podem ser utilizadas tecnologias de cálculo ou procedimentos mais avançados em substituição aos previstos pelos códigos de projeto e construção.
- g) A periodicidade de inspeção exigida pela norma depende da categoria do vaso e se a empresa possui Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE). A Tabela 2 mostra os prazos de inspeção e exigências de testes hidrostáticos para vasos de pressão.

Tabela 2 Exigências da Norma NR-13 para vasos de pressão

CATEGORIA DO VASO	EXAME EXTERNO		EXAME INTERNO		TESTE HIDROSTÁTICO	
	COM SPIE	SEM SPIE	COM SPIE	SEM SPIE	COM SPIE	SEM SPIE
I	3 ANOS	1 ANO	6 ANOS	3 ANOS	12 ANOS	6 ANOS
II	4 ANOS	2 ANOS	8 ANOS	4 ANOS	16 ANOS	8 ANOS
III	5 ANOS	3 ANOS	10 ANOS	6 ANOS	A CRITÉRIO	12 ANOS
IV	6 ANOS	4 ANOS	12 ANOS	8 ANOS	A CRITÉRIO	16 ANOS
V	7 ANOS	5 ANOS	A CRITÉRIO	10 ANOS	A CRITÉRIO	20 ANOS

Obs: COM SPIE – “Empresas Com Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos”
SEM SPIE – “Empresas Sem Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos”

- h) As válvulas de segurança devem ser desmontadas, inspecionadas e recalibradas durante o exame interno do vaso.
- i) Em situações que possam alterar as condições iniciais do vaso este deve ser submetido a uma inspeção de segurança extraordinária. Por exemplo: quando houver alteração de local do vaso.
- j) Após a inspeção deve ser emitido relatório contendo no mínimo o seguinte:
- identificação do vaso;
 - fluido de serviço e categoria do vaso;

- tipo do vaso;
- data de início e término da inspeção;
- tipo de inspeção executada;
- descrição dos exames e testes executados;
- resultados das inspeções e intervenções executadas;
- conclusões;
- recomendações e providências necessárias;
- data prevista para a próxima inspeção;
- nome e assinatura do profissional habilitado;
- nome e assinatura dos técnicos que participaram da inspeção.

2.2.2 Comentários Referente a Caldeira

A seguir serão efetuados alguns comentários referentes as principais exigências da última revisão da NR-13, referente a inspeção de caldeiras.

- a) A norma apresenta, no item 13.1.1.1, a definição do que deve ser considerado como caldeira para fins de sua aplicação. As condições necessárias são as de:
- produzir e, simultaneamente, acumular o vapor de água ou outro fluído em um mesmo equipamento;
 - gerar vapor a pressão superior a atmosférica;
 - utilizar qualquer forma de energia para a geração do vapor;
 - faz excessão aos refervedores e equipamentos similares de unidade de processo.
- b) No item 13.1.3 define a Pressão Máxima de Trabalho Permitida (PMTP), ou Pressão Máxima de Trabalho Admissível (PMTA), em função de:

- considerações de um código de projeto reconhecido ou cálculo de engenharia (ver o item 13.4.1.2, que permite o uso de procedimentos de cálculo mais avançados, a critério do Profissional Habilitado, em substituição aos previstos nos códigos de projeto);
- as dimensões dos componentes;
- resistência dos materiais (valor de tensão máxima admissível dependentes da temperatura e do grau de deterioração que o material pode apresentar de uso em condições severas);

c) Nos itens 13.1.4 e 13.3.2 trata do assunto sistema de segurança de caldeiras e instrumentações, onde considera risco grave e iminente, ou seja, condições passíveis de interdição da caldeira, a falta ou descuido com a manutenção destes;

Obs: Este cuidado é necessário pois a falha em sistemas de segurança e intertravamento, associada a negligência do operador, é, estatisticamente, uma das maiores causas de acidentes em caldeiras flamotubulares no Brasil.

d) Para efeito de aplicação das suas recomendações, a NR-13 classifica as caldeiras em três categorias. Estas são definidas pelos riscos envolvidos, que são função da pressão de geração e do volume de vapor acumulado na caldeira. Assim sendo, a norma define o seguinte critério no seu item 13.1.9:

- caldeiras de categoria “C” são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 558 Kpa (5,99 Kgf/ cm²) e o volume é igual ou inferior a 100 litros;
- caldeiras de categoria “B” são todas as caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

e) Define a documentação mínima necessária que a caldeira deve possuir em seu prontuário, independente da sua categoria:

- placa de identificação afixada em local visível que deve conter os dados de projeto, categoria das caldeiras e outras informações, conforme item 13.1.5;
- sistemática de registro de segurança, onde são listadas todas as ocorrências relacionadas com a caldeira que possam influir, positiva ou negativamente, na integridade física do ser humano, conforme item 13.1.7;
- projeto de instalação constando as características do local onde a caldeira está instalada e os aparatos de segurança das instalações. Quando as condições exigidas em 13.2.3 e 13.2.4 não puderem ser atendidas, a norma permite a adoção de soluções alternativas que, através de medidas complementares de segurança, permitam a atenuação dos riscos, conforme item 13.2.6;
- projetos de alteração ou reparos registrando todas as alteração ou reparos executados que possam influir na segurança ou resistência estrutural da caldeira, conforme itens 13.4.1 a 13.4.3;
- relatório das inspeções de segurança onde são registradas todas as informações referente a integridade do equipamento, bem como os reparos e alterações realizados, conforme item 13.5.13;
- prontuário que contenha a rastreabilidade de todas as informações de projeto, registros e relatórios da caldeira, conforme item 13.1.6.

f) Toda caldeira deve ter disponível em local de fácil acesso ao operador, um manual do operador em língua portuguesa, contendo instruções para a operação da caldeira em situações normais e de emergência.

- g) Exige que toda caldeira a vapor esteja, obrigatoriamente, sob o controle de operador de caldeira (item 13.3.4) e define as condições mínimas necessárias para a qualificação dos mesmos, conforme os itens 13.3.4 a 13.3.11.
- h) No item 13.4 descreve as condições mínimas a serem atendidas na manutenção da caldeira, com ênfase para a responsabilidade do profissional habilitado na definição da necessidade e forma de execução dos serviços.
- i) Não é recomendada a execução indiscriminada do teste hidrostático como ferramenta de inspeção em caldeiras. Recomenda o seu uso apenas em casos específicos, onde ocorram reparos que comprometam a resistência estrutural do equipamento.
- j) Define a periodicidade de execução das Inspeções de Segurança das caldeiras em função dos seguintes fatores:
- os riscos envolvidos na operação da caldeira, traduzido pela sua categorização;
 - se a empresa, proprietária da caldeira, possui Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (SPIE) reconhecido pelo INMETRO.

A tabela abaixo mostra os prazos máximos entre as Inspeções de Segurança definidos pela NR-13.

Tabela 3 Prazos de Inspeção

Estabelecimento sem Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos	Categoria “A”	Categoria “B” e “C”	Especial (***)
	12 meses ou 24 meses com testes de válvulas de segurança a cada 12 meses (**) (exceto caldeira de recuperação de Álcalis (*))		
Estabelecimento com Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos	30 meses	18 meses	40 meses

(*) – 12 meses para caldeiras recuperadoras de álcalis, de qualquer categoria;

(**) – desde que a cada 12 meses sejam testadas as pressões de abertura das válvulas de segurança;

(***) – 40 meses para caldeiras homologadas como classe especial, conforme item 13.5.5 da NR-13.

k) A NR-13 define, no item 13.5.6, que ao completar 25 anos de operação, a caldeira deve ser submetida a um estudo que determine as suas condições físicas (avaliação de integridade). Para equipamentos que possuam acompanhamento periódico de suas condições físicas e que já tenham sido submetidas à ensaios-não-destrutivos, para avaliação das condições físicas de seus componentes, o Profissional Habilitado pode, a seu critério, usar os dados disponíveis para atendimento parcial ou integral desta exigência da norma.

l) Nos itens 13.5.6.1 e 13.5.7, a NR-13 define a periodicidade para verificação, inspeção e manutenção das válvulas de segurança, como segue:

- verificação da pressão de abertura a cada 12 meses para a ampliação do prazo entre inspeções de segurança para caldeiras de categoria “B” e “C” (conforme item 13.5.3);
- a cada mês, mediante o acionamento manual da alavanca, em operação, para caldeiras de categoria “B” e “C” (conforme item 13.5.7 – a);
- as válvulas de segurança devem ser desmontadas, inspecionadas e testadas sempre que for efetuada a inspeção de segurança periódica da caldeira.

m) Adicionalmente ao descrito acima, no item 13.5.8 é solicitado que as válvulas de segurança instaladas em caldeiras sejam submetidas a teste para verificar se tem capacidade de descarregar todo o vapor gerado, na máxima taxa de queima, sem permitir que a pressão interna suba para valores acima dos limites considerados no projeto (no caso de caldeiras projetadas pelo código ASME, Seção I, este valor corresponde a 6 % acima da PMTA).

Atenção: Este teste não deve ser executado em caldeiras providas de superaquecedor, pois como ele é executado com todas as saídas de vapor bloqueadas, a falta de circulação poderá provocar danos ao superaquecedor.

2.3 Fiscalização e Penalidades

As Delegacias Regionais do Trabalho (DRT) cabe executar as atividades relacionadas com a segurança e medicina do trabalho e a fiscalização do cumprimento dos preceitos legais e regulamentares sobre a segurança e higiene do trabalho.

A fiscalização quanto ao cumprimento dos requisitos da NR-13 pode ser feita pelos empregados da empresa ou seus sindicatos de classe, mediante solicitação formal a empresa, ou através de denuncia ao ministério público. Cabe, portanto, às DRT's impor penalidades, embargar e interditar em função da inobservância das Normas Regulamentadoras.

A NR-01 estabelece também que cabe ao empregador cumprir e fazer cumprir as disposições legais e regulamentares, sob pena de aplicação das penalidades previstas na legislação pertinente. Ao empregado cabe cumprir essas disposições. A recusa injustificada constitui ato faltoso.

Merecem destaque o não cumprimento dos itens da NR-13 considerados com risco grave e iminente, nesses casos a empresa está sujeita a interdição total ou parcial se suas atividades enquanto esses itens não forem atendidos. Os critérios de interdição para embarco de obras ou interdição de unidades operacionais estão descritos na norma regulamentadora NR-3.

A interdição e embargo poderão ser requeridos pelo setor de segurança e medicina do trabalho da DRT ou por entidade sindical.

As penalidades que as empresa e profissionais habilitados estão sujeitos por não atendimento aos requisitos da Norma Regulamentadora N° 13 estão descritas na Norma regulamentadora N° 28.

