

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
ESPECIALIZAÇÃO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

MARIANO ALBERICHI

**ESTUDO DAS INSTALAÇÕES E OPERAÇÕES DE CALDEIRAS DE
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS QUÍMICOS DO ESTADO DO
PARANÁ, SOB ÓTICA DA NR-13 E NR-28**

MONOGRAFIA DE ESPECIALIZAÇÃO

**CURITIBA
2013**

MARIANO ALBERICHI

**ESTUDO DAS INSTALAÇÕES E OPERAÇÕES DE CALDEIRAS DE
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS QUÍMICOS DO ESTADO DO
PARANÁ, SOB ÓTICA DA NR-13 E NR-28**

Monografia apresentada como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Especialista no curso de Engenharia de Segurança do Trabalho, Departamento Acadêmico de Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR.
Orientador: Prof. Me. Eng. Roberto Serta.

**CURITIBA
2013**

MARIANO ALBERICHI

**ESTUDO DAS INSTALAÇÕES E OPERAÇÕES DE CALDEIRAS DE
UMA INDÚSTRIA DE PRODUTOS QUÍMICOS DO ESTADO DO
PARANÁ, SOB ÓTICA DA NR-13 E NR-28**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do título de Especialista no Curso de Pós-Graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela comissão formada pelos professores:

Orientador:

Prof. M.Eng. Roberto Serta
Professor do XXVI CEEEST, UTFPR – Câmpus Curitiba.

Banca:

Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Prof. Dr. Adalberto Matoski
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Prof. M.Eng. Massayuki Mário Hara
Departamento Acadêmico de Construção Civil, UTFPR – Câmpus

Curitiba.

Curitiba
2013

“O termo de aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso”

DEDICATÓRIA

Dedico este estudo a minha mãe, Nelsi Baggio Camargo e a meu padrasto, Sebastião Benedito Camargo, que sempre me apoiaram para conquistar meus objetivos.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, pois sem ele nos não estaríamos aqui e não teríamos as condições de alcançar nossos objetivos, pois nada se realiza nesse mundo sem a vontade Dele.

Agradeço aos meus pais, Sr. Sebastião, que assumiu a meus irmãos e a mim como seus próprios filhos e a Sra. Nelsi, exemplo de perseverança e honestidade que nunca desistiu de seus sonhos e seus objetivos e que serviram de exemplos para me tornar o homem que sou hoje.

Um agradecimento especial para minha esposa, Danielle, que sempre acreditou em mim e me apoiou, mesmo quando pensei que não seria possível.

Agradeço também à empresa que me deu oportunidade para realização da pesquisa.

Agradeço aos meus colegas e aos professores do XXVI CEEST pelas risadas, piadas, troca de experiências e informações, momentos únicos e real companheirismo.

E, por último, porém, não menos importante, agradeço aos professores orientadores, Roberto Serta e Rodrigo Eduardo Catai, pela valiosa orientação e pela exemplar coordenação do XXVI Curso de Especialização em Engenharia de Segurança.

RESUMO

ALBERICHI, Mariano. Estudo das instalações e operações de caldeiras de uma indústria de produtos químicos do Estado do Paraná, sob a ótica da nr-13 e nr28. 2013. 103 fls. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Programa de Pós-Graduação em Construção Civil da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR. Curitiba, 2013.

O presente trabalho apresenta uma análise do estado geral das instalações e operações de duas caldeiras flamotubulares de uma indústria química, destinadas à geração de vapor através da circulação interna dos gases de combustão dentro de tubos que os conduzem para o interior das caldeiras. O procedimento para análise foi realizado através da elaboração de uma lista de verificação (check-list) pautada na NR-13 (Caldeiras e Vasos sob Pressão) da Portaria nº 3.214 de 08 de junho de 1978 do Ministério do Trabalho, que regulamenta as operações de vasos de pressão e caldeiras e o impacto financeiro decorrente de fiscalizações, conforme NR-28 (Fiscalização e Penalidades). O objetivo principal do trabalho foi avaliar o cumprimento da NR-13 na indústria estudada, identificando as possíveis não conformidades e oportunidades de melhorias, buscando, não só oportunizar a redução das possibilidades de acidentes de trabalho que podem resultar em mortes, lesões e incapacitações permanentes, mas também, mensurar os valores das multas aplicáveis em caso de fiscalização por agentes de inspeção do trabalho referente às premissas dos Anexos I e II da NR-28. Os dados obtidos foram analisados e então comparados com os requisitos das duas NR's em pauta, bem como as medidas de adequação necessárias para atendimento mínimo as legislações avaliadas, tais como: substituição de mostradores de níveis de água, adequação dos sistemas de iluminação, treinamentos de capacitação e reciclagens de operadores, entre outros. A análise dos dados permitiu concluir que a indústria avaliada atende 76,32% dos requisitos da NR-13, e dentre os itens não atendidos, alguns deles são considerados como graves e iminentes, e que, como consequência, podem ocasionar acidentes fatais e resultar em impacto financeiro e eventuais interdições e embargos decorrentes de fiscalizações realizadas por auditores e fiscais do trabalho.

Palavras-chave: Normas regulamentadoras, Risco iminente, Caldeiras, Indústria Química, Fiscalização.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01:	Caldeira flamotubular.....	20
FIGURA 02:	Caldeira vertical.....	21
FIGURA 03:	Caldeira horizontal.....	22
FIGURA 04:	Caldeira multitubular.....	23
FIGURA 05:	Caldeira cornovaglia.....	24
FIGURA 06:	Caldeira lancashire.....	25
FIGURA 07:	Caldeira locomóvel.....	26
FIGURA 08:	Caldeira escocesa.....	27
FIGURA 09:	Caldeira aquatubular.....	28
FIGURA 10:	Caldeira aquatubular.....	29
FIGURA 11:	Caldeira aquatubular.....	30
FIGURA 12:	Caldeira ATA GV 403.....	61
FIGURA 13:	Placas de identificação – Caldeira ATA GV 403.....	62
FIGURA 14:	Caldeira TNG GV 405.....	63
FIGURA 15:	Placas de identificação – Caldeira TNG GV 405.....	63
FIGURA 16:	Percentuais de conformidades - Caldeira ATA GV 403.....	65
FIGURA 17:	Percentuais de conformidades relativos tabela 1 – Caldeira ATA GV 403.....	66
FIGURA 18:	Mostrador nível de água – Caldeira ATA GV 403.....	68
FIGURA 19:	Sistema de iluminação – Caldeira ATA GV 403.....	70
FIGURA 20:	Mostrador nível de água – Caldeira ATA GV 403.....	72
FIGURA 21:	Valores das multas e adequações - Caldeira ATA GV 403.....	77
FIGURA 22:	Percentuais de conformidades - Caldeira ATA TNG 403.....	78
FIGURA 23:	Percentuais de conformidades relativos tabela 7 – Caldeira TNG GV 405.....	79
FIGURA 24:	Mostrador nível de água – Caldeira TNG GV 405.....	81
FIGURA 25:	Sistema de iluminação – Caldeira TNG GV 405.....	83
FIGURA 26:	Mostrador nível de água – Caldeira ATA GV 403.....	85
FIGURA 27:	Valores das multas e adequações - Caldeira TNG GV 405.....	89
FIGURA 28:	Percentuais de conformidades relativos tabela 15.....	90
FIGURA 29:	Valores das multas e adequações – Caldeiras ATA GV 403 e TNG GV 405.....	93

LISTA DE QUADROS

QUADRO 01:	Acidentes com Caldeiras nos EUA.....	31
QUADRO 02:	Valores das multas – Anexo I NR-28.....	57
QUADRO 03:	Valores das multas de acordo com o grau de infração.....	58
QUADRO 04:	Lista de verificação (Check-list).....	60
QUADRO 05:	Dados de identificação – Caldeira ATA GV 403.....	62
QUADRO 06:	Dados de identificação – Caldeira TNG GV 405.....	64

LISTA DE TABELAS

TABELA 01:	Resultado itens avaliados – Caldeira ATA GV 403.....	66
TABELA 02:	Disposições gerais – Caldeira ATA GV 403.....	67
TABELA 03:	Instalações de caldeiras a vapor – Caldeira ATA GV 403.....	69
TABELA 04:	Segurança na operação das caldeiras – Caldeira ATA GV 403.....	71
TABELA 05:	Segurança na manutenção das caldeiras – Caldeira ATA GV 403	73
TABELA 06:	Inspeções de caldeiras – Caldeira ATA GV 403.....	74-75
TABELA 07:	Total de não conformidades, valores multas e adequações – Caldeira ATA GV 403.....	76
TABELA 08:	Resultado dos itens avaliados – Caldeira ATA GV 403.....	79
TABELA 09:	Disposições gerais – Caldeira TNG GV 405.....	80
TABELA 10:	Instalações de caldeiras a vapor – Caldeira TNG GV 405.....	82
TABELA 11:	Segurança na operação das caldeiras – Caldeira TNG GV 405....	84
TABELA 12:	Segurança na manutenção das caldeiras – Caldeira TNG GV 405.....	86
TABELA 13:	Inspeções de caldeiras – Caldeira TNG GV 403.....	87-88
TABELA 14:	Total de não conformidades, valores multas e adequações – Caldeira TNG GV 405.....	89
TABELA 15:	Total de não conformidades – Caldeiras ATA GV 403 e TNG GV 405.....	90
TABELA 16:	Total de não conformidades, valores multas e adequações – Caldeiras ATA GV 403 e TNG GV 405.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A.C	Antes de Cristo
Bar	Unidade de pressão – BAR
BPF	Baixo ponto de fluidez
CIPA	Comissão interna de prevenção de acidentes
CO ₂	Dióxido de carbono
CNAE	Classificação Nacional das Atividades Econômicas
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
EPI	Equipamento de proteção individual
EUA	Estados Unidos da América
Gv	Gerador de vapor
KG	Quilograma
Kgf ²	Quilograma força ao quadrado
Kgf/cm ²	Quilograma força por centímetros ao quadrado
KPa	Unidade de pressão – Quilo pascal
M ²	Metro quadrado
NR	Norma Regulamentadora
O ₂	Oxigênio
pH	Potencial de hidrogênio
PMTP	Pressão máxima de trabalho permitida
RI	Relatório de Inspeção
SESMT	Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho
Tng	Tenge
Ton/h	Tonelada / hora
°C	Grau Celsius

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	OBJETIVOS	16
1.1.1	Objetivo Geral	16
1.1.2	Objetivos Específicos	16
1.2	JUSTIFICATIVAS	16
2	REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1	CALDEIRAS	18
2.2	TIPOS DE CALDEIRAS	19
2.2.1	Caldeiras Flamotubulares ou Fumutubulares	20
2.2.1.1	Caldeiras verticais	22
2.2.1.2	Caldeiras horizontais	23
a)	Caldeiras multitubulares	23
b)	Caldeiras com uma tubulação central (Cornovaglia)	24
c)	Caldeiras com duas tubulações (Lancashire)	25
d)	Caldeiras locomotivas e locomóveis;	26
e)	Caldeiras escocesas	27
2.2.2	Caldeiras Aquatubulares	28
2.2.2.1	Caldeiras de tubos retos	30
2.2.2.2	Caldeiras de tubos curvos	30
2.3	PRINCIPAIS RISCOS E CAUSAS DE ACIDENTES COM CALDEIRAS	31
2.3.1	Explosões	32
2.3.1.1	O superaquecimento como causa de explosões	34
2.3.1.2	Choques térmicos como causas de explosões	39
2.3.1.3	Defeitos de mandrilagem como causas de explosões	40
2.3.1.4	Falhas em juntas soldadas como causa de explosões	41
2.3.1.5	Alterações na estrutura metalográfica do aço como causa de explosões	42
2.3.1.6	Corrosão como causa de explosões	42
2.3.1.7	Aumento de pressão como causa de explosões	46

2.3.1.8	Gases como causas de explosões	48
2.3.2	Outros Riscos de Acidentes	49
2.4	MEDIDAS DE SEGURANÇA E CONTROLE DE RISCOS EM CALDEIRAS	50
2.5	NR-13 – CALDEIRAS E VASOS SOB PRESSÃO	55
2.6	NR-28 – FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES	57
3	METODOLOGIA	59
3.1	CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EMPRESA	59
3.2	LISTA DE VERIFICAÇÃO DA NR-13 (CALDEIRAS)	60
3.3	TABULAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	61
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	62
4.1	CALDEIRAS AVALIADAS	62
4.1.1	Caldeira ATA GV – 403	62
4.1.2	Caldeira TNG GV - 405	63
4.2	LISTA DE VERIFICAÇÃO	65
4.3	ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS	65
4.3.1	Caldeira ATA GV – 403	66
4.3.1.1	Disposições gerais	68
4.3.1.2	Instalação de caldeiras a vapor	70
4.3.1.3	Segurança na operação das caldeiras	71
4.3.1.4	Segurança na manutenção de caldeiras	74
4.3.1.6	Conclusão aplicação lista verificação de caldeiras	77
4.3.2	Caldeira TNG GV - 405	78
4.3.2.1	Disposições gerais	81
4.3.2.2	Instalação de caldeiras a vapor	83
4.3.2.3	Segurança na operação das caldeiras	84
4.3.2.4	Segurança na manutenção de caldeiras	86
4.3.2.5	Inspeções de caldeiras	87
4.3.2.6	Conclusão aplicação lista verificação de caldeiras	89

4.3.3	Análise Geral das Caldeiras ATA GV – 403 e TNG GV – 405-----	91
	REFERÊNCIAS -----	96
	ANEXO -----	100

1 INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, tem sido observado um crescimento nas práticas relativas à segurança do trabalho nas indústrias em geral e esta tendência se verifica particularmente no Brasil. Entretanto, ainda identificam-se, no país, grandes dificuldades em trabalhar com alguns assuntos específicos, quando se trata de ações preventivas aos riscos que cada atividade laboral oferece. Este crescimento nas práticas relativas à segurança do trabalho se dá principalmente devido à criação e aprovação de rigorosas leis que, algumas vezes, somente são praticadas e aplicadas devido às fiscalizações e ações concretas dos órgãos responsáveis. Quando se discute sobre a legislação de segurança do trabalho, ainda existem algumas lacunas a serem preenchidas, normas a serem criadas ou atualizadas, fiscalizações mais efetivas e freqüentes, e principalmente comprometimento e responsabilidade das indústrias que expõem seus colaboradores aos riscos de acidentes.

Tratando-se especificamente sobre indústria química, que é a realidade da indústria avaliada nesta pesquisa, De Cicco (1997, p. 14), observa que o desempenho em segurança do trabalho na indústria química é usualmente medido através de indicadores que avaliam efeitos, como notificações e estatísticas de acidentes, denominados reativos e os que avaliam métodos de prevenção, como relatos de quase acidentes, inspeções de segurança e horas de treinamento em segurança, entre outros, denominados proativos.

Nas atividades com caldeiras ou vasos de pressão, atualmente utiliza-se como parâmetros de requisitos de segurança a Norma Regulamentadora 13 (BRASIL, 2013), que está em vigência no país desde o ano de 1978 e possui caráter preventivo de danos ao ser humano e às instalações, requerendo inspeções, instalações de dispositivos de segurança, identificações, registros e documentos, treinamentos e qualificações, manutenções e profissionais habilitados, entre outros, e com o objetivo principal de condicionar inspeções de segurança e operação de vasos de pressão e caldeiras.

Na indústria química, mais especificamente na produção de formol e resinas uréia formol e fenol, as caldeiras são equipamentos fundamentais para a instituição no desenvolvimento dos processos de produção e escoamento das matérias primas e produtos acabados. Segundo Campos (2011, p. 11), a caldeira “é um equipamento altamente resistente que possui como principio básico o aquecimento da água

líquida até a transformação gasosa, por meio da troca térmica entre um combustível e a água”.

Segundo Altafini (2002, p. 03) “caldeira é o nome popular dado aos equipamentos geradores de vapor, cuja aplicação tem sido ampla no meio industrial e também na geração de energia elétrica nas chamadas centrais termelétricas”. Portanto, as atividades que necessitam de vapor para o seu funcionamento, em particular, vapor de água em função de sua abundância, têm como componente essencial para sua geração, a caldeira. Esse equipamento, por operar com pressões internas bem acima da pressão atmosférica, sendo em grande parte das aplicações industriais aproximadamente 20 vezes maiores e, nas aplicações para a produção de energia elétrica, entre 60 a 100 vezes maior, podendo alcançar valores de até 250 vezes mais, constitui um risco iminente na sua operação (ALTAFINI, 2002).

Campos (2011, p. 14), afirma que:

As caldeiras e demais equipamentos que operam sob pressões precisam ter dispositivos de segurança e devem ser submetidas regularmente a inspeções de segurança. Além disso, é dever do empregador zelar pela incolumidade física do empregado, o que implica adotar medidas preventivas, entre elas o oferecimento de cursos e treinamentos para os funcionários. A caldeira não é um simples equipamento que a qualquer detalhe signifique apenas uma parada para manutenção.

Outro autor considera de modo geral que caldeiras são equipamentos amplamente utilizados na indústria e na geração de energia elétrica, visto que são muito importantes para o processo produtivo e, em alguns casos, o principal equipamento. Em contrapartida, podem ser extremamente letais, virtualmente encaradas como bombas em caso de acidentes, já que trabalham em determinadas situações com pressões muito acima da pressão atmosférica, por isso exigem extremo cuidado em todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção, projeto, construção, instalação, operação e descarte (MELLO, 2010).

O tema da pesquisa assenta-se na verificação das instalações e operações das caldeiras utilizadas no processo produtivo, uma vez que a NR-13 (BRASIL, 2013) apresenta caráter preventivo de danos ao ser humano, aos equipamentos, instalações e atividades executadas. Assim, este estudo busca verificar as condições das instalações e procedimentos de operação destes equipamentos e a preocupação e importância dada pela indústria a esses equipamentos de grande risco operacional, baseando-se na NR em vigor no país e mensurar os valores de

penalidades pelo não cumprimento dos itens das Normas Regulamentadoras, de acordo com as classificações de infrações segundo a NR-28, NR-28, intitulada de Fiscalização e Penalidades.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Análise das instalações e operações das caldeiras de uma indústria química, confrontando com o estabelecido na NR-13 (BRASIL, 2013), que trata especificamente sobre caldeiras e vasos de pressão e o possível impacto financeiro decorrente de fiscalizações, conforme NR-28 (BRASIL, 2013).

1.1.2 Objetivos Específicos

- Analisar as instalações, operações, manutenções, inspeções e supervisões das caldeiras em conformidade com a legislação vigente no país;
- Demonstrar o atendimento aos requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013) que são aplicadas ao local das instalações das caldeiras;
- Demonstrar o atendimento aos requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013) que são aplicadas as atividades de operações, manutenções e inspeções realizadas no local das instalações das caldeiras;
- Identificar oportunidades de melhoria do ambiente de trabalho oferecendo orientações para a melhoria da segurança do profissional e da empresa.
- Mensurar o impacto financeiro gerado por itens em não conformidade encontrados, decorrente de uma eventual fiscalização por órgãos competentes.
- Comparar os custos da não conformidade aos os custos estimados para a adequação dos vícios encontrados.

1.2 JUSTIFICATIVAS

Identificar as principais não conformidades em relação aos requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013) e possíveis oportunidades de melhorias, encontram sua justificativa na possibilidade de redução de acidentes de trabalho que podem resultar em mortes, lesões e incapacitações permanentes de colaboradores que executam atividades no local e demais pessoas que circulam pela área naquele dado momento. Com os dados das não conformidades eventualmente encontradas é possível identificar quais podem ser consideradas graves e iminentes, podendo ocasionar acidentes fatais, resultar em impacto financeiro devido acidentes, eventuais interdições e embargos decorrentes de fiscalizações realizadas por auditores e fiscais do trabalho e mensurar os valores das multas aplicáveis referentes às premissas dos Anexos I e II da NR-28 (BRASIL, 2013), auxiliando a indústria estudada a efetuar a adequação necessária.

A presente pesquisa pode, também, servir como modelo básico para novos estudos das condições de outras indústrias do Estado no tocante à conformidade destes importantes equipamentos com as normas vigentes, contribuindo para uma eventual diminuição dos acidentes e/ou demais prejuízos financeiros e legais decorrentes das ações fiscalizadoras, elevando, tanto pela prevenção de paralisações como pela economia de recursos, a margem de lucro das mesmas, ao mesmo tempo em que pode reduzir os custos sociais dos sinistros.

Por último, novos estudos baseados no presente modelo de pesquisa podem ajudar à extração de uma estimativa do grau de conformidade da indústria paranaense utilizadora de caldeiras no processo produtivo aos parâmetros contidos nas NRs em questão, contribuindo para o melhoramento do desempenho da mesma como um todo em benefício do Estado dos pontos de vista social e econômico.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CALDEIRAS

A primeira tentativa do homem no sentido de produzir vapor com objetivos energéticos ocorreu no século II, a.C., quando Heron de Alexandria desenvolveu um equipamento que vaporizava água e movimentava uma esfera em torno de seu eixo, surgindo, assim, o primeiro modelo embora primitivo de caldeiras e turbinas a vapor. Porém, somente na Revolução Industrial é que o uso de vapor pressurizado para movimentar máquinas e equipamentos veio a apresentar grande repercussão (ALTAFINI, 2002).

O surgimento das máquinas destinadas a gerar vapor no início do século XVIII, foi promovido pela necessidade de se encontrar alternativas na geração de calor, que substituíssem a queima direta de carvão fóssil. Nos dias atuais, a praticidade e a versatilidade de sua utilização tornaram o vapor d'água indispensável em diversos setores industriais (BAZZO, 1995).

Outro autor observa que as caldeiras são equipamentos amplamente utilizados na indústria e na geração de energia elétrica, visto que são muito importantes para o processo produtivo e, em alguns casos, o principal equipamento. Em contrapartida, podem mostrar-se extremamente letais em caso de explosões, já que trabalham em determinadas situações com um nível de pressão muito acima da pressão atmosférica, exigindo, portanto, extremo cuidado em todo o seu ciclo de vida, desde a sua concepção, projeto, construção, instalação, operação e descarte (MELLO, 2010).

Leite e Militão (2008, p. 01) asseveram que a caldeira ou gerador de vapor é um equipamento que se destina a gerar vapor através de uma troca térmica entre o combustível e a água, sendo que isto é feito por este equipamento construído com chapas e tubos cuja finalidade é fazer com que água se aqueça e passe do estado líquido para o gasoso, aproveitando o calor liberado pela queima de combustível que faz com que as partes metálicas se aqueçam e transfiram altos níveis de calor à água produzindo o vapor. Os mesmos autores (2008, p. 01) observam que, neste processo, a energia necessária à operação, isto é, o fornecimento de calor sensível à água até alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente a fim de

vaporizar a água e mais o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido, é obtida pela queima de um combustível.

Outra definição aduz que a caldeira é um equipamento que, utilizando a energia química liberada durante a queima de um combustível, promove a mudança de fase da água do estado líquido para vapor a uma pressão maior que a atmosférica. O vapor resultante é utilizado para o acionamento de máquinas térmicas, para a geração de potência mecânica e elétrica, assim como para fins de aquecimento em processos industriais (PERA, 1990).

Finalmente, caldeiras a vapor são equipamentos destinados a “produzir e acumular vapor sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, excetuando-se os refervedores e equipamentos similares utilizados em unidades de processo” (NR, 13, p. 01).

2.2 TIPOS DE CALDEIRAS

Segundo a NR-13 (BRASIL, 2013), pelas classes de pressão as caldeiras foram classificadas em:

- Categoria A: Pressão de operação é superior a 1960 KPa (19,98 kgf/cm²);
- Categoria C: Pressão de operação igual ou inferior a 588 KPa (5,99 kgf/cm²) e volume interno igual ou inferior a 100 litros; e
- Categoria B: caldeiras que não se enquadram nas categorias anteriores.

Conforme o grau de automação, as caldeiras podem se classificar em:

- Manuais;
- Semi-automática e
- Automática.

Com relação ao tipo energia empregada –combustíveis -, elas podem ser:

- Sólido;
- Líquido;
- Gasoso;
- Caldeiras elétricas; e

- Caldeiras de recuperação.

Existem outras maneiras particulares de classificação, como por exemplo: quanto ao tipo de montagem, circulação de água, sistema de tiragem e tipo de Altafini (2002, p. 07) informa que existem diversos tipos de caldeiras, as quais podem ser classificadas segundo diversos tipos de critérios, porém segundo uma classificação mais genérica, as caldeiras se classificam em flamotubulares ou fumutubulares e aquatubulares.

2.2.1 Caldeiras Flamotubulares ou Fumutubulares

As caldeiras flamotubulares ou fumutubulares se caracterizam pela circulação interna dos gases de combustão, ou seja, os tubos conduzem os gases por todo o interior da caldeira. São construídas para operar com pressões limitadas, pois as partes internas submetidas à pressão são relativamente grandes, inviabilizando o emprego de chapas de maiores espessuras (ALTAFINI, 2002).

Para outro pesquisador, caldeiras flamotubulares ou fumutubulares, como o nome sugere, são caldeiras em que a queima e os gases dela resultantes fluem dentro de tubos. A queima processa-se no interior de um cilindro construído em chapa de aço, com dimensões tais que permitam a combustão completa de modo que, após a mesma, só fluam gases quentes para as demais passagens de gases (FERREIRA, 2007).

De acordo com Martinelli Jr (2002, p. 22), as caldeiras flamotubulares são em geral, compactas, isto é, saem prontas da fábrica, restando apenas sua instalação no local em que serão operadas e geralmente são aquelas em que os gases provenientes da combustão de fumos (gases quentes e/ou gases de exaustão) atravessam a caldeira no interior de tubos que se encontram circundados por água, cedendo calor.

Segundo Bizzo (2001, p. 68), as caldeiras flamotubulares “constituem-se da grande maioria das caldeiras, utilizada para pequenas capacidades de produção de vapor (da ordem de até 10 ton/h) e baixas pressões (até 10 bar), chegando algumas vezes a 15 ou 20 bar”. As caldeiras flamotubulares horizontais constituem-se de um vaso de pressão cilíndrico horizontal, com dois tampos planos (os espelhos) onde

estão afixados os tubos e a fornalha. Caldeiras modernas têm diversos passes de gases, sendo mais comum uma fornalha e dois passes de gases (BIZZO, 2001).

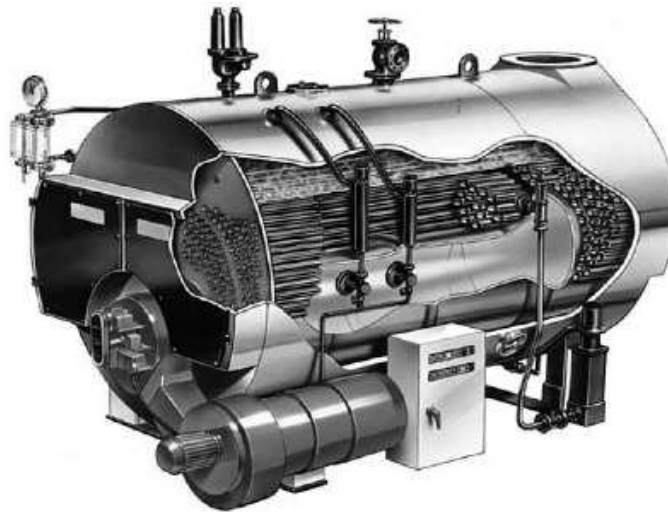


Figura 1: Caldeira Flamotubular.

Fonte: Raeelectric (2013).

Existem vários métodos de classificação das caldeiras flamotubulares, que podem ser segundo:

- O uso;
- A capacidade;
- A pressão;
- A posição da fornalha;
- A posição dos tubos;
- Os tamanhos, etc (MARTINELLI JR, 2002).

Altafini (2002, p. 07) classifica as caldeiras em:

- Caldeiras verticais;
- Caldeiras horizontais.

2.2.1.1 Caldeiras verticais

Martinelli Jr (2002, p. 23) observa que a caldeira vertical é do tipo monobloco, sendo constituída por um corpo cilíndrico fechado nas extremidades por placas planas chamadas espelhos, apresentando, porém, baixa capacidade e baixo rendimento térmico. Geralmente são construídas de 2 até 30 (m²), com pressão máxima de 10 (kgf²), sendo sua capacidade específica de 15 a 16 kg de vapor por m² de superfície de aquecimento e são mais utilizadas para combustíveis de baixo poder calorífico. Apresenta a vantagem de possuir seu interior bastante acessível para a limpeza e fornecendo um maior rendimento no tipo de fornalha interna e sendo a sua aplicação bem variada, devido à facilidade de transporte pelo pequeno espaço que ocupa, exigindo pequenas fundações.

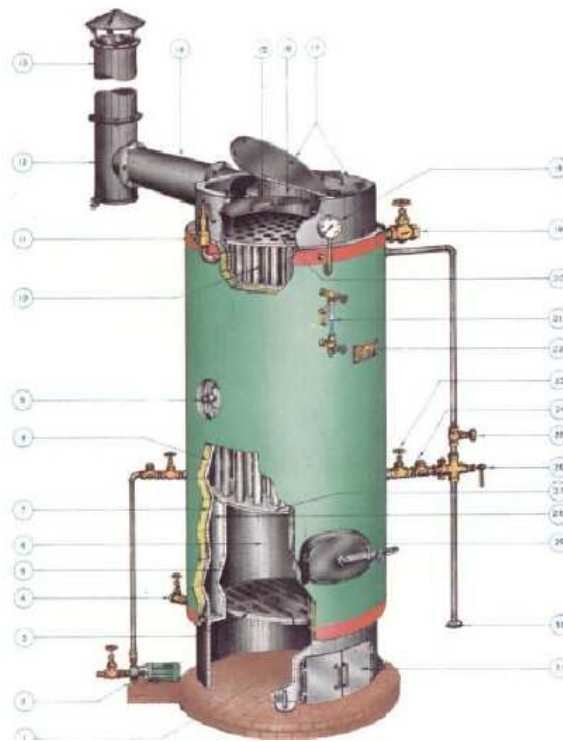


Figura 2: Caldeira Vertical.

Fonte: Lspsteam (2013).

2.2.1.2 Caldeiras horizontais

As caldeiras do tipo horizontal são caracterizadas por tubos que são colocados verticalmente num corpo cilíndrico, fechado nas extremidades por placas chamadas espelhos, onde a fornalha interna fica no corpo cilíndrico, logo abaixo do espelho inferior. Os gases de combustão sobem através de tubos, aquecendo e vaporizando a água que se encontra externamente aos mesmos (MARTINELLI JR, 2002).

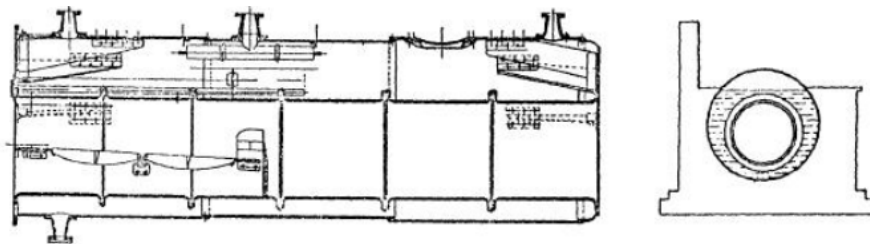


Figura 3: Caldeira Horizontal.

Fonte: Lspsteam(2013).

As caldeiras horizontais podem ser divididas em:

- Caldeiras multitubulares - com fornalha externa ou com fornalha interna;
- Caldeiras com uma tubulação central (Cornovaglia);
- Caldeiras com duas tubulações (Lancashire);
- Caldeiras locomotivas e locomoveis;
- Caldeiras escocesas (MARTINELLI JR, 2002).

a) Caldeiras multitubulares

Segundo o autor acima mencionado, a substituição dos tubulões das caldeiras anteriores por vários tubos de pequeno diâmetro deram origem à caldeira flamotubular multitubular. São encontradas com duas ou três voltas de chama, e os gases de combustão fazem duas ou três voltas no interior da caldeira. Este tipo de caldeira não permite o uso da fornalha interna, pois é completamente revestida em alvenaria. Sua grande vantagem é permitir a utilização de qualquer combustível, mas devido ao alto custo do refratário, despesas de manutenção e alto custo de instalação, este tipo de caldeira vem tendo sua aplicação industrial diminuída. Sua

capacidade máxima é de 600 kg de vapor por hora com pressão máxima de 16 kgf² (MARTINELLI JR, 2002).