São exemplos de risco grave e iminente a falta de dispositivos de segurança, de indicadores de pressão, etc.

2.4 Definições

- **Vasos de pressão:** São equipamentos que contêm fluidos sob pressão interna ou externa e são geralmente usados para armazenamento final ou intermediário de fluidos em geral (Item 13.6.1, Norma Regulamentadora n° 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”, Ministério da Trabalho);
- **Caldeiras:** São equipamentos destinados a produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia (Item 13.1.1, Norma Regulamentadora n° 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”, Ministério da Trabalho);
- **Inspeção em campanha:** São inspeções periódicas feitas com o equipamento em funcionamento de carácter preditivo e preventivo;
- **Inspeção em paradas:** São as inspeções feitas com o equipamento parado, despressurizado e aberto para que se possa avaliar tanto internamente como externamente;
- **Inspeção externa:** Ato de inspecionar todo o ambiente externo do equipamento e seus componentes inclusive o ambiente próximo ao equipamento;
- **Inspeção interna:** Ato de inspecionar o equipamento por dentro sendo necessário a parada do mesmo e abertura das janelas para acesso interno do equipamento;

- **Teste hidrostático:** O teste hidrostático em vasos de pressão consiste na pressurização com fluido apropriado, a uma pressão, cujo valor no ponto mais alto do vaso é a “pressão de teste hidrostático”. De acordo com o parágrafo UG-99 do ASME Seção VIII, a pressão de teste hidrostático deve ser, em cada ponto do vaso, igual ou maior ao valor calculado pela expressão abaixo:

$$P_{tp} \geq 1,5 \cdot P_{MTAvq} \cdot (S_f / S_q)$$

Onde: P_{MTAvq} = Pressão Máxima Admissível de Trabalho do equipamento na situação corroída na temperatura de projeto;

S_f = tensão admissível do material à temperatura do teste;

S_q = tensão admissível de material na temperatura de projeto;

P_{tp} = Pressão de teste hidrostático padrão.

- **Inspeção de Segurança Inicial:** Deve ser feita em vasos novos, antes de sua entrada em funcionamento, no local definitivo de instalação, devendo compreender exames externo, interno e teste hidrostático (Itens 13.5.2 e 13.10.2, Norma Regulamentadora nº 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”, Ministério da Trabalho);
- **Inspeção de Segurança Periódica:** constituída por exame externo, interno e teste hidrostático de acordo com os prazos máximos estabelecidos nos itens 13.5.3 e 13.10.3, Norma Regulamentadora nº 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”, Ministério da Trabalho);
- **Inspeção Extraordinária:** Deve ser feita sempre que o vaso for danificado por acidente ou outra ocorrência que comprometa sua segurança (Itens 13.5.9 e 13.10.5, Norma Regulamentadora nº 13 “Caldeiras e Vasos de Pressão”, Ministério da Trabalho);

- **Recursos de inspeção:** São ferramentas manuais, instrumentos de medição, aparelhos eletrônicos de ensaios não destrutivos, bancada de testes, ferramentas elétricas, ou seja, tudo que será necessário para realização de qualquer ensaio no equipamento;

Válvula de Segurança: É um dispositivo de segurança que têm por objetivo impedir que a pressão interna do vaso atinja valores que comprometam sua integridade estrutural.

2.5 Normas aplicáveis à inspeção de vasos de pressão

API Standard 510 – Pressure Vessel Inspection Code
 API Standard 661 – Air Cooler Heat Exchanger for General Refinery Service
 API RP 572 – Inspection of Pressure Vessel
 API RP 576 – Inspection of Pressure Relieving Devices
 API – Guide for Inspection of Refinery Equipment
 IP- Pressure Vessel Examination
 ASME Section II – Materiais
 ASME Section V – Nondestructive Examination
 ASME Section VIII (Division I and II) – Pressure Vessel
 ASME B16.5 – Pipe, Flanges and Flanges Fittings
 NBCI NB23 – National Board Inspection
 API – American Petroleum Institute (USA)
 IP – The Institute of Petroleum (GB)
 ASME – American Society of Mechanical Engineer (USA)

2.6 Normas aplicáveis à inspeção de caldeiras

ABNT – NBR 12177 – Inspeção de Segurança de Caldeiras Estacionárias
 ABNT – NBR 12177-1 – Inspeção de Segurança Parte 1 – Caldeiras Flamotubulares
 ABNT – NBR 12177-2 – Inspeção de Segurança Parte 2 – Caldeiras Aquatubulares
 ABNT – NBR 11096 – TB 373 – Caldeiras Estacionárias Aquatubulares e Flamotubulares a Vapor – Terminologia.
 ABNT – NB 277 – Código para Projeto e Construção de Caldeiras Estacionárias
 IBP – Guia nº 5 – Inspeção de Caldeiras.
 ASME Section I – Rules for Construction of Power Boilers
 ASME Section VII – Recommended Guidelines for the Care of Power Boilers.
 API RP 573 – Inspection of Fired Boilers and Heats
 API RP 530 – Calculation of Heater Tube Thickness in Petroleum Refineries.

3 TIPOS, FREQUÊNCIA E RECURSOS DE INSPEÇÃO

3.1 Vasos de pressão

3.1.1 Inspeção em campanha

A inspeção em campanha é realizada com o equipamento em condições normais de operação e pode ter um carácter preditivo ou preventivo.

Inspeção com carácter preditivo

A inspeção de carácter preditivo baseia-se na tentativa de correlacionar as variáveis operacionais com os desgastes observados em inspeções anteriores o que exige à aplicação de técnicas de inspeção que possam ser aplicadas com o equipamento em operação como as técnicas citadas a seguir:

- o uso de monitores de corrosão on-line, tipo Corratel (determinação da taxa de corrosão pelo método de resistência elétrica), ou Corrosometer (determinação da taxa de corrosão pelo método de resistência a polarização linear). Ou ainda o acompanhamento da corrosão através de cupons ou carretéis de teste onde a taxa de corrosão é aferida através da perda de peso em função de um tempo de exposição pré-determinado;
- a utilização do “gama-scan”, equipamento que através da emissão de feixes de ondas radioativas do tipo Iridio ou Cobalto podem avaliar torres de processo em operação para a verificação do posicionamento correto dos internos, da formação adequada do líquido em bandejas, a condição física de revestimentos internos, etc;

- a realização de ensaio de emissão acústica para avaliar a propagação de descontinuidades pela ação do hidrogênio, corrosão sob tensão ou fadiga;
- a utilização de aparelhos de ultra som com cabeçotes que permitam inclusive a medição a quente de maneira a se determinar a taxa de corrosão após períodos de alteração das variáveis operacionais;
- o uso de provadores de hidrogênio em equipamentos sujeitos a deteriorações devido ao hidrogênio, de maneira a se avaliar o quanto o material fica carregado pelo hidrogênio na condição de operação, possibilitando uma melhor avaliação de descontinuidades existentes no equipamento;
- a execução de exame radiográfico para avaliar a espessura do pescoço de bocais de equipamentos, principalmente em bocais de pequeno diâmetro (diâmetro menor ou igual a 1.1/2") de maneira a avaliar a necessidade de substituição na próxima inspeção geral do equipamento. As conexões de pequenos diâmetros tem sido responsável por um grande número de vazamentos em vasos de pressão na indústria química, petroquímica e de refino.

Inspeção com carácter preventivo

A inspeção de carácter preventivo baseia-se na execução de uma inspeção externa planejada com o equipamento em operação, onde deve ser observada no mínimo o seguinte:

- condições de via de acesso ao vaso, como: escadas, passadiço, plataformas, etc.

Os problemas mais usuais são: deterioração por corrosão, materia abandonado irregularmente, falta de guarda corpo, etc. A ferramenta recomendada é o martelo de bola de 250 gramas;

- o estado das fundações dos equipamentos. Os problemas mais usuais são: corrosão nos chumbadores e/ou chapas de apoio e trincas no concreto. As ferramentas recomendadas são: martelo de bola de 250 gramas e raspadeira;
- estados dos suportes expostos: Normalmente falta de impermeabilização asfáltica e existem frestas abertas. Dependendo das condições climáticas da região, as frestas podem esconder corrosão e por isso devem ser evitadas. As ferramentas recomendadas é um medidor de espessura e raspadeira;
- tensionamento e deterioração dos estais (São cabos de aço presos em blocos de concreto enterrados no solo e ligados ao vaso), se existirem. O problema mais usual é corrosão e perda de tencionamento. Ajustar os tensores pode ser necessário;
- estados das conexões e bocais (A diferença entre conexões e bocais é em função do seu diâmetro. Aberturas com diâmetro inferior a 2 polegadas estão sendo chamadas de conexões.). O principal problema é a corrosão no pescoço, soldas e aba dos flanges. A região de vedação não tem acesso para inspeção com o bocal fechado, mas é possível se verificar sinais de vazamentos, que devem ser verificados quando o vaso estiver fora de operação. Um reaperto dos parafusos é recomendável para eliminar vazamentos;
- todo vaso deve estar protegido contra descargas elétricas através de um aterramento elétrico. O problema mais usual é corrosão no grampo de atracação do fio ao vaso, quando este for de aço carbono;
- estado superficial dos estojos e porcas de união de flanges. O principal problema é corrosão na parte do estojo exposta. Recomenda-se o uso de martelo de bola com 250 gramas, de maneira consciente e muito cuidadosa;
- verificação do estado de conservação do isolamento. Os problemas mais usuais são: Cintas soltas, inchaço de parte do isolamento e corrosão do casco e do anel de

sustentação do isolamento, devido a infiltração e acúmulo de água pelo isolamento. Recomenda-se o uso de estilete na verificação do inchaço em isolamentos e a remoção do isolamento em alguma região para verificação da corrosão;

- verificação do estado da pintura. O problema mais usual é a camada de acabamento da tinta se soltando. Recomenda-se o uso de raspadeira e estilete.

A periodicidade dessa inspeção deve ser definida em função das condições operacionais, condições climáticas da região e dos requisitos das normas de segurança vigentes no país (NR-13).

3.1.2 Inspeção em parada

A inspeção em paradas pode ser dividida em duas etapas, uma de preparação e estudo e outra de execução da inspeção.