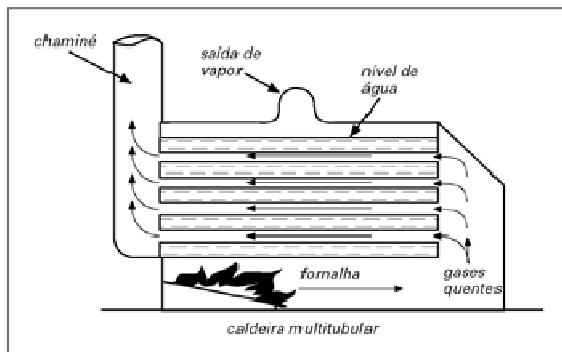


Figura 4: Caldeira Multitubular.

Fonte: Chd Válvulas (2013).

- **Caldeira multitubular de fornalha interna:** Como o próprio nome indica possui vários tubos de fumaça. Podem ser de três tipos:

- Tubos de fogo diretos - Os gases percorrem o corpo da caldeira uma única vez;
- Tubos de fogo de retorno - Os gases provenientes da combustão na tubulação da fornalha circulam tubos de retorno;
- Tubos de fogo diretos e de retorno - Os gases quentes circulam pelos tubos diretos e voltam pelos de retorno.

- **Caldeira multitubular de fornalha externa:** Em algumas caldeiras deste tipo a fornalha é constituída pela própria alvenaria, situada abaixo do corpo cilíndrico. Os gases quentes provindos da combustão entram inicialmente em contato com a base inferior do cilindro, retornando pelos tubos de fogo (MARTINELLI JR, 2002).

b) Caldeiras com uma tubulação central (Cornovaglia)

A caldeira do tipo Cornovaglia, fundamentalmente, consiste de dois cilindros horizontais unidos por placas planas. Seu funcionamento é bastante simples, apresentando, porém, baixo rendimento. Para uma superfície de aquecimento de

100 m² já apresenta grandes dimensões, o que provoca limitação quanto à pressão, via de regra, a pressão, não deve ir além de 10kgf/cm² (ALTAFINI, 2002).

Segundo Martinelli Jr (2002, p. 24), este tipo de caldeira tem funcionamento simples, é constituída por uma tubulação por onde circulam os gases produtos da combustão, transmitindo calor para a água, que o circunda, por contato de sua superfície externa. “É, em geral”, segundo o autor (2002, p. 24), “de grandes dimensões (100 m²), tem baixo rendimento térmico e, devido ao seu tamanho, tem sua pressão máxima limitada a 10 kgf². Sua capacidade específica varia de 12 a 14 kg de vapor por m² de superfície.”

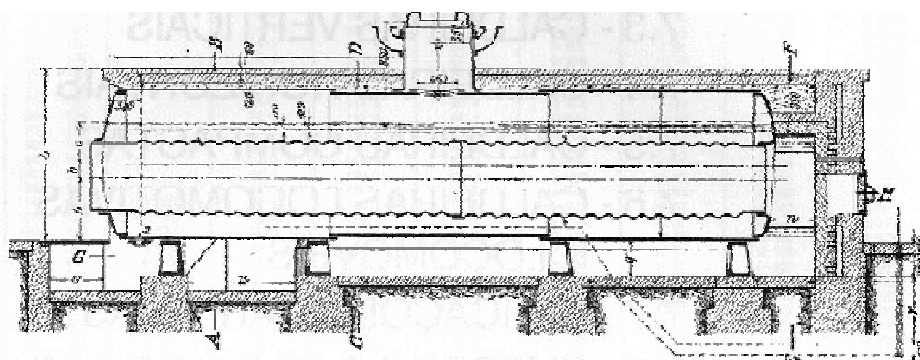


Figura 5: Caldeira Cornovaglia.

Fonte: S3 Amazonas (2013).

c) Caldeiras com duas tubulações (Lancashire)

São constituídas, de acordo com Martinelli Jr (2002, p. 24), por duas (às vezes três ou quatro) tubulações internas, alcançando superfície de aquecimento de 120 a 140 m² e atingem até 18 kg de vapor por m² de superfície de aquecimento, este tipo de caldeira está sendo substituída gradativamente pelas mais atualizadas. O autor (2002, p. 24) assevera que “tanto a Caldeira Cornovaglia, como a Lancashire, está (sic) caminhando para o desuso devido às unidades modernas mais compactas”.

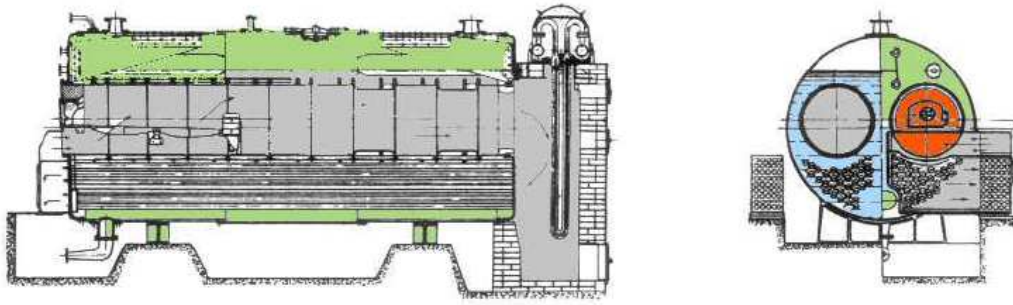


Figura 6: Caldeira Lancashire.
Fonte: Portal Ocupacional (2013).

d) Caldeiras locomotivas e locomóveis;

Nas caldeiras locomotivas o vapor gerado serve para movimentar a própria caldeira e seus vagões. Hoje em dia, está praticamente fora de uso, por usar carvão ou lenha como combustível. A caldeira locomóvel é tipo multitubular, apresentando uma dupla parede metálica, por onde circula a água do próprio corpo. Este tipo de caldeira é de largo emprego pela facilidade de transferência de local e por proporcionarem acionamento mecânico em lugares desprovidos de energia elétrica.

As caldeiras locomóveis são uma adaptação e modificação das caldeiras locomotivas, ainda que ideais por fáceis mudanças de local por serem portáteis, elas possuem limitações no serviço estacionário. São multitubulares com a fornalha revestida completamente por dupla parede metálica formando uma câmara onde circula água, tendo um razoável custo de construção. Possui vantagens de ser portátil, serviço contínuo e excelente, com custo mínimo em condições severas de trabalho, assim como uma grande capacidade de produção de vapor em comparação com seu tamanho e como desvantagens a pequena velocidade de circulação de água e grandes superfícies metálicas. Possui aplicação em campos de petróleo, associados a máquinas de vapor na geração de energia, em serrarias, etc (MARTINELLI JR, 2002, p. 25).



Figura 7: Caldeira Locomóvel.

Fonte: Streetcustoms (2013).

e) Caldeiras escocesas

Esse tipo de caldeira foi concebido para uso marítimo, por ser bastante compacto, devido suas concepções utilizarem tubulação e tubos de menor diâmetro. Todos os equipamentos indispensáveis ao seu funcionamento são incorporados a uma única peça, constituindo-se, assim num todo transportável e pronto para operar de imediato. Essas caldeiras operam exclusivamente com óleo ou gás, e a circulação dos gases é feita por ventiladores (ALTAFINI , 2002).

Segundo Martinelli Jr (2002), é o tipo mais moderno e evoluído de caldeiras flamotubulares, pois não exige gastos com instalações especiais ou custosas colunas de aço ou alvenaria, bastando uma fundação simples e nivelada, as ligações com a fonte de água, eletricidade e esgoto para entrar imediatamente em serviço. O autor (2002, p. 26) enfatiza que este tipo possui controle eletrônico de segurança e funcionamento automático arrancando tão logo sejam ligados os interruptores. A caldeira consta de um corpo cilíndrico que contém um tubulão sobre o qual existe um conjunto de tubos de pequeno diâmetro e geralmente possui uma câmara de combustão de tijolos refratários na parte posterior, a que recebe os gases produtos da combustão, e os conduz para o espelho traseiro. Essas unidades operam com óleo ou gás, sendo a circulação garantida por ventiladores (tiragem mecânica) (MARTINELLI JR, 2002).

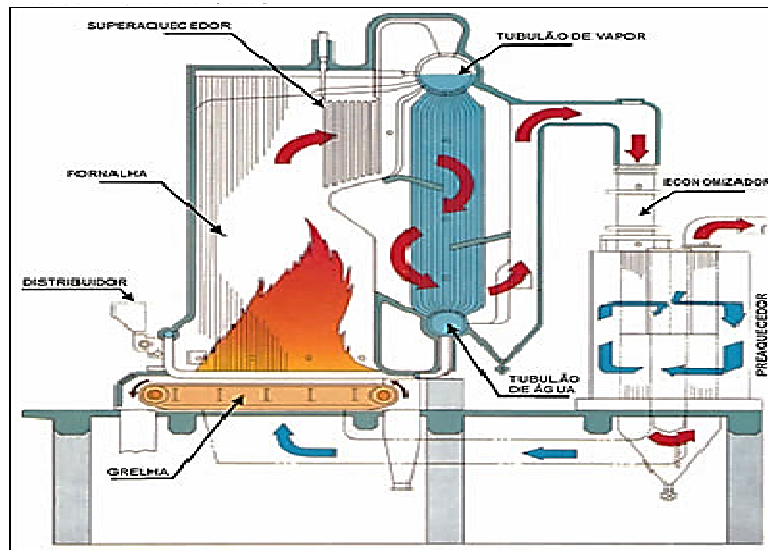


Figura 8: Caldeira Escocesa.

Fonte: Chd Válvulas (2013).

2.2.2 Caldeiras Aquatubulares

Segundo Altafini (2002), as caldeiras aquatubulares (sic) se caracterizam pela circulação externa dos gases de combustão e os tubos conduzem massa de água e vapor, sendo sua utilização mais ampla, pois possuem vasos pressurizados internamente e de menores dimensões relativas. Isso viabiliza econômica e tecnicamente o emprego de maiores espessuras e, portanto, a operação em pressões mais elevadas. Outra característica importante desse tipo de caldeira é a possibilidade de adaptação de acessórios, como o superaquecedor, que permite o fornecimento de vapor superaquecido, necessário ao funcionamento das turbinas.

Altafini (2002, p. 08) observa também que “nas caldeiras aquatubulares o volume de água é distribuído por um grande número de tubos submetidos, exteriormente, ao contato dos gases de combustão”. Os tubos podem ser retos ou curvados, dispostos de forma a garantir uma eficiente circulação da água em ebulição.

Para Bizzo (2001) as caldeiras aquatubulares têm a produção de vapor dentro de tubos, que podem ser retos ou curvados e que interligam dois ou mais reservatórios cilíndricos horizontais, onde:

- Tubulão superior - ocorre a separação da fase líquida e do vapor;
- Tubulão inferior - ocorre a decantação e purga dos sólidos em suspensão.

As caldeiras aquatubulares, também conhecidas como caldeiras tubos de água, se caracterizam, segundo Martinelli Jr (2002, p. 28), pelo fato dos tubos situarem-se fora dos tubulões da caldeira (tambor) constituindo com estes um feixe tubular. Geralmente são empregadas quando interessa obter pressões e rendimentos elevados, pois os esforços desenvolvidos nos tubos pelas altas pressões são de tração ao invés de compressão, como ocorre nas pirotubulares, e também pelo fato dos tubos estarem fora do corpo da caldeira obtemos superfícies de aquecimento praticamente ilimitadas. Ainda de acordo com Martinelli Jr (2002, p. 28):

Os objetivos a que se propõe uma caldeira aquatubular abrangem uma grande faixa e em vista disto temos como resultado muitos tipos e modificações, tais como tubos retos, tubos curvos de um ou vários corpos cilíndricos, enfim a flexibilidade permitida possibilita vários arranjos.

Segundo Martinelli Jr (2002), as caldeiras aquatubulares podem ser classificadas em:

- Caldeiras de tubos retos;
- Caldeiras de tubos curvos;
- Caldeiras de circulação forçada.

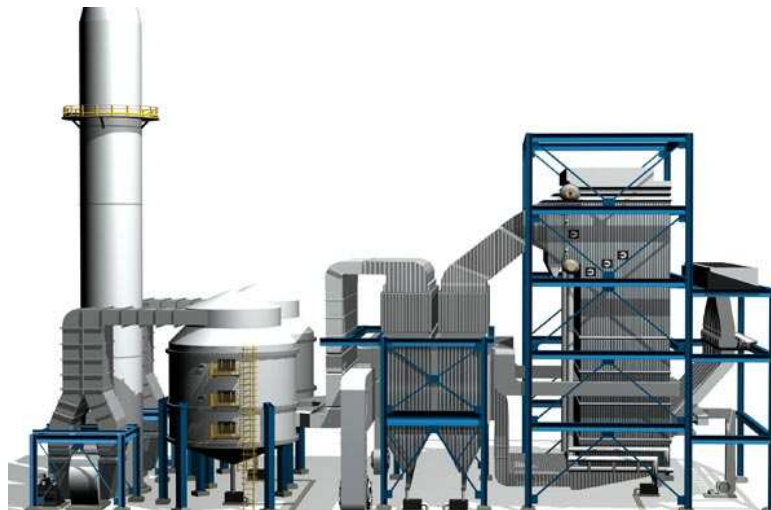


Figura 9: Caldeira Aquatubular.

Fonte: Brumazi (2013).

2.2.2.1 Caldeiras de tubos retos

Martinelli Jr (2002) informa que as caldeiras de tubos retos podem possuir tambor transversal ou longitudinal e estas caldeiras são ainda bastante utilizadas devido a possuírem fácil acesso aos tubos para fins de limpeza ou troca, causarem pequena perda de carga, exigirem chaminés pequenas, e porque também todos os tubos principais são iguais necessitando de poucas formas especiais. Os tubos de água são inclinados de aproximadamente 22° , sendo ligados nas extremidades aos coletores, também chamadas câmaras onduladas, formando com o tubulão, um circuito fechado por onde circula a água que entra pela parte inferior do tambor, desce pelo interior do coletor posterior e sobe pelos tubos inclinados onde se forma o vapor. A mistura de vapor e água ascende rapidamente pelo coletor frontal retornando ao tambor onde tem lugar a separação entre o vapor e a água.

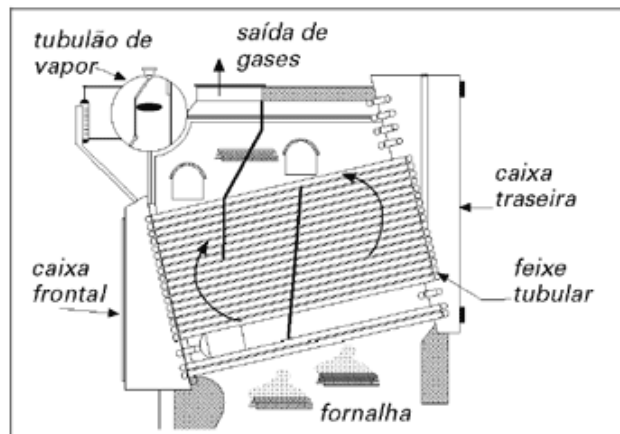


Figura 10: Caldeira Aquatubular

Fonte: Chd Válvulas (2013).

2.2.2.2 Caldeiras de tubos curvos

Segundo Martinelli Jr (2002), este tipo de caldeira é composta por tubos curvos ligados a tambores e suas concepções iniciais possuíam quatro e até cinco tambores, sendo revestidos completamente por alvenaria. “Atualmente”, observa (2002, p. 29), “por motivos de segurança, economia e para eliminar o uso de peças de grande diâmetro, o número de tambores foi reduzido a dois ou um único tambor, sendo este último aplicado a unidade de altas pressões e capacidades”. As paredes

de refratário representam um custo demasiado elevado das instalações por isto foram desenvolvidos estudos quanto a um melhor aproveitamento do calor irradiado, e a aplicação de paredes de água, por exemplo, veio eliminar o uso destes custosos refratários. Com o maior proveito do calor gerado, além de reduzir o tamanho da caldeira, promove-se uma vaporização mais rápida e aumenta-se a vida do revestimento das câmaras de combustão (MARTINELLI JR, 2002).

Este tipo de caldeira encontra uma barreira para sua aceitação comercial no que se refere ao fato de exigirem um controle especial da água de alimentação (tratamento da água), embora apresente inúmeras vantagens, tais como, manutenção fácil para limpeza ou reparos, rápida vaporização, sendo o tipo que atinge maior vaporização específica.

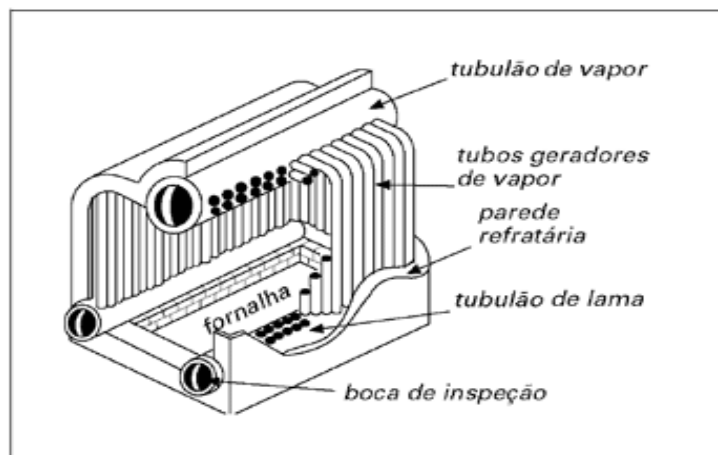


Figura 11: Caldeira Aquatubular.

Fonte: Chd Válvulas (2013).

2.3 PRINCIPAIS RISCOS E CAUSAS DE ACIDENTES COM CALDEIRAS

Segundo Campos (2011), todos os anos no mundo milhões de pessoas morrem vítimas de doenças ou acidentes relacionadas ao trabalho, contribuindo com um elevado ônus para toda a sociedade. Alguns dos índices relativos a mortes, lesões e incapacitações permanentes estão diretamente associados aos acidentes com caldeiras, pois são equipamentos de altíssimo risco, sendo fatais em qualquer inconformidade de gerenciamento.

Bazzo (1995), afirma que as causas de maior frequência de acidentes envolvendo explosão de caldeiras são: a elevação da pressão de trabalho acima da

pressão máxima de trabalho permitida (PMTTP), o superaquecimento excessivo e/ou modificação da estrutura do material, a ocorrência de corrosão ou erosão do material e a ignição espontânea, a partir de nevoas ou gases inflamáveis remanescentes no interior da câmara de combustão, conforme demonstra o Quadro 1.

CALDEIRAS DE FORÇA - EUA									
ESTATÍSTICA DE ACIDENTES	ACIDENTES			FERIMENTOS			MORTES		
	1997	1998	1999	1997	1998	1999	1997	1998	1999
Parâmetros									
Rachadura na tubulação	52	0	0	0	0	0	0	0	0
Válvulas de segurança	0	2	1	0	2	1	0	0	0
Baixo nível d'água	220	128	67	0	0	2	0	0	1
Falhas nos limites de controle	8	7	27	0	0	8	0	0	0
Instalação inadequada	5	5	14	0	1	1	0	0	0
Reparo inadequado	3	9	24	0	0	0	0	0	0
Falha no projeto de fabricação	16	5	22	6	0	1	0	0	0
Erro do operador/Manutenção deficiente	94	84	140	15	3	3	2	0	0
Falha no queimador	53	32	27	3	2	20	2	0	7
<i>Subtotal</i>	<i>451</i>	<i>272</i>	<i>322</i>	<i>24</i>	<i>8</i>	<i>36</i>	<i>4</i>	<i>0</i>	<i>8</i>

Quadro 1: Caldeiras de Força EUA

Fonte: Adaptado do Artigo Caldeiras – Onde estão os Acidentes? publicado na Revista Proteção de Abril de 2001 (2013)

Altafini (2002) vai mais além, afirmando que o emprego de caldeiras implica na presença de riscos dos mais diversos: explosões, incêndios, choques elétricos, intoxicações, quedas, ferimentos diversos, etc.

2.3.1 Explosões

Segundo Gyurkovits (2004, p. 15), os riscos de explosões são, entretanto, os mais importantes pelas seguintes razões:

- Por se encontrar presente durante todo o tempo de funcionamento, sendo imprescindível seu controle de forma contínua, ou seja, sem interrupções.
- Em razão da violência com que as explosões acontecem, pois na maioria dos casos suas conseqüências são catastróficas, em virtude da enorme quantidade de energia liberada instantaneamente.
- Por envolver não só os operadores, como também as pessoas que trabalham nas redondezas.
- Por que sua prevenção deve ser considerada em todas as fases: projeto, fabricação, operação, manutenção, inspeção e outras.

De acordo com Magrini (1985), os riscos de explosões, numa área de caldeira, são muito grandes e iminentes, por se tratarem de equipamentos que operam continuamente com uma pressão interna superior a atmosférica, sempre necessitando de um operador responsável. Deve-se considerar que em uma explosão de caldeira, a quantidade de energia liberada instantaneamente é muito grande, resultando assim em acidentes muito graves. Esta energia é liberada em forma de calor, superaquecendo o ambiente em que ela está inserida, provocado por grande deslocamento de ar.

Altafini (2002, p. 11 e 12) assevera que:

O risco de explosão do lado da água está presente em todas as caldeiras, pois a pressão reinante nesse lado é sempre superior à pressão atmosférica. Todo fluido compressível tem o seu volume bastante reduzido quando comprimido. Essa redução é tantas vezes menor quanto for o aumento de pressão. A massa comprimida de fluido procura então, ocupar um espaço maior através de fendas e rupturas. Isso é conseguido com a explosão, quando, por algum motivo, a resistência do recipiente que o contém é superada. Para evitar a explosão surge a necessidade de empregarem-se espessuras adequadas em função da resistência do material e das características de operação. No caso de caldeiras, outro fator importante a ser considerado quanto às explosões é a grande quantidade de calor transmitida no processo de vaporização, dada a grande quantidade de calor latente e calor sensível absorvida pelo vapor. Neste sentido, os danos provocados pela explosão de uma caldeira serão muito maiores que um reservatório contendo ar, por exemplo, de mesmo volume e de mesma pressão. Isso por que parte da energia será liberada na forma de calor, provocando o aquecimento do ambiente onde a explosão ocorre. [grifos do autor

Risco de explosão pode, portanto, ser originado pela combinação de 3 causas:

- Diminuição da resistência, que pode ser decorrente do superaquecimento ou da modificação da estrutura do material.
- Diminuição de espessura que pode ser originada da corrosão ou da erosão.
- Aumento de pressão decorrente de falhas diversas, que podem ser operacionais ou não (ALTAFINI, 2002).

2.3.1.1 O superaquecimento como causa de explosões

Quando o aço com que é construída a caldeira é submetido, em alguma parte, à temperaturas maiores àquelas admissíveis, ocorre redução da resistência do aço e aumenta o risco de explosão. Entretanto, antes da ocorrência da explosão pode haver danos: empenamentos, envergamentos e abaulamentos. Outra consequência do superaquecimento é a oxidação das superfícies expostas, se o meio for oxidante, ou é a carbonetação (formação de carbetos de ferro), se o meio for redutor (ALTAFINI, 2002).

As principais causas do superaquecimento são:

a) Seleção inadequada do aço no projeto da caldeira.

Em caldeiras aquotubulares, por exemplo, partes dos tubos da fornalha estão submetidos à radiação mais intensa que aqueles de outras partes, devendo por isso, ser constituídos por aços de características condizentes com a solicitação. Se no projeto de caldeiras não forem consideradas as condições de não homogeneidade de temperatura de trabalho das superfícies de aquecimento, poderá haver risco de fluência e/ou ruptura dessas partes submetidas à pressão, devido ao emprego de aços poucos resistentes às solicitações impostas (ALTAFINI, 2002).

b) Uso de aços com defeitos.

Segundo Altafini (2002, p. 15), o processo de laminação utilizado na obtenção de chapas e de tubos é aquele que mais pode determinar a inclusão de defeitos, é comum na produção de chapas ocorrer a chamada dupla laminação, consistindo de vazios no interior do aço. Após sucessivas passagens pelos laminadores, esses vazios adquirem um formato longitudinal ao longo da chapa, dando a impressão de se ter chapas sobrepostas, esses defeitos fazem com que as chapas não resistam às cargas térmicas e/ou mecânicas previstas no projeto.

Dos processos utilizados para a produção de chapas e de tubos, a laminação é destacável pela possibilidade de inclusão de defeitos, é frequente ocorrer em chapas o defeito denominado “dupla laminação”, que consiste em vazios no interior do material, que, após sucessivas passagens

em laminadores, adquirem um formato longitudinal ao longo da chapa, fazendo com que esta se comporte como se fosse um par de chapas sobrepostas. Defeitos dessa natureza fazem com que as chapas não resistam às cargas térmicas e/ou mecânicas previstas no projeto. (GYURKOVITS, 2004, p. 22).[grifos do autor]

c) Prolongamentos excessivos dos tubos.

Conforme Altafini (2002), isso ocorre com muita frequência nas caldeiras fumotubulares, em que tubos expandidos nos espelhos são deixados com comprimento excessivo para dentro das caixas (câmaras) de reversão. Esses prolongamentos exagerados prejudicam a reversão de fluxo dos gases quentes, determinando pontos de superaquecimento, cuja consequência é o aparecimento de fissuras nos tubos e/ou nas regiões entre furos dos espelhos.

d) Queimadores mal posicionados.

Os aços das chapas e dos tubos de caldeiras admitem aquecimento a até algumas centenas de graus Celsius, sem perderem totalmente suas propriedades mecânicas. As chamas de queimadores podem atingir valores de temperatura de até 1.000°C, de modo que o mau posicionamento do queimador pode determinar a incidência direta da chama sobre alguma superfície, propiciando o superaquecimento e a fluência do material. A consequência disso pode ser a deformação lenta e gradual da caldeira ou a explosão eminente, o que depende da ocorrência de outros fatores (ALTAFINI, 2002).

Quando os queimadores se encontram instalados fora do seu alinhamento longitudinal, as chamas “lambem” a fornalha, potencializando, portanto, o risco desse tipo de superaquecimento. A questão do posicionamento dos queimadores é muito mais complexa quando estes são dos tipos tangenciais, que produzem o turbilhonamento dos gases, no centro da câmara de combustão. (GYURKOVITS, 2004).

e) Incrustações.

As incrustações são deposições de sólidos sobre as superfícies de aquecimento, no lado da água, devido à presença de impurezas tais como: sulfatos,

carbonatos de cálcio e/ou magnésio, silicatos complexos (contendo ferro, cálcio, alumínio e sódio) e sólidos em suspensão. Tais incrustações podem resultar de tratamentos inadequados da água da caldeira (borras de fosfato de cálcio ou magnésio) e de óxidos de ferro não protetores (ALTAFINI, 2002).

Uma vez que a incrustação se comporta como isolante térmico (a condutividade térmica dos depósitos minerais é muito baixa, aproximadamente 45 vezes inferior a do aço), ela não permite que a água refrigere o aço, ou seja, há menor transferência de calor do aço para a água, e com isso, o aço absorve calor sensível, isto é, sua temperatura se eleva proporcionalmente à quantidade de calor recebida. Nos casos de incrustações generalizadas há um agravamento da situação para manter-se a água na temperatura de ebulição, pois é necessário o aumento do fornecimento de calor no lado dos gases, causando ebulição (GYURKOVITS, 2004).

Segundo Gyurkovitz (2004), com o aumento da temperatura interna, podem ocorrer as seguintes conseqüências:

- Acentuamento do risco de explosão, devido o aumento da temperatura do aço, que é previsto para trabalhar em temperaturas da ordem de 300°C, porém acaba recebendo uma exposição de até 500°C, fora dos limites de resistência.
- A camada incrustante pode romper e soltar-se, fazendo a água entrar em contato direto com as paredes do tubo em alta temperatura provocando a expansão repentina da água, conseqüentemente ocorrendo à explosão.
- Corrosão, devido à porosidade da camada incrustante e a possibilidade da migração de agentes corrosivos para sua interface com o aço.
- Operação em marcha forçada, devido a potência insuficiente para atender a demanda de vapor, desta maneira intensificando o fornecimento de energia à fornalha.

f) Falta de água nas regiões de transmissão de calor.

Para Altafini (2002), o contato da água com o aço é fundamental para mantê-lo refrigerado, portanto, é essencial que o calor recebido pelas superfícies de aquecimento seja transferido para água, sem provocar aumento excessivo da temperatura do aço, pois no lado da água, o processo de vaporização acontece a pressão constante. No caso de haver falta de água em alguma parte da caldeira, o

processo a temperatura constante cessará neste local, a partir do que se dará início uma transferência de calor sensível, com aumento da temperatura, isso provocará o superaquecimento do metal e, como conseqüência, a perda de resistência. Assim, para Altafini (2002, p. 15), “a maior parte das explosões em caldeiras é devido à falta de água nas regiões de transferência de calor”.

Há necessidade rigorosa de que o calor recebido pelos tubos e pelas chapas seja transferido para a água, pois somente assim será mantido o processo de transferência de calor sem que haja aumento de temperatura e que todo calor recebido pela água será empregado para sua vaporização à temperatura constante, determinada pela pressão. Havendo, portanto, falta de água em determinada região, cessará nesse local o processo a temperatura constante, e terá início um processo de transferência de calor sensível, com a elevação da temperatura, que provocará o superaquecimento do aço, e sua conseqüente perda de resistência (GYURKOVITS, 2004).

Os principais motivos para a falta de água são:

- **Má circulação da água:** Nas caldeiras aquotubulares em que a circulação da água se faz de modo natural, a diferença de densidade entre as partes mais quentes da água e as partes menos quentes, é a força motriz responsável pela movimentação da água no interior do equipamento. Altafini, (2002, p. 15). [grifos no original]

A circulação de água nas caldeiras é, na grande maioria dos casos, natural, isto é a diferença de densidade entre a água nas partes mais quentes e nas partes menos quentes é que coloca a água em circulação. As moléculas mais quentes dilatam-se e proporcionalmente a esse aumento de volume, decresce a densidade (GYURKOVITS, 2004).

Na prática, para algumas pressões de trabalho, é necessária a utilização de bombas para forçar a circulação da água, pois cada tubo deve ser atravessado por uma quantidade de água suficiente para refrigerá-lo, pois é preciso encontrar um bom equilíbrio da vazão de água. A rugosidade, as corrosões e os depósitos internos são fatores que reduzem a vazão de água nos tubos, podendo prejudicar a refrigeração. Nas caldeiras fumotubulares é estabelecido em regime normal uma circulação de água, porém se a velocidade da água for deficiente, pode determinar um aumento de

temperatura formando-se bolhas de vapor, isolando termicamente a parede da fornalha da água da caldeira (ALTAFINI, 2002).

Essa falta de refrigeração da fornalha tem maior probabilidade de ocorrer no momento de recolocação da caldeira em marcha, pois, segundo Gyukovits (2002, p. 32), “quando a caldeira está fria e sua potência de partida for excessiva, é necessário, portanto, tempo suficiente para que a circulação natural interna se estabeleça”.

- **Falha operacional:** Segundo Gyurkovits (2004), as caldeiras modernas podem trabalhar basicamente de dois modos: automáticas ou manualmente, bastando para isso que o operador selecione, por meio de comandos, as posições automáticas ou manuais. Na posição automática, a caldeira tem suas variáveis controladas por meio de malhas e controles de instrumentação. Através destas malhas, as caldeiras trabalham atualmente com um grau de controle cada vez mais elevado, exigindo menor quantidade de intervenções dos operadores.

Para Altafini (2002) as caldeiras industriais de última geração são totalmente automatizadas, sendo todo o funcionamento controlado por instrumentação, exigindo pouca ou quase nenhuma intervenção do operador, porém, exigindo maior qualificação e precisão dos operadores destes equipamentos. O sistema regulador de nível da água, que comanda o funcionamento dos queimadores e das bombas de alimentação de água, é indispensável à mesmas, através de válvulas solenóides que bloqueiam o suprimento de combustível, desligando totalmente os queimadores. Os procedimentos de acendimento e de desligamento das caldeiras acontecem de forma manual, podendo ocasionar as falhas operacionais que resultariam na falha de alimentação da água para a caldeira, ocasionando assim superaquecimento e conseqüentemente a explosão. Este risco de falta de água, assim como leitura incorreta de mostradores, manômetros, termômetros, luzes indicativas, sinais sonoros, variação de temperatura, falta ou excesso de combustível, entre outros, estão diretamente relacionados a procedimentos inadequados realizados pelo operador ou falta de conhecimento técnico na operação, que contribuem nas falhas operacionais das caldeiras.