3.1.2.1 Etapa preliminar

Essa etapa caracteriza por uma avaliação detalhada do equipamento a ser inspecionado, compreendendo pelo menos as seguintes verificações:

- características operacionais do equipamento, como: Temperatura, pressão, vazão, tipo de fluido, contaminantes e carregamentos cíclicos de maneira a se relacionar os tipos de deterioração mais prováveis em função das variáveis operacionais;
- analisar os tipos de deterioração, de maneira a determinar as regiões de inspeção, evitando-se inspeções 100%, que são mais onerosas e, em geral, menos eficazes;

- características de projeto do equipamento, como: materiais, procedimentos de soldagem especiais, a existência de tratamento térmico, valores das espessuras mínimas, etc;
- histórico de deteriorações do vaso de pressão;
- resultado das inspeções externas realizadas em campanha;
- escolha dos métodos de inspeção e exames não destrutivos mais indicados, com base nos dados levantados;
- determinação dos locais de inspeção, tentando reduzir a necessidade de apoio, como: andaimes, remoção de isolamento externo, etc, que muitas vezes são mais onerosos que a própria inspeção;
- prever a necessidade de reparos ou substituições a serem realizadas, de maneira a evitar as compras durante o período de parada;
- identificar as inspeções e exames não destrutivos que podem ser realizados na fase de pré-parada (+ ou – 40 dias antes da para geral), de maneira a se minimizar os serviços a serem realizados com a parada completa da planta ou do sistema operacional;
- exemplo: medição de espessura com ultra-som, inspeção externa, etc. Essa atitude pode reduzir a quantidade de “homens-hora” de inspeção para período de parada.
-

3.1.2.2 Etapas de execução da inspeção

Preparativos

Deve ser lembrado que antes da realização de qualquer serviço, de inspeção ou manutenção, principalmente aqueles realizados dentro do equipamento, que estes devem ser avaliados do ponto de vista de segurança, por profissional habilitado, de maneira a se avaliar a

compatibilidade dos serviços a serem executados com as condições de segurança do equipamento e que dessa maneira sejam definidos as prevenções a serem adotadas, bem como os EPI's (Equipamento de Proteção Individual) mais adequados aos profissionais que ali irão trabalhar. Algumas empresas, utilizam a prática de emissão de Permissão de Trabalho (PT) para qualquer serviço a ser realizado, prática esta recomendada pois tem trazido bons resultados na prevenção de acidentes do trabalho.

Antes do inspetor se dirigir ao equipamento para realizar a inspeção é conveniente que leve consigo as ferramentas que serão necessárias para realizar a inspeção que está prevista com êxito. As ferramentas mais usuais na inspeção de vasos de pressão estão relacionadas na Tabela 4.

Tabela 4 Ferramentas mais usadas pelo inspetor durante a inspeção de um vaso de pressão

FERRAMENTA	USO
Ultra-som.	Medição de espessura.
Cálibres.	Medição de espessuras de pescoço de bocais abertos.
Martelo de Bola	Verificação de internos (corrosão e fixação). Testes de pescoço de bocais.
Imã.	Identificação primária de materiais.
Espátula de aço e pano.	Pequenas limpezas para sanar dúvidas.
Lápis marcador.	Identificação das partes do vaso e marcar regiões para reparos ou avaliações posteriores.
Trena.	Medição aproximada de regiões com problemas e facilitar localizações.
Esquema simplificado do vaso.	Anotar irregularidades, observar detalhes do desenho e facilitar a orientação no interior do vaso.
Relação das principais irregularidades observadas em inspeções anteriores e locais reparados.	Verificar a situação desses locais após mais uma campanha.
Relação das partes a serem inspecionadas.	Identificar os locais e verificar a necessidade e extensão dos reparos em relação ao previsto.
Caderneta de anotações e caneta.	Anotar novas irregularidades ou novas observações.
Outras	Em função da inspeção específica prevista para o vaso.

3.1.2.3 Inspeção antes da Limpeza

Antes da limpeza, o inspetor deve se preocupar principalmente com a coloração dos depósitos, recolher amostras para análise química e marcar as regiões com maior acúmulo de depósitos para uma melhor observação após a limpeza. Nos vasos em que o controle da

corrosão é obtido pela passivação, a falta ou falha das películas protetoras são alertas de possíveis locais de deterioração. Por exemplo: a falha na pintura interna em carretéis de permutadores de calor que operem com água, ou a falha na pintura ou outro revestimento nas regiões soldadas de vasos de pressão para reduzir a suscetibilidade de defeitos devido a corrosão sob tensão ou ataque pelo hidrogênio etc.

Essa prática de inspeção antes da limpeza só se aplica nos casos em que for possível, devido aos requisitos de segurança necessários para a liberação do equipamento.

3.1.2.4 Inspeção após a limpeza

Após a limpeza a inspeção deve constar no mínimo o seguinte:

- a primeira etapa de qualquer plano de inspeção deve ser o exame visual. Podendo muitas vezes ser realizado com o uso de espelhos e lanternas modificadas de maneira a permitir a visão em locais de difícil acesso;
- medir a espessura dos bocais, conexões, casco, tampos nos pontos pré determinados para cálculo da taxa de corrosão e vida remanescente;
- verificar a existência de corrosão, erosão, trincas ou outras falhas no casco, tampos, conexões, bocais e internos, com maior atenção nas regiões próximas de: entradas e retiradas de fluido, juntas soldadas, frestas e regiões do casco junto aos vertedores de bandejas;
- verificar se existem bocais ou conexões obstruídas, principalmente drenos e pontos mortos;
- verificação de “demister” quando a sua espessura, falta de continuidade (buracos), sujeira, grades de contenção, anéis de suportação e fragilização dos fios que compõem a malha do demister;

- revestimentos internos ou externos (isolamento, lining ou refratários) se estiverem em boas condições não precisam ser removidos para inspeção do metal base;

Obs: Em intervalos de tempo previamente definidos os revestimentos tipo refratários em bom estado devem ter pequenas regiões removidas para inspeção do metal base (Exemplo: a cada 3 campanhas).

Quando existe evidência de defeito no revestimento este deve ser removido para inspeção do metal base antes da definição de qualquer reparo.

Revestimento tipo CLAD não precisam ter áreas removidas a não ser que apresentem sinais de defeitos que possam expor o metal base.

- internos removíveis não precisam ser removidos se não existem evidências de deterioração, mas deve ser verificado se o seu posicionamento está adequado;
- execução dos exames não destrutivos relacionados previamente e os acrescidos devido a alguma nova evidência.

3.1.3 Análise das descontinuidades encontradas

As descontinuidades detectadas precisam ser avaliadas e muitas vezes são necessários o emprego de novos ensaios complementares, para verificar se ainda estão dentro dos limites de aceitação estabelecidos.

Outra preocupação é o estabelecimento do método de acompanhamento das descontinuidades que não forem removidas e tiverem a possibilidade de propagação. Nesse estágio, é bastante útil a identificação das causas mais prováveis dessas descontinuidades.

Quando for possível a identificação das causas de deterioração, algumas vezes, é possível calcular a velocidade de crescimento e dessa maneira pode ser estabelecido uma periodicidade para a reavaliação.

Verificar a possibilidade de bloquear o crescimento de descontinuidades que ainda estão dentro dos limites de aceitação, como à aplicação de revestimento ou pintura interna em regiões corroídas.

Quando a descontinuidade tiver de ser removida deve ser estudado um procedimento de reparo adequado que não afete as demais partes do equipamento, principalmente aquelas ao redor dos locais onde forem feitas as intervenções.

Qualquer que seja o resultado da avaliação de uma descontinuidade esta deve contemplar, no mínimo, um intervalo de inspeção igual a próxima campanha definida para o equipamento e uma operação com segurança, dentro das condições de operação estabelecidas, que não podem ser acima das condições de projeto do vaso de pressão.

3.2 Caldeiras

3.2.1 Inspeção Externa

Pode ser dividida em dois tipos: Inspeção Diária e Inspeção Periódica.

3.2.1.1 Inspeção Diária

Deve-se fazer a inspeção diária da caldeira em operação, anotando, em livro próprio, a carga da caldeira, o tipo de combustível, teores de contaminantes no combustível, intervenções de manutenção e outros dados relevantes identificados na inspeção visual externa.

O aspecto da chama deve ser observado, verificando se ocorre incidência de chama nos tubos. Os tubos não devem apresentar manchas negro-azuladas (indicação de oxidação e superaquecimento).

O principal aspecto a ser verificado na inspeção diária é a ocorrência de vazamentos de vapor visíveis através dos visores ou na chaminé, ou identificados pela diferença entre vazões indicadas de água e alimentação e de vapor gerado (inventário).

Outras indicações de avarias graves são o aumento da temperatura nos gases da chaminé, a queda da temperatura do vapor gerado ou a necessidade de aumento da carga térmica para manter a geração de vapor ou dos gases e a queda das paredes direcionais (chicanas). O surgimento de manchas de oxidação na chaparia externa da caldeira indicam falhas no revestimento e isolamento interno, que podem tornar-se graves.

Indicação de vazamento de vapor ou avarias de grande porte exigem a parada da caldeira, evitando o agravamento dos problemas e o aumento do risco operacional e dos custos de manutenção.

3.2.1.2 Inspeção Periódica

É fetuada externamente à caldeira em operação, normalmente planejada com intervalo entre 60 e 90 dias, abrangendo os seguintes componentes:

- escadas, plataformas e passadiços.

Estes componentes são inspecionados em geral apenas visualmente, procurando observar corrosão ou avarias mecânicas que comprometam a estrutura ou que necessitem de reparos;

- fundações.

As fundações também são inspecionadas visualmente, sendo a avaria mais grave o seu recalque, principalmente se for diferencial, quando poderá trazer vários danos à caldeira, provocando vazamentos, avarias mecânicas e outras que poderão inutilizá-la por completo.

Há várias maneiras de se identificar um recalque e de medir a sua extensão. Os indícios são geralmente trincas no concreto da estrutura ou no piso, lascamento do revestimento, desalinhamento de tubulação conectada, etc. A maneira mais eficiente de medir e controlar o recalque é por meio de referência, uma externamente num ponto fixo e outra num ponto da estrutura em que se suspeita de recalque, fazendo a medição com teodolito.

Deve-se ficar atento para os drenos (de chaminé, por exemplo) pelos quais há possibilidades de escoamento de ácido sulfúrico, formando no encontro dos gases de combustão com umidade atmosférica ou outra forma de condensado. Esta solução ácida poderá penetrar no concreto e corroer severamente as ferragens da armação e os parafusos dos chumbadores;

- suportes externos, chaparias e isolamento.

Os perfis da estrutura de sustentação (pilares, vigas, etc) e a chaparia são inspecionados visualmente. Estes são sujeitos à corrosão e avarias mecânicas, tais como flambagem nos pilares quando excessivamente carregados, parafusos frouxos, pintura avariada e conseqüentemente corrosão localizada, além de corrosão de outros tipos.