Na maioria dos casos, a posição manual é necessária para o acendimento ou partida e para o desligamento da caldeira, pois se para acendê-la fosse utilizada a posição automático, os controles admitiriam o máximo fornecimento de energia, uma vez que usualmente são comandados pela pressão de vapor, levando a conseqüências desastrosas. Nessa posição, o risco de falta de água está associado a procedimentos inadequados do operador, ou seja, especificamente, não aumentar a vazão de fornecimento de água quando o nível tende a descer. Falhas dessa natureza geralmente decorrem de falsas indicações de nível ou imperícia na condução do equipamento (GYURKOVITS, 2004).

2.3.1.2 Choques térmicos como causas de explosões

Altafini (2002, p. 17), assevera que:

“Os choques térmicos acontecem em virtude de freqüentes paradas e recolocação em marcha de queimadores. As caldeiras suscetíveis a essas condições são aquelas que possuem queimadores com potência excessiva ou queimadores que operam em on-off, ou seja, que não modulam a chama. As incrustações das superfícies também favorecem os efeitos dos choques térmicos.”

Choques térmicos também podem ocorrer se a alimentação da caldeira é feita com água fria (temperatura inferior a 80 °C), em condições descontínuas e com a entrada de água nas regiões mais frias da caldeira. Constata-se com mais freqüência esse tipo de incidente, em caldeiras flamotubulares e, particularmente, naquelas que possuem câmaras de reversão traseira seca. São registradas também ocorrências de choques térmicos em virtude de falha operacional, quando após um rebaixamento excessivo de nível, por uma razão qualquer, o operador injeta água fria, tentando restabelecer o nível normal, nesses casos, a medida correta a ser adotada é a cessação imediata do suprimento de emergência à caldeira (GYURKOVITS, 2004).

Falha operacional pode também contribuir para a ocorrência de choques térmicos. Isso pode acontecer quando após uma redução excessiva do nível de água, por um motivo qualquer e com parte da superfície de aquecimento sem

refrigeração, o operador faz injetar água na tentativa de restabelecer o nível normal. Em situações como esta, deve-se adotar como medida correta a cessação imediata do abastecimento de combustível aos queimadores (ALTAFINI, 2002).

2.3.1.3 Defeitos de mandrilagem como causas de explosões

Para Altafini (2002) a mandrilagem é a operação de expansão dos tubos junto aos furos dos espelhos da caldeira, ou seja, nas extremidades dos tubos, através de um dispositivo cônico chamado mandril e que gira em torno de seu eixo axial. Através da mandrilagem os tubos ficam ancorados, com a estanqueidade devida, nos espelhos das caldeiras fumotubulares ou nas paredes do tubulão das caldeiras aquotubulares. A estanqueidade pode ficar comprometida, se no momento da mandrilagem houver corpos estranhos na superfície externa da extremidade dos tubos ou nas paredes dos furos. Problemas podem também ocorrer se o processo de mandrilagem não for bem controlado, promovendo o aparecimento de trincas nos espelhos (entre furos) e/ou nos tubos.

Gyurkovits (2004) considera que a mandrilagem consiste na introdução do tubo no furo dimensionado para recebê-lo, e em seguida, na expansão da extremidade do tubo por meio de um mandril, dispositivo cônico que gira em torno de um eixo axial. Tem a finalidade de ancorar o tubo no espelho, nas caldeiras flamotubulares, ou tubulões nas caldeiras aquatubulares, com a devida estanqueidade. Uma vez que a vedação na interface tubo-furo é garantida pelas descontinuidades microscópicas do aço, há o risco de vazamentos, se houver acabamento excessivo ou insuficiente no furo ou na superfície externa do tubo. Outro risco decorrente da expansão é o de trincar as chapas ou os tubos se a operação não for devidamente controlada, nesses casos, os roletes do mandril, entram excessivamente e estouram as chapas nas regiões entre furos ou rompem as extremidades dos tubos.

2.3.1.4 Falhas em juntas soldadas como causa de explosões

Segundo Gyurkovits (2004), as operações de soldagem são numerosas na fabricação de caldeiras; soldagem de virolas para a confecção de tubulões, soldas de tubos, soldas de costados, pedestais, etc., falhas em juntas soldadas potencializam os riscos de explosão da caldeira, uma vez que podem representar áreas de menores resistências.

Para Altafini (2002) o processo de soldagem é muito aplicado na fabricação de caldeiras, como soldas de tubos, soldas de espelhos, soldas de tubulões, de reforços, de estais, etc. Portanto, falhas em juntas soldadas aumentam os riscos de acidentes nas caldeiras, pois representam regiões de menor resistência do metal.

De modo geral, o Instituto Internacional de Solda classifica os defeitos em grupos:

- Grupo 1 – Fissuras ou trincas;
- Grupo 2 – Cavidades;
- Grupo 3 – Inclusão de escória;
- Grupo 4 – Falta de fusão e de penetração;
- Grupo 5 – Defeitos de forma.

Qualquer que seja o processo de soldagem, esse deve ser executado por soldadores qualificados e segundo processos reconhecidos por normas técnicas específicas. Após as operações de soldagem, as caldeiras deveriam passar por tratamentos térmicos de alívio de tensões ou de normalização, para minimizar as tensões resultantes do processo de solda. Para garantir segurança à caldeira desde sua construção, é fundamental que suas juntas soldadas sejam controladas por ensaios não destrutivos, tal como o exame radiográfico (ALTAFINI, 2002).

2.3.1.5 Alterações na estrutura metalográfica do aço como causa de explosões

Segundo Altafini (2002) devido à alta capacidade de produção de vapor, ocorre nas caldeiras que operam a pressões elevadas, a decomposição da água, com o consequente desprendimento de oxigênio e de hidrogênio.

O hidrogênio, difundindo-se no aço, age sobre a cementita (carboneto ou carbeto de ferro - Fe_3C), que, por ser muito dura e quebradiça, é responsável pela dureza e pela resistência do aço carbono. Dessa ação, ocorre a decomposição da cementita em ferrita, ferro que apresenta estrutura cúbica de corpo centrado, e carbono, diminuindo assim, a resistência do aço. Como agravante dessa ação do hidrogênio, ocorre ainda sua reação com o carbono, gerando gás metano, que provoca o empoamento do aço, ou seja, a formação de protuberâncias superficiais. Nas serpentinas de superaquecedores, que operam em temperaturas acima de 450 Cº há possibilidade de ocorrência da garfitização do carbono existente no aço (GYURKOVITS, 2004).

2.3.1.6 Corrosão como causa de explosões

A corrosão constitui um dos mais importantes fatores de deterioração de caldeiras, segundo Gyurkovits (2004). Um dos principais responsáveis pela degradação das caldeiras é a corrosão. Ela age como um importante fator de detectada pelos instrumentos de operação da caldeira. Ou seja, os pressostatos e as válvulas de segurança não conseguem detectar sua evolução por que não é acompanhada por elevação de pressão de trabalho. A corrosão avançada das partes da caldeira pode ser causa de explosões até mesmo em pressões inferiores à PMTA – Pressão Máxima de Trabalho Admissível. Desse modo, o avanço da corrosão em caldeiras só pode ser detectado por meio de inspeções minuciosas do equipamento, motivo pelo qual são obrigatórias por lei.

As corrosões nas caldeiras podem ocorrer tanto internamente, partes em contato com a água, como externamente, partes em contato com os gases:

a) Corrosão interna.

Esse tipo de corrosão se processa de várias maneiras, segundo vários mecanismos, entretanto, segundo Gyurkovits (2002, p. 43), “são sempre consequência direta da presença de água, características, impurezas presentes e comportamento, quando em contato com o ferro, nas diversas faixas de temperaturas”. As corrosões internas podem ser caracterizadas, como:

- **Oxidação generalizada do ferro:** O aço dos tubos e chapas antes da colocação em marcha das caldeiras apresenta uma fina camada, da ordem de 50 microns, protetora contra a corrosão, chamada magnetita (Fe_3O_4), que apresenta uma coloração escura, densa e aderente. No funcionamento da caldeira, essa camada protetora está constantemente sendo quebrada e reconstruída e é muito resistente à alguns agentes químicos, como ácido nítrico. Entretanto, quando sofre a ação de agentes físicos, tais como choques térmicos e dilatações e/ou a ação de agentes químicos, tal como a soda cáustica, oxigênio, quelantes de tratamentos de água, etc., a magnetita deixa de existir e inicia-se a oxidação do ferro, resultando na formação de outros óxidos não protetores do aço (GYURKOVITS, 2004).
- **Corrosão galvânica:** Ocorre quando dois metais diferentes estão em presença de um eletrólito, gerando uma diferença de potencial e, de consequência, um fluxo de elétrons. Nas caldeiras, o par galvânico pode ser originado quando partes metálicas de cobre ou de níquel ou outro metal se desprendem pela erosão, cavitação de tubulações ou de rotores de bombas e se alojam em ranhuras ou pequenas folgas entre as partes da caldeira. O aço, atuando como anodo, é o elemento mais prejudicado quanto à corrosão (ALTAFINI, 2002).
- **Corrosão por aeração diferencial:** Isso ocorre em geral, nas caldeiras fumotubulares em que o oxigênio dissolvido na água provoca corrosão dos tubos superiores, os tubos submersos estão submetidos a menores concentrações de O_2 , comparados à região acima da superfície da água. Essa diferença de concentração de O_2 forma uma pilha em que o anodo é

formado pela parte menos aerada, como na pilha galvânica, o anodo, nesse caso, é também a região que apresenta corrosão mais severa, e, sendo localizada, viabilizará o aparecimento de pites, cavidade na superfície metálica com fundo angular e profundidade maior que o seu diâmetro, ou alvéolos, cavidade na superfície metálica com fundo arredondado e profundidade menor que seu diâmetro. Nas caldeiras aquotubulares a aeração diferencial ocorre no tubulão superior e nos purificadores de vapor (ALTAFINI, 2002).

- **Corrosão por aeração diferencial:** Concentrações elevadas de cloretos também causam corrosões em virtude de sua migração para fendas ou áreas sem proteção de magnetita, ou ainda, sob camadas de depósitos porosos quando estes se formam nas paredes dos tubos. O cloreto de magnésio, em particular, se hidrolisa, dando origem ao ácido clorídrico, que ataca quimicamente o aço das caldeiras. Cloretos, de um modo geral, na presença de oxigênio, contribuem com a reação da magnetita com o oxigênio, dando origem ao Fe_2O_3 , óxido não protetor (GYURKOVITS, 2004).
- **Fragilidade caustica:** Segundo Altafini (2002), esse é um modo de corrosão em que o hidróxido de sódio, soda cáustica, em concentrações acima de 5%, migra para fendas ou outras partes em que não exista a camada protetora de magnetita e reage diretamente com o ferro.
- **Corrosão por gases dissolvidos:** A água da caldeira pode se contaminar com gases, especialmente com o gás sulfídrico (H_2S), decorrentes da poluição atmosférica ou pelo seu tratamento com sulfito de sódio. O H_2S reage com o ferro dando origem a sulfeto de ferro (FeS), que se apresenta sob a forma de manchas pretas. O gás carbônico (CO_2) torna a água ligeiramente acidificada, viabilizando a formação de pites. Outro fator que também age na redução da espessura é a erosão. Esse fenômeno pode acontecer de diversas maneiras nas caldeiras, tais como: na alimentação da água pela bomba em que o jato de entrada, podendo conter partículas pesadas (areia, partes metálicas, etc.), incide sobre a parede externa da fornalha, causando seu desgaste (ALTAFINI, 2002).

Segundo Altafini (2002), a erosão pelo vapor pode acontecer em sedes de vedação de válvulas de segurança. Essas válvulas são normalmente fabricadas para resistir à ação abrasiva da passagem do vapor em regime de solicitações normais, ou seja, quando a válvula é aberta apenas em situações de emergência e de testes. Entretanto, quando outros controles de pressão não se encontram disponíveis ou têm o funcionamento comprometido por qualquer razão, a válvula de segurança deixa de ser um acessório de emergência e passa a funcionar com maior frequência, desgastando de modo excessivo e reduzindo muito a vida útil do disco de assentamento. Nas caldeiras aquatubulares a erosão é freqüentemente ocasionada por sopradores de fuligem desalinhados, que direcionam o jato de vapor sobre os tubos, em vez de fazê-lo entre eles.

Gyurkovits (2004, p. 47) nota que:

Quando a erosão e a corrosão se associam, os efeitos danosos são muito mais intensos que a soma de cada um, se agirem isoladamente. A cavitação, embora não seja comumente relacionada como causa de explosões, é também um processo de degeneração de materiais que, associados ou não à corrosão, também tem como conseqüências à redução de espessuras, seu mecanismo é caracterizado pela ação dinâmica resultante da continua formação e colapso de bolhas de gases ou vapores do meio líquido sobre uma superfície, sendo sua ocorrência muito comum em bombas centrifugas (com pressão de sucção deficiente), dobras, cotovelos e derivações de tubulações, válvulas, impelidores, etc.

b) Corrosão externa.

Segundo Altafini (2002,) esse tipo de corrosão acontece nas superfícies expostas aos gases de combustão e é função do combustível utilizado e das temperaturas. Nas caldeiras aquotubulares, aponta o autor (2002, p. 22) “as superfícies de aquecimento mais quente são aquelas do superaquecedor e do reaquadecor, podendo ocorrer corrosão tanto nas caldeiras que queimam óleo como carvão”. Os fenômenos de corrosão que se exercem sobre a face exposta aos gases de combustão dependem dos combustíveis empregados e das temperaturas. As zonas mais aquecidas das caldeiras ocorrem nos superaquecedores e nos ressuperaquecedores, e as corrosões nessas áreas podem ocorrer não só nas caldeiras a óleo, como também as caldeiras a carvão. Os mecanismos de corrosão dependem do combustível, mas em todos os casos os depósitos fluidos de cinzas

que se formam sobre os tubos desempenham um papel essencial de propagação de corrosão (GYURKOVITS, 2004).

Para Altafini (2002), outro fator que contribui para a corrosão externa é o ar atmosférico. Caldeiras instaladas em regiões muito úmidas, locais próximos ao mar e em atmosferas fortemente poluídas, apresentam corrosão externa, de modo generalizado, em todas as suas partes, tais como chaparias, colunas, escadas, plataformas, etc.

2.3.1.7 Aumento de pressão como causa de explosões

A pressão do vapor em uma caldeira é função direta da quantidade de energia disponível na fornalha pela queima do combustível e que é transmitida à água. Desse modo, a pressão interior da caldeira dependerá basicamente da atuação do queimador. No entanto, o queimador não se constitui no único responsável pelo aumento de pressão na caldeira. A bomba de alimentação, por exemplo, injeta água com pressão superior àquela de trabalho. “Se a vazão com que a bomba alimenta a caldeira for maior que aquela de saída do vapor, o nível de água sobe e a pressão de trabalho aumenta” (ALTAFINI, 2002, p. 23).

Durante a operação normal da caldeira, a pressão é mantida dentro de seus limites pelos seguintes sistemas:

- **Sistema de modulação de chama:** Segundo Altafini (2002), este é um sistema constituído por um pressostato modulador de chama, um servo-motor e um conjunto de registros. O pressostato possui um diafragma ou fole que se estende com o aumento da pressão e que aciona os contatos que emitem o sinal elétrico para o acionamento do servomotor. Esse transmite movimento a alavancas, que acionam os registros, alterando a vazão de combustível e a vazão de ar. Com isso, a alimentação do queimador fica modificada e obtêm-se a modulação de chama, ou seja, sua redução nos momentos de pressões elevadas e sua intensificação nos momentos de pressões baixas.

- **Sistema de pressão máxima:** Segundo Gyurkovits (2004) esse é um dos sistemas de segurança das caldeiras e, como tal, age abruptamente, e é composto por um pressostato e uma válvula solenóide. Quando o pressostato é pressionado, a alimentação elétrica da bobina da válvula solenóide é cortada, seu campo magnético é desfeito e, por gravidade, a haste ferromagnética cai, fechando a válvula que dá passagem ao combustível para o queimador. Quando a pressão normal se restabelece, o pressostato fecha novamente o circuito, a bobina é energizada e o campo magnético criado atrai a haste ferromagnética, abrindo a válvula.
- **Válvula de segurança:** De acordo com Altafini (2002) essas válvulas têm a função de deixar sair o vapor quando a pressão ultrapassa a PMTA, fazendo diminuir a pressão interna.
- **Sistema manual:** Ainda de acordo com Altafini (2002), conforme for a indicação de pressão no manômetro da caldeira, o operador tem condições de acionar os vários dispositivos para intervir, onde for necessário, para manter a pressão interna da caldeira: queimador, bomba de alimentação ou mesmo na válvula de segurança. Por meio dessa última, o vapor pode ser liberado à atmosfera manualmente, através do acionamento da alavanca da válvula.