A pintura deve ser cuidadosamente inspecionada pois sinais de tinta queimada são indícios de problemas com revestimentos internos a câmara, quando existentes. Neste caso deve-se acompanhar a evolução do problema. Se possível este acompanhamento deverá ser efetuado com equipamento termográfico para melhor avaliação;

- vazamento.

Devem ser observados e anotados, os vazamentos de água, vapor e gases, como subsídios para inspeção geral da caldeira.

Uma fonte de vazamento que devem ser observada atentamente são as válvulas de segurança e bloqueios de drenos e vent's. Lembramos que estes vazamentos devem ser sanados imediatamente, devido ao caráter erosivo do vapor;

- câmara de combustão.

As condições internas da câmara de combustão devem ser observadas nas inspeções externas, através dos vidros dos visores, quanto à direção das chamas (se há incidência nos tubos), desgaste dos refratários e abaulamento e deformação dos tubos.

3.2.2 Inspeção geral ou em parada

A inspeção geral inclui a externa, conforme exposto anteriormente, e mais a inspeção de todos os demais componentes. Só poderá ser executada com caldeira fora de operação após convenientemente preparada.

Esta inspeção inicia-se na análise dos relatórios e recomendações anteriores, registro diário de operação, lista de serviços previstos e manual do fabricante. A partir dessa análise, elabora-se o plano de inspeção, no qual os itens seguintes podem fazer parte.

3.2.2.1 Análise dos depósitos

As caldeiras devem sofrer uma inspeção inicial tão logo sejam liberadas para acesso e antes da limpeza. A remoção ou lavagem das cinzas, fuligem e depósitos pode eliminar muitas "pistas" de avarias que seriam valiosas. Por exemplo: se uma região dos tubos

apresenta-se limpa e todo o resto encontra-se com depósito de cinzas e fuligem, é provável que exista um tubo furado na região. O vazamento de vapor pode ter causado a remoção localizada das cinzas. Manchas de escorrimento de cor branca também são fortes indícios de vazamento em tubos de água.

Os depósitos e cinzas são também fonte de informação sobre a operação e os processos corrosivos. Bolotas de lama nos tubulões são provocadas pela contaminação por óleo, da água de alimentação. O óleo aglutina a partícula de lama formando partículas cada vez maiores, que adquirem formato esférico ao rolar no fundo dos tubulões. Ao encontrar bolotas de lama sabe-se que houve contaminação. Neste caso, a inspeção dos tubos da radiação será mais apurada, pois o óleo pode ter propiciado a formação de “laranjas”, principalmente nos tubos expostos ao maior fluxo térmico.

Depósitos e óxidos em excesso no interior de tubulões devem ser analisados. Neste caso, pede-se a análise de cobre e ferro. A presença de cobre indica contaminação da água e possibilidade de danos por corrosão ou superaquecimentos.

A remoção de trechos de tubo (amostras) para inspeção permite que seja verificado a formação dos depósitos internos, que é medida pela espessura da camada depositada ou raspando-se os depósitos de uma determinada área e pesando-os. Desta forma, o depósito é medido em milímetros de camada depositada ou em gramas de depósito por centímetro quadrado de área.

Os limites aceitáveis variam em função da pressão da caldeira e são recomendados pelos fabricantes. Quando os depósitos ultrapassam os valores recomendados faz-se necessária a limpeza química, geralmente executada por firma especializada. A partir da análise dos depósitos pode-se determinar qual o melhor processo de limpeza química.

As análises de depósitos devem ser direcionadas, isto é, quando solicitar uma análise deve-se já dispor de uma forte suspeita do que deve ser encontrado. O resultado da análise

serve para confirmar a hipótese formulada. Quando a análise é solicitada ao laboratório, deve-se indicar o que será pesquisado e discutido o melhor método a ser empregado. É comum a repetição de uma análise para confirmação dos resultados.

3.2.2.2 Inspeção interna

Após a limpeza dos resíduos, montagem de andaimes e iluminação, procede-se à inspeção geral, interna e externa. A caldeira deve estar fria, drenada e com todos os acessos abertos. Os internos do tubulão devem ser desmontados e removidos. Por medida de segurança, todas as válvulas de gás, óleo, vapor e água de alimentação para caldeira devem ser bloqueadas com “raquetes”.

A inspeção deve ser efetuada de acordo com um plano de inspeção preparada previamente. O plano deve gerar a lista de verificação, que tem a finalidade de garantir que nenhum item de inspeção foi esquecido.

➤ Tubulões e dispositivos internos

Todas as superfícies internas, dispositivos internos de separação de líquido e vapor, conexões especialmente as dos visores de nível e das válvulas de segurança, devem ser cuidadosamente examinadas para se verificar a existência de corrosão, avarias mecânicas ou deposição de matéria estranha.

As juntas soldadas, bem como as áreas adjacentes deverão ser examinadas procurando-se observar se há corrosão localizada e trincas, o que pode ser verificado por ensaios não-destrutivos na frequência pré-definida. A corrosão nestas zonas é mais perigosa que aquela encontrada em pontos afastados das juntas. Os locais em que a circulação de água é deficiente

estão sujeitos a um ataque localizado mais intenso. Regiões de mandrilagens merecem um tratamento bastante especial, com inspeções periódicas através de ensaios não destrutivos.

As espessuras de parede do tubulão também devem ser periodicamente medidas e registradas, para se definir a taxa de corrosão, utilizando-se aparelhos de medição indireta de espessura por meio de ultra-som.

➤ Fornalha.

Na fornalha os principais itens que deverão ser observadas são:

- tubos.

Os tubos da fornalha deverão ser inspecionados, inicialmente, antes da limpeza, a fim de se verificar a existência de inscrustração e manchas nas superfícies externa e, em caso afirmativo, pesquisar a natureza das mesmas.

Depois da limpeza, procede-se ao exame cuidadoso das superfícies expostas, pesquisando-se, principalmente, corrosão, abaulamentos (laranjas) e zonas de superaquecimento, sempre que possível determinando a sua extensão. Os abaulamentos identificados deverão ter seu perímetro medido na zona de maior deformação, fazendo-se o registro com a identificação completa do tubo e respectiva posição a fim de que se possa fazer o controle periódico da evolução dos mesmos. De um modo geral o valor máximo que se admite para um abaulamento é da ordem de 5% sobre o diâmetro externo do tubo. Isto pode ser verificado através de gabaritos ou métodos. A técnica de inspeção pelo método de incidência de feixes de luz paralelo a superfície do tubo é muito utilizada para a localização de abaulamentos do tipo laranjas.

O desgaste interno por corrosão, se uniforme, poderá ser perfeitamente avaliado com medições ultra-sônicas de espessura. Em função da qualidade da água utilizada, é

recomendável que em períodos pré-definidos sejam removidas amostras de tubos para identificação e acompanhamento visual de eventual processo corrosivo interno.

- refratário.

O refratário da fornalha deverá ser examinado quanto a rachaduras, avarias mecânicas, vitrificação ou escoriação e decomposição por ação química. Esta deterioração pode ser facilmente identificada pela perda de consistência da matéria, por meio de estilete.

- queimadores.

Os queimadores deverão ser removidos e completamente desmontados para limpeza e inspeção minuciosa. Atenção especial ao difusor que geralmente fica sujeito a temperaturas muito elevadas.

Quando se tratar de queimador a óleo, o bico deverá ser examinado cautelosamente, pois os furos são geralmente atacados por erosão. Os blocos refratários externos também deverão ser verificados.

➤ Superaquecedor

O superaquecedor deverá ser examinado tanto quanto à corrosão e abaulamento quanto à possível erosão causada pelos sopradores de fuligem. Os tubos do superaquecedor são componentes expostos a acumulação de danos em altas temperaturas, portanto, recomenda-se que periodicamente o mesmo seja submetido a inspeções com este objetivo, conforme planejamento prévio, ou a partir de informações de abaulamento nos mesmos.

➤ Economizador

O economizador está sujeito à corrosão externa devido a baixa temperatura pelos gases que por ele passam. Os locais mais sujeitos à corrosão são as adjacências dos suportes dos tubos e das soldas.

A medição de espessura dos tubos é meio de se identificar os que não estão em condições de operação segura. Para os tubos localizados no interior das serpentinas a inspeção torna-se extremamente difícil e quando surgir problema, este deverá ser estudado à parte.

Como os tubos de parede d'água, também é recomendável a remoção periódica de amostras de tubos para inspeção do desenvolvimento de processos corrosivos internos.

➤ Pré-aquecedor de ar

Em virtude da baixa temperatura dos gases que passam nesta seção, ainda mais baixa que no economizador, a possibilidade de ataque por condensados ácidos é muito maior que naquele.

Verifica-se que este ataque é mais intenso nas proximidades da entrada de ar frio.

Como o fim de eliminar ou diminuir este ataque, as caldeiras mais modernas dispõem de meios pelo qual o ar sofre um aquecimento inicial, antes de chegar ao pré-aquecedor.

A experiência tem mostrado que tal sistema é bastante eficiente. Normalmente, para isso, usa-se equipamento conhecido como pré-aquecedor a vapor.

Nos pré-aquecedores tubulares ou de células de troca térmica, a corrosão se dá de forma mais intensa na região de entrada de ar frio e nas partes mais baixas do feixe, onde ocorre a maior condensação.

Esse ataque pode ser observado visualmente, através da passagem da luz ou através de estiletes raspadores. Nos pré-aquecedores regenerativos a corrosão preferencial ocorre nos mesmos locais, sendo verificada visualmente ou por pesagem dos cestos.

➤ Pré-aquecedor de ar a vapor

Existem vários tipos e seus defeitos mais comuns costumam ser afrouxamento da mandrilagem ou defeitos na solda dos tubos com os coletores, com conseqüente vazamento.

Inspeciona-se da mesma maneira que o pré-aquecedor de ar.

➤ Válvulas de segurança

Os detalhes da inspeção das válvulas de segurança serão abordado em capítulo específico deste trabalho.

➤ Sopradores de fuligem

Os sopradores de fuligem ficam submetidos a temperaturas elevadas e sujeitos à corrosão por alta temperatura ou choques térmicos, sendo comum aparecem trincas e erosões nos furos.

Estas falhas, que são verificadas visualmente ou por ensaios não-destrutivos, deverão ser corrigidas a fim de evitar-se que o jato de vapor incida sobre os tubos, causando-lhes erosão. Deve-se verificar também o seu alinhamento e o dispositivo de rotação.

➤ Dutos de ar e gases

A chaparia dos dutos de ar e gases devem ser inspecionados internamente e externamente. Os que forem isolados deverão ser inspecionados externamente, sendo que a inspeção deve ser feita em pontos convenientemente escolhidos, preferencialmente onde se acumula lama ou umidade, usando-se nestes locais trechos de isolamento removíveis.