Com todas essas possibilidades, conjugadas ou não, é de se esperar que as caldeiras tenham grande chance de ser operadas com segurança, porém, mesmo assim, há inúmeros casos de explosões causadas por falhas. A possibilidade de falhas em pressostatos pode ser de natureza mecânica, como o bloqueio de sua comunicação com a caldeira ou a deterioração do diafragma ou de natureza elétrica, pelo colamento dos platinados (GYURKOVITS, 2004).

Para que possam funcionar de forma adequada, as válvulas de segurança devem ser fabricadas com um sistema de controle de qualidade extremamente rigoroso, com molas precisamente testadas, dimensões minuciosamente calibradas, concentricidade dos elementos e vedações perfeitas, caso contrário, poderão não fechar após o alívio da pressão, ou, ainda mais grave, não abrir no momento em que se necessita da sua

abertura. De acordo com Altafini (2002), normalmente, a válvula de segurança opera após o sistema de pressão máxima não ter funcionado, ou seja, se a válvula de segurança não funcionar, a segurança do sistema estará bastante comprometida, restando apenas o sistema manual como possível controle da situação.

Falhas no sistema manual, segundo Altafini (2002, p. 24), “são decorrentes de defeitos em instrumentos de indicação de pressão e de nível, ou nos dispositivos de controle, ou, ainda, de procedimentos inadequados por parte do operador”.

2.3.1.8 Gases como causas de explosões

Gyurkovits (2004, p. 55) afirma que:

As explosões no lado dos gases são originadas por uma reação química, ou seja, pelo processo de combustão. Esse processo além de ocorrer exotermicamente acontece em um tempo muito pequeno, cuja consequência é o aumento rápido e violento da pressão em um espaço restrito. As explosões dessa natureza acontecem com frequência nas caldeiras que operam com combustíveis líquidos e gasosos. As névoas de líquidos inflamáveis ou de óleos combustíveis aquecidos apresentam comportamento similar às dispersões gasosas inflamáveis. Quando entram em contato com o ar, formam uma mistura que entra em combustão instantânea, se a relação ar/combustível estiver dentro do limite de inflamabilidade do combustível e se houver uma pequena fonte de calor para a ignição. As caldeiras aquotubulares, em face da complexa disposição do circuito dos gases, favorecem a existência de zonas mortas, onde pode ocorrer acúmulo de gases não queimados.

As explosões no lado dos gases acontecem com frequência na recolocação manual em marcha da caldeira, quando é promovida a ignição com retardo, ou sem purga prévia, condição em que a fornalha se encontra inundada com a mistura combustível-comburente. Explosões podem ocorrer durante o funcionamento da caldeira devido à falta de limpeza dos queimadores, presença de água no combustível ou, ainda, a carbonização do óleo no queimador pode levar à interrupção da alimentação do combustível. Essa falha, associada ou não a falhas no sistema de alimentação de ar, pode causar perda momentânea da chama. Com isso, o interior da fornalha ficará enriquecido com a mistura e a explosão ocorrerá, deflagrada pelo sistema de ignição ou por partes incandescentes da fornalha, ou

ainda, por outro queimador, no caso de a perda da chama ocorrer em um queimador, enquanto outros funcionam (ALTAFINI, 2002).

Segundo Gyurkovits (2004), existem válvulas de alívio, instaladas nos espelhos dianteiros de caldeiras flamotubulares que se mantêm fechadas por meio da pressão de molas durante o funcionamento normal da caldeira, e que abrem para fora, quando a pressão da fornalha supera a pressão exercida pelas molas. São previstas para abrir às pressões das explosões no lado dos gases e dar alívio, minimizando seus efeitos, porém esse resultado nem sempre é alcançado, dada a violência com que as explosões ocorrem, fazendo voar até os espelhos, em certos casos. Há casos também de pequenas explosões em que essas válvulas são lançadas fora, e como se localizam geralmente à altura do corpo ou da cabeça dos operadores, criam riscos adicionais.

2.3.2 Outros Riscos de Acidentes

Para Altafini (2002), outras condições determinam situações de risco de acidentes no ambiente das caldeiras, em particular, para os operadores. Uma das situações é o risco de queimaduras na sala de caldeiras por água quente, vapor, óleo aquecido, tubulações e depósitos desprotegidos, etc. Deve-se considerar ainda, o risco de queimaduras por contato com produtos cáusticos, normalmente empregados para neutralizar o PH da água da caldeira, como o hidróxido de sódio e outros produtos químicos.

Na casa de caldeira ou nas caldeiras instaladas ao tempo, há riscos consideráveis de quedas de mesmo nível, em virtude de óleo impregnado no piso ou de poças de óleo, se o local de trabalho não for convenientemente limpo. As quedas de níveis diferentes representam maiores perigos, pois existem caldeiras de diversos tamanhos, podendo atingir alturas de até dezenas de metros. Nessas caldeiras há necessidade de acesso do operador a diversos níveis, seja para observação de visores de fornalha, de sistemas de alimentação, de válvulas, etc (GYURKOVITS, 2004).

Altafini (2002, p. 26) informa que:

Do ponto de vista ergonômico, as caldeiras têm evoluído muito nos últimos anos, existindo hoje, caldeiras que possuem câmaras de vídeo para que o operador possa observar e exercer à distância, e confortavelmente sentado à frente de um painel, o controle das fornalhas, do nível, dos sistemas de alimentação, etc., entretanto, essas não são em geral, as condições freqüentemente encontradas. Em termos ergonômicos, o corpo de um operador de caldeira é solicitado muitas vezes por movimentos desordenados e excessivos, localizados ou generalizados: visores mal posicionados, manômetros instalados em ângulos inadequados, válvulas emperradas e que possuem volantes exageradamente pequenos, regulagem de chamas que exigem operações interativas, etc.

Para Gyurkovits (2004), a presença de ruído de baixa freqüência dos queimadores e de alta freqüência proporcionados por vazamentos de vapor, acidentais ou intencionalmente provocados pelas válvulas de segurança, constitui um espectro sonoro peculiar e variável ao longo da jornada de trabalho. Desconforto térmico nas operações de caldeiras é muito freqüente e de fácil constatação, porém a sobrecarga térmica para ser identificada, exige a análise de cada caso em particular, sendo necessário para tanto, não só avaliações com termômetros de globo e de bulbo úmido, como também exames médicos e acompanhamento individual. Há também riscos dos operadores terem os olhos expostos à radiação infravermelha em operações de regulagem de chama e em observações prolongadas de superfícies incandescentes. Fumaças, gases e vapores expelidos pela chaminé representam, em certas condições, riscos não somente aos operadores, como também à comunidade, ou seja, pelo risco de intoxicação por monóxido de carbono, por exemplo (ALTAFINI, 2002).

2.4 MEDIDAS DE SEGURANÇA E CONTROLE DE RISCOS EM CALDEIRAS

De acordo com a NR-13 (BRASIL, 2013) apud Campos (2011, p. 11) os dispositivos de segurança das caldeiras têm por finalidade proteger o pessoal e os equipamentos de possíveis falhas em seu funcionamento e a falta de um deles, constitui risco grave e iminente. Os principais são:

- Válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a Pressão Máxima de Trabalho Admissível;
- Manômetro, instrumento que indica a pressão do vapor acumulado;
- Injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido;
- Sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente.

Para Souza (2008), o principal fator de extrema importância para a segurança das atividades envolvendo estes equipamentos é o cumprimento as normas legais vigentes que, além de outros requisitos, exigem a qualificação do profissional operador e as inspeções sistemáticas. A obediência à legislação traz ao proprietário a segurança do processo e a boa conservação dos equipamentos, garantindo-lhe longa vida útil. Na maioria dos casos, os acidentes com caldeiras e vasos de pressão envolvem vítimas fatais, interrupção das atividades, custos com indenizações, reconstrução, além da aquisição de um novo equipamento. E se for constatada a não observância das normas de segurança, o proprietário, ou o seu preposto, no caso o engenheiro responsável pelas inspeções, estará sujeito a ser responsabilizado civil e criminalmente.

De acordo com Magrini (1985), para o melhor aproveitamento e rendimento da caldeira, deve-se regularmente executar as inspeções e manutenções preventivas por pessoal especializado. Os operadores de caldeiras devem acompanhar as inspeções e manutenções, pois assim irão se familiarizando e sanando as dúvidas quanto ao seu funcionamento e seguindo outros procedimentos importantes para os operadores tais como a leitura das instruções e do manual do fabricante, certificados, relatórios e folhas de ensaios relativos à caldeira.

Para Martinelli Jr (2002), os principais cuidados que devem ser tomados ao operar as caldeiras de combustíveis sólidos variam de acordo com as características de cada equipamento. Caldeiras de grande produção de vapor, com muitos dispositivos de controle e segurança, exigem mais do operador, entretanto, todas as caldeiras exigem acompanhamento constante e seguir os seguintes passos:

a) Antes de acender a caldeira:

- Verificar o nível de água no tanque de abastecimento;
- Verificar as posições das válvulas de entrada de água na bomba;
- Verificar o funcionamento da bomba, liga e desliga;
- Drenar os indicadores de nível, garrafa e visor, e testar o sistema de alarme;
- Drenar o distribuidor de vapor e superaquecedor, quando for o caso;
- Acionar a descarga de fundo rápido, observando o fechamento conveniente da válvula;
- Assegurar que a quantidade de combustível é suficiente para alimentar o fogo durante um determinado espaço de tempo, aproximadamente duas horas;
- Atear fogo e, ao alimentar a caldeira, tomar as devidas precauções para evitar danos ao refratário e grelhas.

b) No funcionamento da caldeira:

- Quando a pressão do vapor estiver próxima à pressão de trabalho, evitar o golpe de aríete abrindo lentamente a válvula de vapor;
- Observar atentamente o manômetro e o indicador de nível, ajustando-os, se necessário, aos padrões de segurança;
- O operador não deve afastar-se do local de trabalho. Não é recomendado que o operador da caldeira execute outras atividades;
- Acionar a descarga de fundo conforme recomendações de tratamento da água;
- Registrar as anotações diárias e verificar o funcionamento de todos os equipamentos e acessórios;
- Evitar queimar o lixo ou outro material estranho, pois pode ocasionar o entupimento das grelhas, superaquecimentos, explosões na fornalha, etc.;
- Acionar a descarga manual nas válvulas de segurança, no mínimo, uma vez por dia;

- Em caldeiras aquotubulares, limpar os tubos com soprador de fuligem;
- Tanto para caldeiras manuais como automáticas, não se deve perder de vista o controle do nível da água.
- Adicionar corretamente os produtos para tratamento da água;
- Seguir as instruções e colaborar com a CIPA;
- Manter o local de trabalho em ordem e organizado;
- Acionar o sistema alternativo de abastecimento de água;
- Fazer o controle de tiragem de CO₂ da combustão.

Martinelli Jr (2002) assevera que nas caldeiras de combustível líquido, todos os dispositivos para combustão, bombas de óleo, ignição, etc., bombas d'água e os sistemas de bloqueio e alarme, estão ligados a um painel de comando e a um programador. Embora, automáticos, estes dispositivos podem falhar reforçando a importância da norma que adverte o operador a não abandonar o seu posto de trabalho.

Como nas operações das caldeiras de combustíveis sólidos, as caldeiras de combustíveis líquidos também necessitam, segundo Martinelli Jr (2002), do cumprimento de alguns procedimentos:

- **Antes de ligar a caldeira:**

- Verificar os níveis dos tanques de água e de óleo combustível;
- Verificar a abertura das válvulas da rede de óleo;
- Ligar o aquecedor de óleo e controlar a temperatura;
- Drenar os controladores de nível, garrafa e visor, certificando-se, de que a bomba esteja ligando e desligando;
- Drenar o distribuidor de vapor e a serpentina do aquecedor de óleo;
- Verificar o posicionamento dos eletrodos de ignição;
- Verificar o estado das correias do ventilador;
- Verificar o compressor, lubrificação, refrigeração;
- Ventilar a fornalha para evitar acúmulos de gases explosivos.

- **No funcionamento da caldeira:**

- Quando a pressão estiver próxima à pressão de trabalho, evita-se o golpe de aríete abrindo-se lentamente a válvula de saída de vapor, ou distribuidor;
- Observar constantemente os manômetros do óleo, vapor e ar;
- Observar constantemente a temperatura do óleo;
- Verificar o abastecimento dos depósitos de água e de óleo;
- Observar a lubrificação do compressor;
- Acionar a descarga de fundo conforme recomendação do tratamento de água;
- Observar a combustão através dos visores e da chaminé;
- Fazer as anotações referentes aos equipamentos e acessórios, e observar o seu funcionamento com atenção;
- Manter a casa de caldeiras sempre limpa e organizada;
- Acionar os sistemas alternativos de abastecimento de água;
- Inspeccionar os vazamentos ou possíveis obstruções que possam existir no sistema de alimentação de água, ar ou combustíveis;
- Fazer o controle de tiragem de CO₂ da combustão;
- Seguir as instruções e colaborar com a CIPA;
- Quando parar a caldeira, no caso de utilizar óleo BPF, circular o óleo diesel ou querosene pela tubulação de óleo combustível até o queimador. Nesta operação evitar a circulação de óleo diesel ou querosene pelo tanque aquecedor.
- Caso o queimador apagar subitamente durante a operação normal da caldeira, jamais utilizar o calor das paredes ou de tochas para acendê-lo;
- Controlar a mistura combustível/comburente, evitando a formação de fumaça branca, excesso de ar, ou fumaça preta, excesso de óleo.

Martinelli Jr (2002), além das medidas de segurança indicadas anteriormente, elenca, em seguida, cuidados referentes a duas situações críticas às caldeiras:

- **Nível de água do reservatório alto:**

No caso do nível da água ficar muito alto, o vapor arrastará consigo água, prejudicando a sua qualidade e danificando possíveis equipamentos ligados à linha de vapor. Ocorrendo isso em qualquer tipo de caldeira, em primeiro lugar, e antes de qualquer outro ato, drenam-se os indicadores de nível, para certificar-se da situação. Caso confirmado o fato, dá-se descargas de fundo para ajustar o nível da água aos padrões normais de operação da caldeira.

- **Nível de água do reservatório baixo:**

É a mais séria e a mais freqüente das emergências em caldeiras. As causas podem ser falhas na bomba de alimentação, vazamentos no sistema, válvulas defeituosas, falhas no automático e no alarme de falta de água, etc. Quando faltar água na caldeira, a superfície imersa na água fica reduzida e a ação do calor provocará deformações nos tubos, vazamentos, danos no refratário e, no pior dos casos, uma explosão.

2.5 NR-13 – CALDEIRAS E VASOS SOB PRESSÃO

Segundo Leite e Militão (2008), a NR-13 (BRASIL, 2013) é uma norma do Ministério do Trabalho e Emprego do Brasil e tem como objetivo condicionar a operação de vasos de pressão e caldeiras. Foi criada em 08 de junho de 1978, sofrendo revisão em 08 de maio de 1984.

Altafini (2002) observa que, dentre os vários pontos importantes desta norma, a qual é centrada nas inspeções de segurança de caldeiras estacionárias a vapor, podem-se elencar algumas regulamentações fundamentais:

- É considerado Profissional Habilitado, aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento de operações e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão, em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país;
- As caldeiras serão, obrigatoriamente, submetidas à inspeção de segurança, interna e externamente, nas seguintes oportunidades:
 1. Antes de entrarem em funcionamento, quando novas, no local de operação;
 2. Após reforma, modificação, ou após terem sofrido qualquer acidente;
 3. Periodicamente, pelo menos uma vez ao ano, para caldeiras das categorias A, B e C. Estabelecimentos que possuam Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos podem estender os períodos entre inspeções de segurança, respeitando alguns prazos (vide NR-13 (BRASIL, 2013)).
 4. Ao ser recolocada em funcionamento, após intervalo de inatividade igual ou superior a seis meses consecutivos;
 5. Quando houver mudança de local de instalação;
 6. Ao completar 25 anos de uso, na sua inspeção subsequente, as caldeiras devem ser submetidas à rigorosa avaliação de integridade estrutural.
- Toda caldeira deve possuir no estabelecimento, onde estiver instalada, a seguinte documentação:
 1. Prontuário da caldeira - contendo diversas informações sobre o projeto e fabricação de caldeira (vide NR-13 (BRASIL, 2013));
 2. Registro de segurança - livro próprio com páginas devidamente enumeradas, contendo todas as ocorrências importantes, condições de segurança da caldeira e inspeções anteriores.
 3. Projeto de instalação;
 4. Projetos de alteração e reparo;
 5. Relatórios de inspeção - contendo algumas informações do Prontuário da Caldeira, tipo de inspeção executada, descrevendo as inspeções e

testes realizados, resultados e providências, nome legível, assinatura e CREA do Profissional Habilitado, etc.