As lâmpadas das borboletas dos “dampers” deverão ser examinadas quanto à corrosão, afrouxamento, empenamento e operabilidade.

4 TESTE HIDROSTÁTICO

Depois de terminados os serviços de inspeção e de manutenção onde foram recomendados e executados reparos que podem ter afetado a estrutura do vaso e da caldeira, torna-se necessário realizar um teste de pressão que poderá ser feito com água, ar, vapor, ou outro meio que proporcione igual efeito do citado, sem aumento dos riscos inerentes ao teste.

Atualmente a Norma Regulamentadora NR-13, do Ministério do Trabalho e Emprego exige uma periodicidade do teste de pressão em função das características do vaso ou da caldeira e suas condições operacionais.

4.1 Teste hidrostático em vaso de pressão

O teste hidrostático em vasos de pressão consiste na pressurização com fluido apropriado, a uma pressão, cujo valor no ponto mais alto do vaso é a “pressão de teste hidrostático”.

Exceto para o caso de vasos integralmente construídos de materiais adequados para baixas temperaturas, o teste hidrostático com água, não pode ser feito numa temperatura inferior a 15°C.

Para os vasos construídos em aço inoxidáveis austeníticos ou com revestimento desses materiais a água do teste não pode conter mais de 50 ppm de cloretos.

4.1.1 Teste Hidrostático Padrão

De acordo com o parágrafo UG-99 do ASME Seção VIII, a pressão de teste hidrostático deve ser, em cada ponto do vaso, igual ou maior ao valor calculado pela expressão abaixo:

$$P_{tp} \geq 1,5 \cdot P_{MTAvq} \cdot (S_f / S_q)$$

Onde: P_{MTAvq} = pressão máxima admissível de trabalho do equipamento na situação corroída na temperatura de projeto;

S_f = tensão admissível do material à temperatura do teste;

S_q = tensão admissível de material na temperatura de projeto;

P_{tp} = Pressão de teste hidrostático padrão.

Este valor é o mínimo estabelecido pelo código, mas a critério do projetista e usuário do equipamento, este poderá ser testado com uma pressão determinada através de um procedimento alternativo. Qualquer valor de pressão entre o procedimento padrão e o alternativo pode ser adotado, de acordo como ASME. A norma Petrobrás N-254 estipula que deve ser adotada a pressão que resultar em condições mais severa.

Quando não for calculada a PMTA do vaso pode se considerar a pressão de projeto.

4.1.2 Teste hidrostático alternativo

A pressão de teste alternativo, atuando no corpo do vaso, será calculada da seguinte forma:

Determina-se a PMTA para cada parte constituinte, na condição não corroída e na temperatura do teste (P_{MTAnf} , para cada componente), multiplicamos cada um desses

valores por 1,5, desconta-se a altura hidrostática atuando em cada parte, em relação ao topo do equipamento, adota-se o menor valor.

Observações:

1. As condições do teste devem ser claramente definidas entre fabricantes e usuário. Deve ficar claro se a pressão de teste é referente ao vaso novo ou corroído, assim como se a pressão de teste é referente ao vaso na posição horizontal ou vertical (para os vasos verticais exige-se a determinação dos valores de pressão de teste nas duas posições).
2. O código não limita superiormente a pressão de teste, porém pressões acima dos valores de Ptp (pressão de teste padrão) e Pta (pressão de teste alternativo) poderão provocar deformações excessivas causando a rejeição do equipamento.
3. É importante lembrar que, na condição de teste hidrostático, a tensão máxima poderá atingir 80% do limite de escoamento do material na temperatura ambiente, nas partes pressurizadas. Nas partes não pressurizadas pode-se considerar a tensão admissível básica acrescida de 33,33%.
4. Vasos submetidos à pressão externa deverão também ser submetidos a um teste hidrostático ou quando for impraticável a um teste pneumático. Em qualquer caso, a pressão de teste não deverá ser inferior a 1,5 vezes a diferença entre a pressão atmosférica normal e a mínima pressão absoluta interna, a pressão interna máxima admissível é calculada da mesma maneira que para os vasos sujeitos a pressão interna.

4.1.3 Realização do teste hidrostático

A pressão de teste hidrostático deve ser medida no topo e fundo do vaso. A pressão de teste padrão calculada deve ser igual à pressão no topo do vaso. No fundo do vaso esta pressão estará adicionada à altura de carga hidráulica.

Devem ser usados no mínimo três manômetros aferidos para acompanhamento do teste, sendo um deles registrados. Pelo menos um deles deve ficar a uma distância segura do vaso, devendo ser instalado bloqueio entre os manômetros e o vaso para permitir sua substituição, caso necessário.

Os manômetros devem possuir uma faixa graduada correspondente a cerca do dobro da pressão de teste prevista, porém, em nenhum caso, essa faixa deve ser menor do que 1,5 vezes ou maior que quatro vezes essa pressão.

Os vasos horizontais são testados na posição horizontal.

Os vasos verticais devem ser testados em uma das seguintes posições:

a) Vertical;

b) Horizontal, somente se o teste mantiver as dimensões do vaso dentro das tolerâncias permitidas.

Obs: A pressão de teste deve levar em consideração a modificação da coluna hidrostática quando o vaso vertical é testado na posição horizontal.

Antes de se realizar o teste hidrostático em vasos montados sobre fundações, deve ser verificado se estas foram projetadas considerando o peso do vaso cheio d'água.

Em vasos de grande volume para gases, caso a fundação não possa resistir com segurança ao peso de vaso cheio d'água, duas soluções podem ser adotadas:

- 1- Execução de teste pneumático.
- 2- Enchimento parcial do vaso com água, pressurizando-se com ar sobre o nível livre da água, em função das limitações da fundação.

O Código ASME recomenda que seja efetuada uma inspeção visual de todas as juntas e ligações, sob uma pressão não menor do que 65% da pressão do teste.

A norma Petrobrás N-269 recomenda que o teste hidrostático no campo seja realizado conforme etapas abaixo.

Quando a pressão de teste hidrostático for superior à pressão de abertura da válvula de segurança ou alívio, esta deve ser removida. Não é recomendada uma carga adicional na mola da válvula, para impedir a sua abertura.

Execução de teste hidrostático para vasos de pressão, conforme Norma Petrobrás N-269.

1º ETAPA: Pressão = 50% da pressão de teste. (tempo 1 = 15 minutos + tempo necessário para inspeção do vaso).

2º ETAPA: Pressão = 100% da pressão de teste. (tempo 2 = no mínimo 30 minutos).

Obs: Por motivos de segurança NENHUMA inspeção deve ser executada nessa etapa.

3º ETAPA: Pressão = 65% da pressão de teste. (tempo 3 = 15 minutos + o tempo necessário para a inspeção do vaso).

NOTAS: 1- A pressão de teste deve ser calculada conforme o código ASME parágrafo UG-99.

- 2- Depois de completada a 3º etapa, reduzir gradativamente até a pressão atmosférica e abrir os bocais superiores para evitar vácuo no esvaziamento.

4.1.4 Teste pneumático

O ensaio pneumático é executado quando o vaso e seus suportes e/ou fundações não sustentam o seu peso d'água, ou quando não for possível uma perfeita secagem para eliminação da água restando traços que não serão permitidos por motivos operacionais de certas unidades.

A pressão de teste, em nenhum caso, deve exceder o valor calculado pela expressão a seguir:

$$P_{tp} = 1,25 * PMTAvq * (Sf/Sq)$$

Onde: $PMTAvq$ = pressão máxima de trabalho admissível do equipamento na situação corroída na temperatura de projeto;

Sf = tensão admissível do material à temperatura do teste;

Sq = tensão admissível de material na temperatura de projeto;

A pressão no vaso deve ser aumentada gradualmente, até cerca da metade da pressão de teste. Após ter sido alcançado esse valor, a pressão no vaso deve ser aumentada em incrementos de 1/10 da pressão de teste, até a pressão requerida. Em seguida a pressão deve ser reduzida para um valor igual a 80% da pressão de teste, mantida o tempo suficiente para a inspeção do vaso.

Em alguns casos, é desejável que os vasos sejam testados quando estiverem parcialmente cheios com líquidos. Para tais vasos, pode ser usado um teste hidrostático e pneumático combinado, como uma alternativa ao teste pneumático. Nesses casos a pressão de teste deverá ser a mesma da calculada para o teste pneumático.

De acordo com o parágrafo UW-50, nos vasos de pressão, a serem testados pneumaticamente, as seguintes soldas devem ser submetidas, em todo o seu comprimento a

um exame de partículas magnéticas ou líquido penetrante, quando o primeiro não for possível, com a finalidade de detectar possíveis trincas:

- a) Todas as soldas em volta de aberturas;
- b) Todas as soldas de ângulo com espessura da garganta maior do que 6 mm.

Os vasos que operam a vácuo podem ser ensaiados com pressão, que indicará melhor os vazamentos existentes.

Como medida de segurança deve-se observar que, durante toda a execução do teste pneumático, até a completa despressurização, somente deverão ter acesso ao vaso e suas imediações as pessoas estritamente necessárias à execução do ensaio e inspeção do equipamento.

Obs: O teste pneumático só deve ser adotado quando não houver alternativa.

Execução do teste pneumático conforme o Código ASME.

1° ETAPA: Pressão = 50% da pressão de teste. (tempo 1 = 15 minutos).

2° ETAPA: Pressão = 100% da pressão de teste. (tempo 2 = no mínimo 30 minutos).

Obs: Por motivos de segurança NENHUMA inspeção deve ser executada nessa etapa.

3° ETAPA: Pressão = 80% da pressão de teste. (tempo 3 = 15 minutos + o tempo necessário para a inspeção do vaso).

NOTAS: 1- O incremento de pressão entre as etapas 1 e 2 deve ser de 1/10 da pressão de teste.

2- Após completada a 3° etapa, reduzir gradativamente até a pressão atmosférica e abrir os bocais superiores para evitar vácuo no esvaziamento.

4.2 Teste hidrostático em caldeiras

A Norma Brasileira NBR-12177, define os objetivos, pressão de teste, métodos de execução, critérios de aceitação e periodicidade para teste hidrostático.

Os códigos de projeto dividem o teste hidrostático em duas verificações. A primeira é um teste para verificação da resistência e integridade estrutural do componente. A segunda é o teste para verificação de vazamentos.

O teste de integridade verifica se os tubos, tubulões e demais partes pressurizadas resistem à pressão, não apresentando rupturas tipo rompimento de soldas, costuras, rebites, rasgamento de chapas e deslocamento dos tubos de suas mandrilagens. É efetuado pressurizando-se a caldeira a uma pressão maior que a pressão máxima de trabalho. Se não ocorrerem vazamentos por mandrilagem ou juntas flangeadas que não empecem manter a pressão, o teste de integridade será considerado aprovado. Vazamentos por soldas ou trincas ou pites de corrosão não são permitidos. O teste de integridade deve ser efetuado sempre que a caldeira sofra uma alteração ou reparo das partes pressurizadas (deformações por problemas operacionais, substituição de tubos, reparos por solda, etc.), ou quando houver suspeita de corrosão. Não é recomendada a execução indiscriminada de teste hidrostático, pois nesses períodos de solicitações intensas poderemos estar nucleando ou acumulando danos no equipamento, principalmente os associados a mecanismos de fadiga. Cuidados adicionais exposto a mecanismos metalúrgicos de fragilização a temperatura ambiente.

O teste de estanqueidade visa verificar se não existem vazamentos comprometedores durante a operação. É efetuado na pressão máxima de trabalho. Alguns códigos de fabricantes estabelecem critérios para a aceitação de vazamentos em mandrilagem, baseados no volume ou número de gotas vazadas por minuto. Admite-se que estes vazamentos por diferentes sistemas de vedação não devem ser aceitos devido ao caráter erosivo do vapor.

5 REGISTRO DE INSPEÇÃO

5.1 Vasos de Pressão

Todas as observações, medidas, tipo, quantidade e resultados dos exames não destrutivos usados durante a inspeção, reparos executados, alterações, etc. devem ser registradas de maneira a constituir um histórico individual para cada equipamento.

Como já foi mostrado o histórico de um vaso deve no mínimo conter o exigido pela Norma Regulamentadora nº 13.

Através do histórico de um vaso de pressão pode ser feito estudos e previsões de vida residual e reparos, bem como serem analisados meios de combate às suas causas de deterioração.

Cada empresa deve criar seus formulários, da maneira que melhor se adapte aos registros que serão efetuados e que facilite a consulta.

Algumas empresas do ramo petroquímico costuma, adotar 5 formulários para registro das informações, divididos da maneira mostrada nos formulários 1, 2, 3, 4 e 5 . Assim, o histórico de um vaso é formado por uma pasta contendo vários formulários. Sendo que os registros de dados técnicos e cálculos estruturais devem ser feitos uma única vez e corrigidos sempre que houver alterações no vaso e os referentes aos resultados da inspeção e medidas efetuadas, devem ser emitidos por inspeção realizada.

A seguir exemplos de formulários que podem ser adotados.

FORMULÁRIO	REGISTRO
DADOS TÉCNICOS	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade operacional a qual o vaso pertence. - Serviço básico do vaso. - Tag do vaso. - Categoria do vaso segundo a NR-13. - Dados de projeto. (eficiência de junta, extensão da radiografia, alívio de tensões, código de construção, revestimento, temperatura, pressão, PMTA, pressão de teste hidrostático, sobre-espessura de corrosão e procedimentos utilizados). - Dados de fabricação. (especificações de materiais, dimensões, espessuras nominal e mínima de todas as partes do vaso). - Dados de operação. (temperatura, pressão, identificação do dispositivo de segurança do vaso e sua pressão de abertura). - Alterações. - Reparos.
RESULTADO DA INSPEÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade operacional a qual o vaso pertence. - serviço básico do vaso - Tag do vaso. - Tipo de inspeção realizada e a data de início e término da inspeção. - Categoria do vaso segundo a NR-13. - Observações da inspeção realizada. - Recomendações de reparos emitidas. - Reparos executados. - Tipos e quantidade de exames não destrutivos e testes realizados. - Executante dos exames e procedimentos utilizados. - Resultados dos exames não destrutivos e testes realizados. - Recomendações para a próxima inspeção. - Previsão de reparos. - Conclusão da inspeção. - Data da próxima inspeção e teste hidrostático.
MEDIDAS EFETUADAS	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade operacional a qual o vaso pertence. - Serviço básico do vaso. - Tag do vaso. - Categoria do vaso. - Local e valor das medidas realizadas. - Data e identificação do inspetor. - Método e aparelho usado na inspeção. - Cálculo da taxa de corrosão e vida residual.
CÁLCULOS ESTRUTURAIS	<ul style="list-style-type: none"> - Unidade operacional a qual o vaso pertence. - Serviço básico do vaso. - Tag do vaso. - Categoria do vaso. - Espessura mínima do projeto calculada para cada parte do vaso, usando as fórmulas do código de projeto.

Figura 1 Registro de inspeção

DADOS TÉCNICOS DO VASO					
UNIDADE		SERVIÇO		TAG	CATEGORIA
DADOS DO PROJETO					
FABRICANTE			Nº DO DESENHO DE CONJUNTO		
ALÍVIO DE TENSÕES		RADIOGRAFIA		NORMA DE PROJETO	
EFICIÊNCIA DE JUNTA		REVESTIMENTO EXTERNO		REVESTIMENTO INTERNO	
TEMPERATURA		PRESSÃO		SOBRE ESPESSURA DE CORROSÃO	
PMTA			PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO		
DADOS DE OPERAÇÃO					
TEMPERATURA		PRESSÃO		DISPOSITIVO DE SEGURANÇA	
				TAG	PRESSÃO AJUSTE
DADOS DE FABRICAÇÃO					
COMPONENTE	MATERIAL	DIMENSÕES	ESPESSURA. NOMINAL	ESPESSURA. MÍNIMA	SOBRE ESPESSURA
CASCO					
CALOTA S					
CALOTA N					
BOCAIS					
ESTOJOS					
PORCAS					
JUNTAS					
BANDEJAS					
VÁLVULAS					
TUBOS INTERNOS					
ENCHIMENTOS					

Figura 2 Registro dos dados técnicos do vaso

RESULTADO DA INSPEÇÃO								
UNIDADE	SERVIÇO	TAG	TIPO DE INSPEÇ.	TIPO DE PARADA	CATEG. NR-13	SAÍDA DE OPERAÇ.	RETORN. OPERAÇÃO	DATA DA INSPEÇÃO
INSPEÇÃO DO CASCO								
PAREDES								
JUNTAS SOLDADAS								
REVESTIMENTO INTERNO								
BOCAIS								
BOCAS DE VISITAS								
INSPEÇÃO DAS CALOTAS OU TAMPOS								
PAREDES								
JUNTAS SOLDADAS								
REVESTIMENTO INTERNO								
BOCAIS								
BOCAS DE VISITAS								
ACESSÓRIOS INTERNOS								
BANDEJAS								
BORBULHADORES								
VERTEDORES								
PANELAS								
ENCHIMENTO								
SUPORTES								
TELAS								
TUBULAÇÕES								
PARAF. E PORCAS								
EXAME NÃO DESTRUTIVOS REALIZADOS								
LOCAIS		RESULTADOS						
TESTE HIDROST.	REALIZADO EM:				PRESSÃO TESTE:		RESULTADO:	
NÚMERO DAS RECOMENDAÇÕES EMITIDAS								
PRINCIPAL REPARO EXECUTADO VER					ANEXO N°			
OUTRO REGISTRO IMPORTANTE VER					ANEXO N°			
RECOMENDAÇÕES PARA A PRÓXIMA INSPEÇÃO VEREM					ANEXO N°			
OUTROS DADOS								
TÉCNICO DE INSPEÇÃO QUE REALIZOU A INSPEÇÃO:								
COORDENADOR RESPONSÁVEL PELA INSPEÇÃO:								
DATA DA PRÓXIMA INSPEÇÃO INTERNA:					DATA DO PRÓXIMO TESTE HIDROST.:			
CONCLUSÃO DA INSPEÇÃO:					DATA DA PRÓXIMA INSPEÇÃO EXTERNA:			

Figura 3 Registro do resultado da inspeção executada

REGISTRO DAS MEDIDAS EFETUADAS									
UNIDADE		SERVIÇO			TAG		CATEGORIA		
ESQUEMA DO VASO									
REGISTRO DAS MEDIDAS									
DATA DAS MEDIDAS									
LOCAL	ESPESS. NOMINAL (mm)	ESPESS. MÍNIMA (mm)	ESPESS. MEDIDA (mm)	PERDA DE ESPESS.	TAXA DE CORROS. (mm/ano)	ESPESS. MEDIDA (mm)	PERDA DE ESPESS.	TAXA DE CORROS. (mm/ano)	VIDA PROVÁVEL (ANOS)
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									

Figura 4 Registro das medidas efetuadas

CÁLCULOS ESTRUTURAIS				
UNIDADE	SERVIÇO	TAG	CATEGORIA	
DADOS DO PROJETO				
VARIÁVEL		COMPONENTE		
		CASCO	TAMPOS	CARRETEL
PRESSÃO MÁXIMA (Kgf/cm ²)				
TEMPERATURA MÁXIMA (°C)				
SOBRE ESPESSURA PARA CORROSÃO (mm)				
ESPESSURA NOMINAL (mm)				
PMTA – (Kgf/cm ²)				
PRESSÃO DE TESTE HIDROSTÁTICO (Hgf/cm ²)				
DADOS DE OPERAÇÃO				
VARIÁVEL		COMPONENTE		
		CASCO	TAMPOS	CARRETEL
PRESSÃO NORMAL - P2 – (Kgf/cm ²)				
TEMPERATURA MÁXIMA DE PAREDE (°C)				
PRESSÃO DE AJUSTE DA PSV - P – (Kgf/cm ²)				
CÁLCULO ESTRUTURAL				
VARIÁVEL		COMPONENTES		
		CASCO	TAMPOS	CARRETEL
MATERIAL				
EFICIÊNCIA DE JUNTAS				
TENSÃO ADMISSÍVEL – S (Kgf/cm ²)				
RAIO INTERNO – R=D/2 (cm)				
ALTURA DA CALOTA – H (cm)				
ESPESSURA MÍNIMA – T _{min} (mm)				
FÓRMULA DE CÁLCULO CONFORME O CÓDIGO ASME				
CASCO CILÍNDRICO	TAMPOS ELÍPTICOS	CARRETEL CILIND.		
$T_{min} = PR/(SE-0,6*P)=$	$T_{min}= PRK/(SE-0,1*P)=$	$T_{min}=PR/(SE-0,6*P)=$		

Figura 5 Registro do cálculo de espessura mínima dos componentes de um vaso de pressão

5.2 Caldeiras

A Norma Regulamentadora NR-13 do Mtb e a Norma Brasileira ABNT NBR-12177 tratam do assunto, definindo o conteúdo do relatório e o seu modelo de apresentação.