6. Todos os documentos acima referidos devem estar à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção e de inspeção e do pessoal da CIPA, devendo o proprietário da empresa assegurar pleno acesso a esses documentos.

- Inspeccionada a caldeira e uma vez emitido o Relatório de Inspeção, uma cópia do mesmo deve ser encaminhado pelo Profissional Habilitado, num prazo de 30 dias, a contar do término da inspeção, à representação da categoria profissional predominante no estabelecimento.

A NR-13 (BRASIL, 2013) regulamenta, também, a inspeção de vasos de pressão, cujas disposições são similares às aquelas previstas para as caldeiras. A NR-13 (BRASIL, 2013) prevê ainda, no seu Anexo I-A, o currículo mínimo para os cursos de Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras e no Anexo I-B, o currículo mínimo para os cursos de Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Pressão. Ainda, no Anexo II, prevê os Requisitos para Certificação de Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos (ALTAFINI, 2002).

2.6 NR-28 – FISCALIZAÇÃO E PENALIDADES

A NR-28 (BRASIL, 2013), intitulada Fiscalização e Penalidades, define os procedimentos que devem ser adotados pelos agentes de inspeção do trabalho quando da realização de fiscalizações das condições de Segurança e Medicina do Trabalho e das penalidades a que estão sujeitos os infratores das normas referentes a este tópico (BRASIL, 2013).

Segundo Campos (2011), é evidente a necessidade de uma fiscalização mais rígida por parte dos órgãos competentes, porém, infelizmente a obrigatoriedade do cumprimento das legislações ainda não é vista como fator proativo e auxiliador, mas como investimento sem retorno.

Estão contidos nesta NR, os valores e critérios para aplicação de multas. Listam-se os seguintes fatores que compõem o valor a ser aferido (BRASIL, 2013):

- Número de empregados que a empresa possui;
- Gradação da infração, definida em tabela anexa a esta norma, para cada item das demais NR's;
- Tipo da infração, referindo-se à Segurança ou à Medicina do Trabalho, conforme quadro 2.

Segundo Souza (2012), esta NR não deixa claro quais são os critérios a serem utilizados pelos agentes de inspeção do trabalho, os auditores fiscais do trabalho, vinculados ao Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), para autuação das empresas devido a infrações, parecendo este processo ser amplamente discricionário. Porém, a norma determina que ao processo de autuação devam ser anexadas provas para a comprovação das infrações, como fotos, depoimentos e outros.

GRADUAÇÃO DE MULTAS (EM R\$)								
Número de Empregados	SEGURANÇA DO TRABALHO							
	I 1 ²		I 2		I 3		I 4	
	Minima	Máxima	Minima	Máxima	Minima	Máxima	Minima	Máxima
01 - 10	670,38	775,73	1201,37	1428,29	1799,39	2225,03	2396,35	2970,97
11 - 25	776,79	883,2	1483,36	1770,66	2226,1	2654,93	2972,03	3556,22
26 - 50	884,27	996	1771,73	2059,03	2655,99	3083,76	3546,77	4124,45
51 - 100	1025,79	1174,77	2060,1	2341,02	3084,83	3513,66	4125,52	4701,19
101 - 250	1175,83	1320,55	2342,08	2629,39	3514,72	3955,26	4702,26	5265,17
251 - 500	1321,61	1462,07	2630,46	2924,15	3957,39	4385,16	5266,23	5841,91
501 - 1000	1463,14	1603,6	2925,21	3213,58	4386,22	4815,05	5842,97	6419,72
Mais de 1000	1604,66	1751,51	3214,65	3494,5	4816,12	5244,95	6420,78	6708,09

Notas:
1: Com base no último valor do índice UFIR, extinta no ano 2000, em decorrência do §3º do Art. 29 da Medida Provisória 2095-76, correspondendo a R\$1,0641.
2: Grau ou gravidade de infração.

Quadro 2: Valores das multas - Anexo I - NR-28 (BRASIL, 2013).

Fonte: Adaptado do Anexo I da NR-28 (BRASIL, 2013)

3 METODOLOGIA

O presente trabalho caracteriza-se como um estudo de caso em uma indústria química, com a aplicação de uma lista de verificação dos principais itens contidos na NR-13 (BRASIL, 2013). Tal lista de verificação foi adaptada para aplicação específica sobre os itens que abordam o tópico caldeiras. Com base nos apontamentos levantados pela referida verificação, foram quantificados os percentuais de atendimento e não atendimento dos requisitos legais, bem como as penalidades aplicáveis aos não atendimentos a tais requisitos encontrados, simulando uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, tendo como base a NR-28 (BRASIL, 2013).

Segundo observado por Souza (2012), não há definições explícitas sobre os critérios para autuação e a definição das multas a serem aplicadas. Por isso, adotou-se nível intermediário de rigor na inspeção e como valor das multas a média dos valores da faixa de infração, que variam de acordo com a quantidade de trabalhadores na obra e o grau atribuído a cada infração da NR-13 (BRASIL, 2013) por tabela contida na NR-28 (BRASIL, 2013). A empresa avaliada possui 150 trabalhadores efetivos e 30 terceiros, a faixa adotada é a de 101 a 250 trabalhadores, para infrações referentes à Segurança do Trabalho, sendo estas as aplicáveis aos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), que corresponde aos valores ilustrados no Quadro 3.

101 - 250	I1	I2	I3	I4
Valor Multa - R\$	R\$ 1.248,19	R\$ 2.485,74	R\$ 3.734,99	R\$ 4.983,72

Quadro 3: Valores das multas, de acordo com o grau da infração.

Fonte: Autoria própria (2013)

3.1 CARACTERÍSTICAS GERAIS DA EMPRESA

A empresa estudada é localizada na Cidade Industrial de Curitiba, conta com um número de aproximadamente 150 funcionários efetivos e 30 funcionários terceirizados, distribuídos em três turnos de trabalho. Tem Classificação Nacional das Atividades Econômicas (CNAE) de número 20.99-1, fabricação de produtos químicos não especificados anteriormente, grau de Risco 3, conforme NR-04.

Pertence ao grupo C10, conforme quadro III da NR-05, e conta atualmente com o Serviço Especializado em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho (SESMT) com um técnico de Segurança do Trabalho. As duas caldeiras avaliadas são do tipo flamotubular, que são utilizadas na produção de vapor para os processos de produção e aquecimento das tubulações para escoamento das matérias primas e produtos acabados.

3.2 LISTA DE VERIFICAÇÃO DA NR-13 (CALDEIRAS)

Para a identificação da situação do atendimento ou não aos requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), optou-se pela elaboração e utilização de uma lista de verificação adaptada aos itens específicos desta NR, que abordam o tópico caldeiras, conforme Quadro 4, abaixo, e disponível no Anexo I deste trabalho, juntamente com entrevistas aos operadores e coordenadores da área de manutenção e responsáveis pela área de caldeiras. Entende-se que tal escolha é válida para o presente estudo por ser uma lista construída com os itens fidedignos aos requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), aprovada pela portaria 3214/78 do Ministério do Trabalho e Emprego.

De Cicco et al (2003) destacam o uso de listas de verificações como uma das diversas técnicas que podem ser utilizadas nas identificações de riscos. Para Faria (2009), a lista de verificação é composta por uma serie de perguntas relativas ao sistema em análise e seu objetivo é verificar a ocorrência de conformidades e, principalmente, de não conformidades, que poderiam colocar em risco o trabalhador, causar dano material ou prejuízos ao meio ambiente. Desse modo, segundo Oliveira et al (2011), o principal objetivo da lista de verificação é identificar os riscos através de uma avaliação padrão em alguma atividade em andamento, sendo o nível de detalhamento determinado de acordo com a necessidade ou risco da atividade em foco.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.1.4a	Possui válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA ?						
13.1.4b	Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?						
13.1.4c	Possui injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido?						
13.1.4e	A caldeira possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?						
13.1.5	A caldeira possui afixada em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação conforme requisitos da NR-13?						
13.1.5.1	Possui em local visível, a categoria da caldeira e seu número ou código de identificação?						
13.1.6.1	Quando inexistente ou extraviado, o "Prontuário da Caldeira" foi reconstituído pelo proprietário, com responsabilidade técnica do fabricante ou de "Profissionais Habilitados"?						
13.1.6.2	Em caso de venda ou transferência a documentação de caldeira acompanha a mesma.						
13.1.6.3	O proprietário da caldeira apresenta quando exigido pela autoridade competente do Órgão Regional do MTb, o seu prontuário?						

Quadro 4: Lista de verificação (Check-list)

Fonte: Adaptado da NR-13 (BRASIL, 2013)

3.3 TABULAÇÃO E APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Os apontamentos identificados pela verificação foram apresentados em sua plenitude e discutidos através de tabelas e gráficos na seção de resultados e discussões deste trabalho.

Os resultados encontrados na aplicação da lista de verificação foram apresentados e discutidos separadamente para cada uma das caldeiras avaliadas, utilizando-se gráficos para melhor compreensão e dimensão dos dados apresentados.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 CALDEIRAS AVALIADAS

O presente estudo foi realizado em duas caldeiras do tipo flamotubular, que são utilizadas na produção de vapor para aquecimento das tubulações, reatores de resinas e água para o processo de produção de resina uréia formol, resina uréia fenol e formaldeído.

4.1.1 Caldeira ATA GV – 403

A primeira Caldeira avaliada, do tipo flamotubular, possui identificação visível no seu corpo quanto à numeração para controle interno, capacidade de produção e PMTA, conforme figura 12 abaixo.



Figura 12: Caldeira ATA GV 403.

Fonte: Autoria própria (2013).

A caldeira avaliada possui, fixado em seu corpo, as placas de identificações, apresentadas na Figura 13.



Figura 13: Placas de identificação da Caldeira ATA GV 403.

Fonte: Autoria própria (2013).

No quadro 5, foram transcritas as principais informações das placas de identificação da Caldeira ATA GV 403.

Marca	ATA
Tipo	H3N
Modelo	H3N 28M
Ano de Fabricação	1995
Categoria da Caldeira	B
Localização	Sala de Caldeiras
Fabricante	ATA Combustão Técnica S/A - Petrópolis/RJ
N° Ordem	9187
Teste Hidrostatico	225 psi - 15,82 Kgf/cm ²
Capacidade	8000 Kg/h
Superfície de Aquecimento	315 m ²
PMTA	150 psig - 10,55 Kgf/cm ²

Quadro 5: Dados de Identificação da Caldeira ATA GV 403.

Fonte: Autoria própria (2013).

4.1.2 Caldeira TNG GV - 405

A segunda Caldeira avaliada, também do tipo flamotubular, possui identificação visível no seu corpo quanto à numeração para controle interno, capacidade de produção e PMTA, conforme figura 14.



Figura 14: Caldeira TNG GV 405.

Fonte: Autoria própria (2013).

A caldeira avaliada possui, fixado em seu corpo, as placas de identificações, apresentadas na Figura 15.

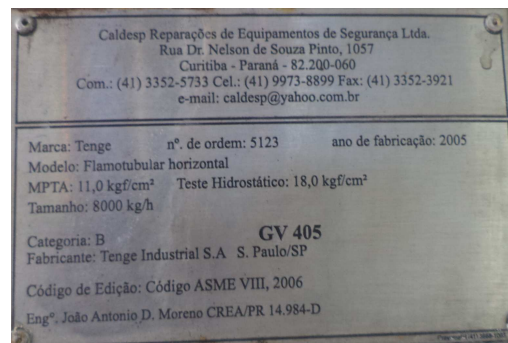


Figura 15: Placa de identificação da Caldeira TNG GV 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

No quadro 6, foram transcritas as principais informações das placas de identificação da Caldeira ATA GV 403.

Marca	TENGE
Tipo	Thermobloc
Modelo	TG-855ND
N° Série	513
Ano de Fabricação	2005
Categoria da Caldeira	B
Localização	Sala de Caldeiras
Fabricante	TENGE Industrial S/A - São Paulo/SP
N° Ordem	
Teste Hidrostatico	18,5 Kgf/cm ²
Capacidade	8000 Kg/h
Superfície de Aquecimento	173 m ²
PMTA	11,00 Kgf/cm ²

Quadro 6: Dados de Identificação da Caldeira TNG GV 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

4.2 LISTA DE VERIFICAÇÃO

Para fins do presente estudo, aplicou-se uma lista de verificação composta por 46 itens de atendimento à NR-13 (Brasil, 2013), voltada especificamente à identificação de possíveis não conformidades, segundo as exigências legais estabelecidas nesta NR, aplicadas às caldeiras.

Primeiramente, foi realizado o levantamento geral dos 46 itens e organizados em 5 grupos fundamentados na NR-13 (BRASIL, 2013), sendo:

- 13.1 – Caldeira a Vapor – Disposições Gerais;
- 13.2 – Instalação de Caldeiras a Vapor;
- 13.3 – Segurança na Operação de Caldeiras;
- 13.4 – Segurança na Manutenção de Caldeiras;
- 13.5 – Inspeção de Caldeiras.

4.3 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS DADOS

Para análise e discussão dos itens avaliados, trataram-se os dados e resultados para cada uma das caldeiras avaliadas.

4.3.1 Caldeira ATA GV – 403

A figura 16 apresenta o percentual geral de conformidade encontrado na Caldeira ATA GV – 403, respeitando os 5 grupos fundamentais relacionados no item 4.2 deste estudo.

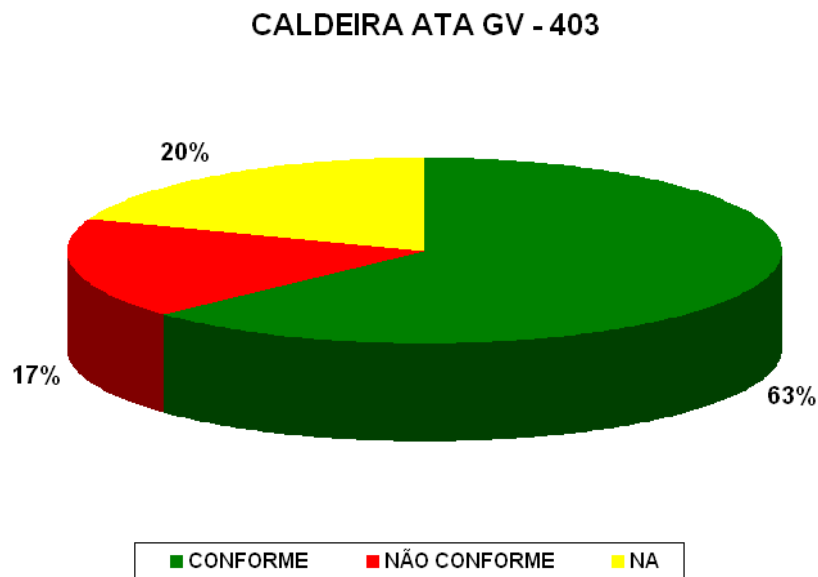


Figura 16: Percentual de conformidade dos itens relativos aos grupos 13.1, 13.2, 13.3, 13.4 e 13.5 da NR-13 – Caldeira ATA GV - 403.

Fonte: Autoria própria (2013)

Nesta primeira análise, identificou-se que 63% dos 46 itens avaliados atendem completamente o que diz a NR-13 (BRASIL, 2013), ou seja, 29 itens atendem os preceitos desta norma regulamentadora. 17%, ou seja, 8 itens não atendem as especificações desta mesma NR e 20%, ou seja, 9 itens avaliados não são aplicáveis a caldeira em análise.

Para obterem-se os resultados mais fidedignos com a realidade do equipamento avaliado em relação à NR-13 (BRASIL, 2013), analisaram-se e foram cotejados somente os itens da norma que realmente são aplicáveis, ou seja, que obtiveram resultado Conforme ou Não Conforme na aplicação da lista de verificação, correlacionando com o Anexo I da NR-28 (BRASIL, 2013), que define os valores de penalidades pelo não cumprimento dos itens das Normas Regulamentadoras, conforme apresentado na Tabela 1 e Figura 17.