Para cada caldeira deverá ser mantido um registro separado, do qual deverão constar todos os assentamentos referentes à mesma, desde seu projeto e montagem, incluindo os certificados de calibração, ensaios, análises, etc., bem como o registro de tubo quando ocorrer de anormal, desde o início de operação. Este registro será sempre utilizado pelos relatórios emitidos e notas coligidas no decorrer das campanhas operacionais.

Deverá ser feito o controle de todas as horas de operação da caldeira, anotando-se a hora, data de todas as partidas e paradas, número de horas de cada campanha e total da vida, além do motivo das paradas.

Deverá ser mantido controle das medidas de espessuras, tanto para os tubos como para os tubulões, calculando-se, para cada série de medidas, as conseqüentes taxas de corrosão e vida útil provável.

Após cada inspeção deverá ser emitido um relatório para divulgação das observações mais importantes decorrente dessa inspeção, os reparos executados e as recomendações para os trabalhos de manutenção previstos para as futuras paradas.

A finalidade deste relatório é permitir o planejamento da próxima parada. A antecedência é necessária ao planejamento. Alguns serviços podem exigir muito tempo de preparação. Materiais têm que ser comprados (alguns itens importados podem demorar meses), equipamentos têm de ser encomendados e fabricados e a empresa precisa prevenir-se financeiramente para enfrentar estes gastos.

6 VÁLVULAS DE SEGURANÇA E ALÍVIO

As unidades de processo, como, por exemplo, plantas de produção de produtos químicos, refinarias de petróleo e plantas petroquímicas, bem como sistemas de geração de vapor (caldeiras), estão sujeitas a elevações anormais de pressão em equipamentos e tubulações, devidas as reações químicas, bloqueio indevido na descarga de bombas ou compressores, falhas nos sistemas de utilidades, fogo externamente aos equipamentos, etc.

Essas elevações de pressão eventualmente não são controladas pelos meios normais de controle e podem causar danos às instalações e pessoas. Para protegê-los são empregados dispositivos que aliviam os excessos de pressão, acionados automaticamente pela própria pressão que atua nos equipamentos. Os mais utilizados são os discos de ruptura e as válvulas de segurança e alívio de pressão.

O disco de ruptura consiste num diafragma fino (geralmente metálico) colocado entre flanges e projetado para romper a uma pressão pré-determinada. São utilizados quando se necessita de descargas grandes e abruptas, e também para fluidos corrosivos, e tem a desvantagem de não manter vedação uma vez cessada a elevação anormal de pressão. Em alguns casos são colocados antes das válvulas de segurança para protegê-las contra corrosão.

A válvula de segurança e alívio de pressão normalmente denominada válvula de segurança, é um dispositivo automático movimentado por mola, mais indicado para fluidos pouco corrosivos, e que proporciona uma boa vedação quando a pressão volta ao normal. São largamente utilizadas nas indústrias químicas de processo e nas centrais de geração de vapores (acaldeiras).

6.1 Procedimentos de Inspeção

6.1.1 Inspeção externa

A inspeção externa é uma verificação em serviço das válvulas de segurança e alívio para garantir que:

- a) A válvula não apresenta vazamento.
- b) O prazo de inspeção interna não foi excedido.
- c) A válvula foi instalada no local correto e possui plaqueta de identificação.
- d) Não existem travas gag, raquetes, ou quaisquer obstruções nas tubulações que vão impedir o funcionamento adequado da válvula.
- e) Os lacres não estão rompidos.
- f) Os “vents” no castelo das válvulas com fole estão abertos, e as tubulações a ele conectadas estão direcionadas para local seguro. Não está ocorrendo vazamento pelo “vent”.
- g) Válvulas de bloqueio à montante ou à jusante da válvula de segurança e alívio, caso existentes, estão devidamente travadas na posição aberta.
- h) Linhas de descarga e pequenas derivações estão adequadamente suportadas.
- i) Drenos no corpo da válvula e na linha de descarga estão abertos.
- j) As alavancas, quando existentes, estão em condições de atuar e corretamente posicionadas.
- l) Manômetros instalados entre as válvulas e discos de ruptura estão devidamente calibrados e indicando que não há pressão entre os dois dispositivos.
- m) A válvula não está submetida a vibrações que possam prejudicar seu funcionamento.
- n) Não há ocorrência de vazamentos nas juntas e conexões.

Sempre que uma válvula abrir em serviço ela deve ser verificada quanto a vazamento e possíveis danos causados por vibração.

A realização da inspeção externa deve ser registrada em um sistema de controle.

6.1.2 Inspeção interna

A inspeção interna é efetuada com as válvulas de segurança e alívio fora de operação, para garantir que funcionarão adequadamente e proporcionarão a proteção esperada. Devem-se seguir as seguintes etapas:

a) Logo após a remoção das válvulas de segurança e alívio deve-se inspecionar as tubulações de entrada e saída quanto à corrosão ou presença de depósitos que possam interferir no funcionamento da válvula.

b) Devem-se tomar as devidas precauções no manuseio, retirada e transporte da válvula. As conexões devem ser protegidas, e as válvulas transportadas cuidadosamente e sempre na posição vertical.

c) Quando a válvula chegar à oficina deve-se verificar se existem depósitos de corrosão ou obstruções que vão impedir seu funcionamento correto.

d) Antes de executar a desmontagem deve ser feito o teste inicial para determinar se o funcionamento da válvula é adequado. Verifica-se o valor da pressão de abertura, se a válvula está fechando corretamente e com vedação aceitável, e a estanqueidade do fole, quando existente.

e) Somente em condições excepcionais (incêndio, molas quebradas, obstrução total do bocal, etc.), em que ficar constatado que o teste não terá razão de ser executado, este poderá ser dispensado, desmontando-se a válvula para manutenção.

f) Quando a válvula comporta-se mal no teste inicial, deve-se proceder à desmontagem para manutenção.

g) A desmontagem para manutenção é a prática mais segura e confiável, e excepcionalmente pode ser dispensada somente quando se atender simultaneamente as seguintes condições: a válvula apresenta-se limpa e sem indícios de corrosão; apresenta comportamento adequado no teste inicial; possui desempenho confiável comprovado por histórico de inspeção; as inspeções regulares são efetuadas em prazos iguais ou inferiores a 2 anos . Neste caso repete-se o teste de abertura por mais 3 vezes e libera-se a válvula para instalação.

h) Antes de desmontar, devem-se anotar as posições do parafuso de regulagem e dos anéis de regulagem.

i) Após ser desmontada, deve ser feita a inspeção visual da válvula e seus componentes conforme a listagem abaixo:

- Corpo, castelo e capuz: verificar estado das superfícies quanto à corrosão e outras avarias; verificar superfícies roscadas; verificar condições da pintura externa e interna.

- Bocal, disco e anéis de regulagem: inspecionar superfícies de assentamento procurando determinar causas prováveis das avarias; verificar dimensões admissíveis; verificar estado das roscas. Mola: inspecionar visualmente quanto à corrosão e trincas; fazer testes de paralelismo e perpendicularismo; fazer teste de carga quando houver dúvidas quanto ao desempenho adequado da mola. A mola e seus suportes devem ser mantidos como um único conjunto durante a vida da mola.

- Suportes e guia do disco: verificar estado das superfícies e desgaste na guia; verificar folgas admissíveis.

- Haste: inspecionar quanto a empenamento, corrosão e desgaste.

- Parafusos, porcas e plugues: inspecionar roscas quanto à corrosão e desgaste.

- Fole: verificar se há furos, trincas ou deformações.

j) Válvulas que apresentam desgaste acentuado ou estão sujeitas a mecanismos de deterioração anormais devem ser inspecionadas através de ensaios não-destrutivos. A execução dos ensaios obrigatoriamente deve ser executada por pessoal certificado.

l) Após a conclusão de todas as etapas de inspeção, manutenção e testes, devem ser elaborados um relatório com todos os registros necessários para se controlar o desempenho da válvula.

m) Caso necessário recomendar reparos ou substituições para a próxima inspeção.

n) Válvulas que são soldadas diretamente no equipamento protegido precisam ser testadas e inspecionadas no local. A verificação do funcionamento pode ser feita elevando-se a pressão no equipamento até a abertura da válvula, ou através da pressurização da linha à montante da válvula de segurança e alívio.

o) Dispositivos especiais que elevam a haste por meios hidráulicos podem ser utilizados para verificação e ajuste da pressão de abertura de válvulas de segurança e alívio.

7 ASPECTOS LEGAIS DA INSPEÇÃO DE EQUIPAMENTOS (RESPONSABILIDADE CIVIL E CRIMINAL)

A sociedade brasileira vem atualmente numa crescente conscientização dos seus direitos, principalmente na área trabalhista. Como um dos principais objetivos da atividade de inspeção de equipamentos é a preservação das condições físicas das instalações industriais, quaisquer danos às pessoas, em especial aos trabalhadores, decorrentes de acidentes nas mesmas, podem expor os profissionais que nela atuam a processos na esfera Civil como na Criminal. Por este motivo julgamos conveniente incluir neste trabalho algumas informações que ajudem a elucidar as responsabilidades desses profissionais.

Apresentamos a seguir um texto que condensa os principais aspectos ligados à responsabilidade Civil e Criminal.

Antes de passarmos ao texto julgamos conveniente a menção de alguns artigos dos Códigos Civil e Criminal Brasileiro para facilitar o entendimento do mesmo.

7.1.1 Código Criminal Brasileiro

Artigo 132 que configura o crime: “Expor a vida ou a saúde de outrem a perigo direto ou eminente”.

Pena: Detenção de 3 meses a 1 ano.

7.1.2 Código Civil Brasileiro

Artigo 159: “Aquele que por ação ou omissão voluntária, negligência ou imprudência, violar direitos, ou causar prejuízo a outrem, fica obrigado a reparar o dano”.

Artigo 1518: “Os bens do responsável pela ofensa ou violação do direito de outrem ficam sujeitos à reparação do dano causado e, se tiver mais de um autor a ofensa, todos responderão solidariamente pela reparação”

Parágrafo Único: “São solidariamente responsáveis com os autores os cúmplices e as pessoas designadas no artigo 1521 inciso III”.

Artigo 1521 inciso III: “O patrão, dono de casa, ou comitente (preposto), por seus empregados, serviçais, no exercício do trabalho que lhes competir, ou por ocasião dele”.

Artigo 1538: “No caso de ferimento ou outra ofensa à saúde, o ofensor indenizará o ofendido das despesas de tratamento e dos lucros cessantes até o final da convalescença, além de pagar multa no grau médio e da pena criminal correspondente”.

Parágrafo único: “Esta soma será duplicada, se o ferimento resultar aleijão ou deformidade”.

7.2 Aspecto da responsabilidade civil e criminal do exercício da atividade de inspeção de equipamento

7.2.1 Responsabilidade Civil

No Brasil a responsabilidade civil se fundamenta na Culpa. Todo aquele que, por ação ou omissão, causar dano a terceiro, será obrigado a reparar o dano causado. Esta é chamada Responsabilidade Subjetiva ou Responsabilidade por Culpa.

Com o passar dos anos, a responsabilidade por culpa passou a não ser mais suficiente para reparação de danos. Por isso, surgiu a necessidade de se criar novos mecanismos para reparação dos danos causados em determinadas situações específicas.

A primeira iniciativa a respeito de uma nova legislação foi tomada na esfera da Justiça do Trabalho, a qual determina que em trabalhos perigosos, o empregador é obrigado a reparar

o dano causado ao seu empregado por meio de indenização, independente da comprovação de culpa daquele primeiro. Esta é chamada Responsabilidade Objetiva.

Neste caso a existência do dano tem que ser provada, mas não a culpa. São exemplos típicos de danos relacionados a Responsabilidade Objetiva, aqueles ocorridos em aeronaves ou em trens da RFFSA.

Um dado interessante a ser mencionado é que, mesmo em caso de culpa exclusiva do empregado no acidente, o empregador é obrigado a pagar a indenização tarifária (tarifa mínima).

No Direito Comum Brasileiro a indenização tarifária é mínima. Em função disso, criou-se um mecanismo pelo qual o empregado, provando no Judiciário a culpa do empregador, terá sua indenização corretamente calculada.

Como provar a culpa do empregador?

Originalmente era necessário, por isso muito difícil, provar que o empregador teria agido com negligência, imperícia ou imprudência. Em 1988, entretanto, o Poder Judiciário definiu, através de uma alteração na Constituição Federal, que basta provar a culpa do empregador para que o empregado seja capaz de postular junto a Justiça a nova indenização, a qual é cumulativa aquela mínima tarifária. Por outro lado, caso a culpa seja única e exclusivamente do empregado ou o acidente tenha ocorrido devido a fortuitos (exp.: queda de balões, raio, etc.), apenas a indenização tarifária deverá ser pago pelo empregador.

Se em função de uma atitude de negligência, imperícia ou imprudência de algum preposto (qualquer nível de supervisão) de uma dada Companhia ocorrer a morte ou lesão de um subordinado, a pessoa jurídica é acionada pela área civil e obrigada a indenizar a família (em caso de morte) ou o empregado lesado. A pessoa Jurídica também tem o direito de postular, junto a área civil, o ressarcimento por parte do preposto (responsável principal pela

atitude negligente, imperícia ou negligência) daquela indenização paga pela companhia ao acidentado.

Na realidade, o empregado ou sua família também pode acionar preposto (pessoa física).

No entanto, a preferência se dá em acionar a pessoa jurídica, uma vez que esta tem muito mais condições (patrimônio) de pagar a indenização a ser definida pela justiça. Cabe ressaltar que a companhia pode, quando acionada, transferir diretamente a acusação para a pessoa física responsável pelo acidente (Exp.: incêndio na refinaria com vítimas provocadas por queda de balão. Caso a companhia saiba quem soltou o balão, este será automaticamente indiciado).

Quando por determinação de supervisores hierárquicos, um funcionário toma um dado tipo de atitude (negligência, imperícia ou imprudência), é aconselhável que o mesmo se resguarde, da determinação contrária dada por seus superiores.

Atualmente, segundo a nova legislação, também o INSS poderá acionar a pessoa jurídica, caso tenha sido provada a culpa desta, em função dos benefícios que a Previdência Social terá que pagar ao empregado acidentado (Exp: Aposentadoria por invalidez).

7.2.2 Responsabilidade Criminal

Este tipo de responsabilidade é capaz de gerar os seguintes tipos de sanções:

- Sanções Cíveis;
- Sanções Penais;
- Sanções Administrativas.

O maior enfoque será dado as Sanções Penais, as quais podem ser dos seguintes tipos:

- Restrição à liberdade;
- Perda de bens (cobrada a estelionatário);

- Multa (cobrada a estelionatários);
- Interdição social de direitos (Exp: direitos políticos, direito de pai, direito de mãe, etc.).

O texto do artigo 225 da Constituição Federal de 1988 cria uma ambigüidade, quando aos tipos de sanções aplicáveis à pessoa jurídica são apenas administrativas ou também de natureza penal.

Há uma tendência que a pessoa jurídica sofra apenas sanções administrativas, uma vez que as penais são de difícil aplicação nestes casos.

Contudo há uma corrente do Direito que defende a aplicação das sanções penais também a pessoa jurídica, sem, no entanto, eximir a pessoa física (preposto da companhia envolvido) da sua culpa. Na realidade, quando alguns advogados defendem a aplicação das sanções penais à pessoa jurídica, eles têm como objetivo garantir (reforçar) os direitos da vítima.

A instauração de uma ação penal pública somente é realizada através do Ministério Público.

A sanção penal para crime de homicídio culposo (isto é, quando a morte causada é resultado de negligência, imperícia ou imprudência), de acordo com o Artigo 121 – parágrafo 3º do Código Penal, é de detenção de 1 a 3 anos. No homicídio culposo, a pena de detenção é aumentada de 1/3, se o crime resulta de inobservância de regra técnica da profissão, ou se o agente deixa de prestar imediato socorro à vítima, não procura diminuir a consequência de seus atos, ou foge para evitar prisão em flagrante (Artigo 121 – parágrafo 4º). De acordo com o parágrafo 5º do mesmo artigo, o Juiz poderá deixar de aplicar a pena, se as consequências da infração atingir o próprio agente de forma tão grave que a sanção se torne desnecessária.

Expor a vida ou a saúde de outrem a perigo direto e eminente também se constitui em crime de acordo com o Artigo 132 do Código Penal. A sanção penal para esse crime é de detenção, de 3 meses a 1 ano, se o fato não constitui crime mais grave.

Em inquéritos desse tipo é fundamental que se levante toda a cadeia de responsabilidades, desde o presidente da Companhia até o menor subordinado envolvido. Com isso, pode-se então observar onde houve a quebra desta cadeia com atitudes que traduzam negligência, imperícia ou imprudência.

7.3 Abordagens sobre a Atividade de Inspeção de Equipamentos

O pessoal técnico relativo a esta atividade deve seguir rigorosamente os preceitos definidos nos procedimentos de inspeção aplicáveis (Exp: “ASME – Boiler and Pressure Vessel Code”, “NBIC – National Board Inspection Code ANSI NB – 23” “API 510 – Pressure Vessel Inspection Code”, etc.).

Caso ocorra qualquer fato que gere algum impedimento para a inspeção emitir seu laudo de forma segura, devem-se agrupar documentos que resguardem a equipe em caso de complicações futuras. É igualmente importante que sejam feitos relatórios a cerca de recomendações de inspeção (RI’s) não cumpridas ou cumpridas indevidamente em função de prazos, custos, mão de obra mal qualificada, etc. dessa forma, o inspetor poderá defender-se perante a Justiça em caso de danos causados a terceiros por problemas em equipamentos por ele inspecionados. Obviamente, tais relatórios passarão por perícia para serem atestados como autênticos.

A aplicação da ISO 9000, com o comprometimento da alta gerência da Companhia, pode trazer grandes benefícios sob esses aspectos de responsabilidade, uma vez que o não

cumprimento, por outros órgãos, de procedimentos estabelecidos por aquela série de normas inseridas a Inspeção de Equipamentos de responsabilidades.

8 CONCLUSÃO

A inspeção de equipamentos surgiu pela necessidade de manter equipamentos e instalações industriais em condições físicas satisfatórias que proporcionem um nível mínimo de segurança e confiabilidade.

A inspeção merece destaque porque a tecnologia que utiliza tem se desenvolvido com velocidade mais elevada que na maioria das outras áreas. Muitos processos feitos nas áreas de informática, eletrônica, aeroespacial e nuclear têm encontrado poderosas aplicações na inspeção de equipamentos. Pesquisas desenvolvidas em universidades, centros de pesquisa e institutos técnicos nas áreas de materiais, mecânica da fratura, análise de tensões, fadiga, fluência e avaliação de integridade também tem se revelado excelentes oportunidades de crescimento para a atividade de inspeção.

Não basta que as empresas cumpram os requisitos legais da NR-13 sem se preocupar com a qualidade na inspeção de vasos de pressão e caldeiras. Devemos usar todos os recursos e práticas disponíveis necessárias para uma inspeção com qualidade, precisa e conclusiva.

Também será necessário manter uma documentação rastreável para comprovar perante a sociedade que os devidos cuidados estão sendo tomados.

Seguindo o roteiro e técnicas de inspeção apresentado neste trabalho e uma manutenção adequada dos equipamentos garantirá a integridade física do equipamento e automaticamente atenderá os requisitos da NR-13.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE MANUTENÇÃO (ABRAMAN) Curso de Inspeção de Equipamentos – São Paulo, outubro de 2001.

MINISTÉRIO DO TRABALHO – BRASIL – Norma Regulamentadora N° 13 – “Caldeiras e Vasos de Pressão”.

THE AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS (ASME) Boilers and Pressure Vessel Code – 1992.

Section I – Rules for construction of power boilers.

Section II – Materials.

Section V – Nondestructive examination.

Section VII – Recommended guidelines for the care of power boilers.

Section VIII – Pressure vessel.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE – Pressure Vessel Inspection Code – API 510 – sixth edition – Jun 1993.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE – Inspection of Pressure Vessel – API RP 572 – second edition - Feb 2001.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE – Inspection of Pressure Relieving Devices – API RP 576 – second edition - Dec 2000.

THE NATIONAL BOARD OF BOILERS AND PRESSURE VESSEL INSPECTORS – National Board Inspection Code – ANSI – NB23 – 1989.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO – Guias de Inspeção de Equipamentos – Guia N° 10 – Válvulas de Segurança.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO – Guias de Inspeção de Equipamentos – Guia N° 8 – Vasos de Pressão não Sujeitos a Chama.

INSTITUTO BRASILEIRO DE PETRÓLEO – Guias de Inspeção de Equipamentos – Guia N° 5 – Inspeção de Caldeiras.

PETROBRÁS / Comissão de Normas Técnicas – N-269 – Montagem de Vasos de Pressão.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) – ABNT – NBR 12177 –
Inspeção de Segurança de Caldeiras Estacionárias.