Tabela 1 – Resultados Itens Avaliados Caldeira ATA GV - 403.

CALDEIRA ATA GV - 403				
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Nº Itens Conforme	Nº Itens Não Conforme	% Atendimento
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	10	7	2	70,00
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	8	7	1	87,50
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	5	2	3	40,00
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	2	1	1	50,00
13.5 - Inspeção de Caldeiras	13	12	1	92,31
Total	38	29	8	76,32

Fonte: Autoria própria (2013)

Analisando-se os dados após a exclusão dos itens não aplicáveis, chegou-se aos seguintes resultados:

- Total de 38 itens avaliados;
- 29 itens, ou seja, 76,32% de atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- 08 itens, ou seja, 23,68% de não atendimento a NR-13 (BRASIL,

CALDEIRA ATA GV - 403

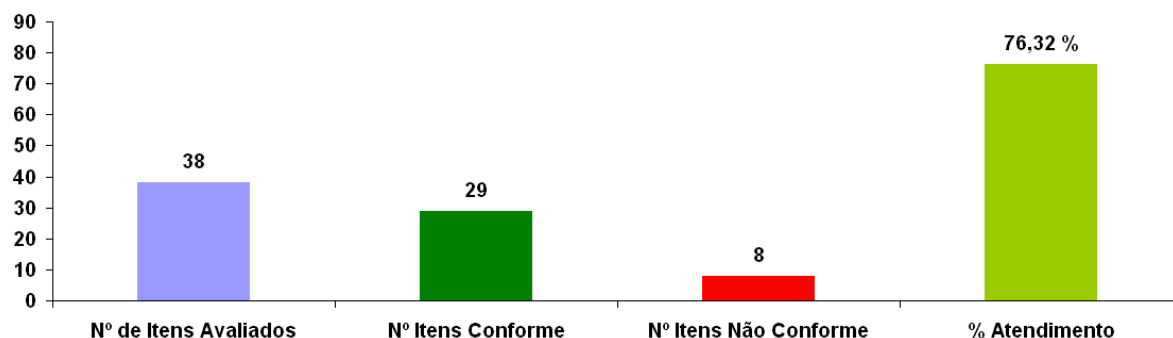


Figura 17: Percentual de conformidade dos itens relativos à tabela 1.

Fonte: Autoria própria (2013)

Os 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), foram identificados segundo os critérios da NR-28 (BRASIL, 2013) e os seus respectivos valores mensurados, supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, conforme Tabelas de 2 a 6.

4.3.1.1 Disposições gerais

Na tabela 2, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Disposições Gerais aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 2 – Disposições Gerais - Caldeira ATA GV - 403.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.1.4a	Possui válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA ?	X			4		
13.1.4b	Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?	X			4		
13.1.4c	Possui injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido?	X			4		
13.1.4e	A caldeira possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.000,00
13.1.5	A caldeira possui afixada em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação conforme requisitos da NR-13?	X			1		
13.1.5.1	Possui em local visível, a categoria da caldeira e seu número ou código de identificação?	X			1		
13.1.6.1	Quando inexistente ou extraviado, o "Prontuário da Caldeira" foi reconstituído pelo proprietário, com responsabilidade técnica do fabricante ou de "Profissionais Habilitados"?			X	3		
13.1.6.2	Em caso de venda ou transferência a documentação de caldeira acompanha a mesma.			X	0		
13.1.6.3	O proprietário da caldeira apresenta quando exigido pela autoridade competente do Órgão Regional do MTb, o seu prontuário?	X			1		
13.1.7	O "Registro de Segurança" é constituído de livro próprio, com páginas numeradas, ou outro sistema equivalente onde são registradas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança da caldeira, assim como registradas as vistorias re	X			2		
13.1.7.1	Caso a caldeira tenha sido considerada inadequada para uso, o "Registro de Segurança" contém tal informação e recebe encerramento formal?			X	2		
13.1.8	A documentação está sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção?		X		2	R\$ 2.485,74	R\$ -
		77,78 %	22,22 %			R\$ 7.469,46	R\$ 1.000,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 2, na avaliação das Disposições Gerais identificou-se o não atendimento a 2 itens da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.1.4e determina sobre o sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente. É possível identificar na Figura 18, que o mostrador de nível de água da caldeira não possui graduação de nível de água, dificultando a identificação da existência ou não de água dentro da caldeira. O desvio constitui risco grave e iminente, conforme item 13.1.4e da NR-13 (BRASIL, 2013), e infração grau 4 de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que facilmente poderia ser evitada, substituindo o mostrador de nível de água a um custo estimado de R\$ 1.000,00.



Figura 18: Mostrador de nível de água – Caldeira ATA GV - 403.

Fonte: Autoria própria (2013)

- 13.1.8 determina sobre a disposição da documentação da caldeira para consulta dos operadores e do pessoal de manutenção, porém, atualmente a documentação da caldeira não é disponibilizada para consulta. O desvio representa uma infração grau 2, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 2.485,74, como demonstra a Tabela 2, situação que facilmente poderia ser evitada, sem custo, disponibilizando a

documentação da caldeira para consulta dos operadores e do pessoal de manutenção.

4.3.1.2 Instalação de caldeiras a vapor

Na tabela 3, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Instalação de Caldeiras a Vapor aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 3 – Instalação de Caldeiras a Vapor - Caldeira ATA GV - 403.

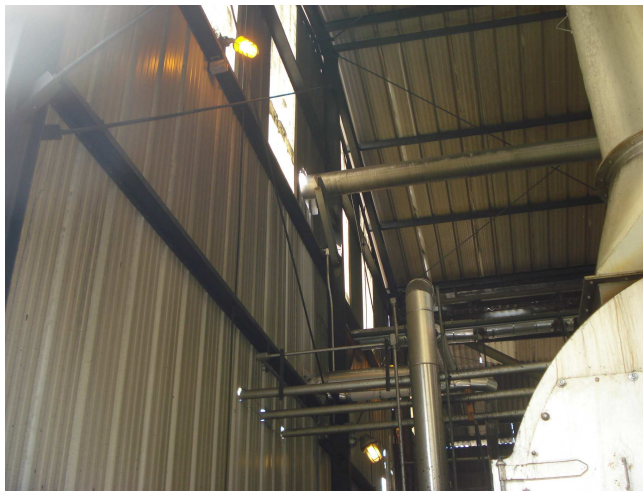
ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.2.2	A caldeira foi instalada em local específico para tal fim, denominado "Área de Caldeira"?	X			2		
13.2.3a	A caldeira foi instalada afastada no mínimo 03 (três) metros de outras instalações do estabelecimento?	X			3		
13.2.3b	No local de instalação, dispõe de pelo menos 2 saídas amplas, permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas?	X			4		
13.2.3c	Dispõe de acesso fácil e seguro, necessário à operação e a manutenção da caldeira, sendo que para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas?	X			3		
13.2.3d	Possui sistemas de captação e lançamento dos gases e material particulado provenientes da combustão, para fora da área de operação, atendendo às normas ambientais vigentes?	X			4		
13.2.3e	Dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes?	X			3		
13.2.3f	Possui sistema de iluminação de emergência para operar à noite?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00
13.2.6.1	O "Projeto alternativo de instalação" foi apresentado pelo proprietário da caldeira para obtenção de acordo com a representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?	X			0		
		87,50 %	12,50 %			R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00

Fonte Autoria própria (2013)

Utilizando a Tabela 3, na avaliação da Instalação de Caldeiras a Vapor identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.2.3f determina sobre o sistema de iluminação de emergência para operar à noite. É possível identificar na Figura 19, que a casa das caldeiras não possui

sistema de iluminação de emergência, somente iluminação convencional e natural. O desvio representa uma infração grau 4, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que facilmente poderia ser evitada, com a instalação de sistemas de iluminação de emergência, com custo estimado em R\$ 1.500,00, porém insignificante perante uma multa aplicada por auditores fiscais do trabalho ou mesmo em uma emergência ou acidente com o equipamento.



**Figura 19: Sistema de iluminação – Caldeira ATA GV - 403.
Fonte Autoria própria (2013)**

4.3.1.3 Segurança na operação das caldeiras

Na tabela 4, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Segurança na Operação das Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 4 – Segurança na Operação das Caldeiras - Caldeira ATA GV - 403.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.3.1	A caldeira possui "Manual de Operação" atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo procedimentos requeridos no item 13.3.1?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ -
13.3.2	Os instrumentos e controles de caldeira são mantidos calibrados e em boas condições operacionais, não sendo realizado o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança de caldeira?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.000,00
13.3.3	A qualidade da água é controlada e compatibilizada como os parâmetros de operação da caldeira?	X			3		
13.3.4	A caldeira está sob operação e controle de operador de caldeira e atende as condições estabelecidas no item 13.3.5?	X			4		
13.3.11	A reciclagem de operadores é realizada permanentemente?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ 6.000,00
		40,00 %	60,00 %			R\$ 12.453,70	R\$ 7.000,00

Fonte Autoria própria (2013)

Utilizando a Tabela 4, na avaliação da Segurança na Operação das Caldeiras, identificou-se o não atendimento a 3 itens da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.3.1 determina que toda caldeira deve possuir o Manual de Operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo procedimentos requeridos, situação essa que não ocorre atualmente. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 4, situação que facilmente poderia ser evitada, com custo insignificante, de solicitar ao fabricante uma segunda via do manual da caldeira em questão, e disponibilizá-lo para consulta dos operadores.
- 13.3.2 determina que os instrumentos e controles de caldeira devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, não sendo realizado o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança de caldeira. É possível identificar na Figura 20, que o mostrador de nível de água da caldeira, não possui graduação de nível de água dificultando a identificação da existência ou não de água dentro da caldeira. O desvio constitui risco grave e iminente, conforme item 13.1.4e da NR-13 (BRASIL, 2013), e infração grau 4 de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando

em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que facilmente poderia ser evitada, substituindo o mostrador de nível de água, com custo estimado em R\$ 1.000,00.



Figura 20: Mostrador de nível de água – Caldeira ATA GV - 403.

Fonte: A autoria própria (2013)

- 13.3.11, determina que a reciclagem de operadores deve ser realizada permanentemente. Segundo registros dos recursos humanos do empregador, o último treinamento de reciclagem e formação de novos operadores de caldeiras, foi realizado em 2009, ou seja, há 4 anos atrás, portanto não atendendo ao requisito desta norma, quando diz que, a reciclagem deve ser realizada permanentemente. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 4, situação que facilmente poderia ser evitada, com um custo estimado em R\$ 6.000,00, para a realização dos treinamentos de reciclagem e formação de novos operadores de caldeiras.

4.3.1.4 Segurança na manutenção de caldeiras

Na tabela 5, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Segurança na Manutenção de Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 5 – Segurança na Manutenção de Caldeiras - Caldeira ATA GV - 403.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.4.1	Os reparos ou alterações em caldeiras são realizados respeitando o respectivo código do projeto de construção e as prescrições do fabricante no que se refere a materiais, procedimentos de execução, procedimentos de controle de qualidade e qualificação e certificado de pessoal?	X			3		
13.4.2a	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que as condições de projeto forem modificadas?			X	2		
13.4.2b	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que forem realizados reparos que possam comprometer a segurança?			X	2		
13.4.3	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos ou aprovados por "Profissional Habilitado"?			X	2		
13.4.4	Todas as intervenções que exijam mandrilamento ou soldagem em partes que operem sob pressão são seguidas de teste hidrostático, com características definidas por "Profissional Habilitado"?			X	3		
13.4.5	Os sistemas de controle e segurança da caldeira são submetidos à manutenção preditiva?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00
		50,00 %	50,00 %			R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando a Tabela 5, na avaliação de Segurança na Manutenção de Caldeiras identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.4.5 determina que todos os sistemas de controle e segurança de caldeira devem ser submetidos à manutenção preditiva. Segundo Almeida (2002), manutenção preditiva é aquela em que é realizado o monitoramento regular das condições mecânicas reais das máquinas e do rendimento operativo dos sistemas de processo que assegurarão o intervalo máximo entre os reparos. Aplicando a definição do autor, não se identificou, junto ao departamento de manutenção a realização de manutenções preditivas, somente corretivas. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 5,

situação que facilmente poderia ser evitada através da implantação no sistema de gerenciamento de atividades de programação de manutenção as manutenções preditivas da caldeira conforme cronograma pré estabelecido e um custo R\$ 3.000,00.

4.3.1.5 Inspeções de caldeiras

Na tabela 6, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Inspeções de Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV - 403.

Tabela 6 – Inspeções de Caldeiras - Caldeira ATA GV - 403.

(continua)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.1	A caldeira é submetida a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária?	X			0		
13.5.3	Na inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada no prazo máximo de 12 meses?	X			4		
13.5.6	Ao completar 25 anos de uso, são submetidas à rigorosa avaliação de integridade para determinar a sua vida remanescente e novos prazos máximos para inspeção, caso ainda estejam em condições de uso?			X	4		
13.5.7	As válvulas de segurança são inspecionadas periodicamente desmontando, inspecionando e testando, em bancada, as válvulas flangeadas e, no campo, as válvulas soldadas, recalibrando-as numa frequência compatível com a experiência operacional da mesma?	X			4		
13.5.8b	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando forem modificadas ou tiverem sofrido reformas significativas?	X			4		
13.5.8c	As válvulas de segurança instaladas nas caldeiras são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação nos parâmetros operacionais da caldeira ou variação na PMTA?	X			4		
13.5.8d	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação na sua tubulação de admissão ou descarga?	X			4		

Tabela 6 – Inspeções de Caldeiras - Caldeira ATA GV - 403.

(conclusão)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.9a	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre que a caldeira for danificada por acidente ou outra ocorrência capaz de comprometer sua segurança?	X			4		
13.5.9b	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando a caldeira for submetida à alteração ou reparo importante capaz de alterar suas condições de segurança?	X			4		
13.5.9c	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre antes de a caldeira ser colocada em funcionamento, quando permanecer inativa por mais de 6 meses?	X			4		
13.5.9d	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando houver mudança de local de instalação da caldeira?			X	4		
13.5.10	A inspeção de segurança é realizada por "Profissional Habilitado"?	X			0		
13.5.11	Após inspeção da caldeira é emitido "Relatório de Inspeção" - RI?	X			0		
13.5.12	Uma cópia do RI, num prazo máximo de 30 (trinta) dias a contar do término da inspeção, é encaminhada à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?		X		0		
13.5.14	Sempre que os resultados da inspeção determinarem alterações dos dados de placa de identificação, a mesma é atualizada?	X			0		
		92,31 %	7,69 %			R\$ -	R\$ -

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando a Tabela 6, na avaliação de Inspeções de Caldeiras, identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.5.14 determina que uma cópia do RI (Relatório de Inspeção), num prazo máximo de 30 dias a contar do término da inspeção, deve ser encaminhada à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento. Registros identificados junto ao departamento de manutenção indicam que o relatório foi entregue ao sindicato da categoria somente 90 dias após o término das inspeções. O desvio representa uma infração grau 0, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), não implicando em multa, como demonstra a Tabela 5, situação que facilmente poderia ser

evitada através do protocolo da documentação junto ao sindicato da categoria em um prazo máximo de 30 dias após o término da inspeção.

4.3.1.6 Conclusão aplicação lista verificação de caldeiras

Após análise dos dados de cada grupo avaliado na Caldeira ATA GV – 403 chegou-se aos seguintes resultados gerais, conforme Tabela 7:

- Total de 38 itens avaliados;
- 29 itens, ou seja, 76,32% de atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- 08 itens, ou seja, 23,68% de não atendimento a NR-13 (BRASIL, 2013).

Tabela 7 – Total de Itens Não Conformes, Valores das Multas e Adequações ATA GV - 403.

CALDEIRA ATA GV - 403							
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Nº Itens Conforme	Nº Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Adequação		
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	10	7	2	R\$ 7.469,46	R\$ 1.000,00		
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	8	7	1	R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00		
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	5	2	3	R\$ 12.453,70	R\$ 7.000,00		
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	2	1	1	R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00		
13.5 - Inspeção de Caldeiras	13	12	1	R\$ -	R\$ -		
Total	38	29	8	R\$ 28.641,87	R\$ 12.500,00		

Fonte: Autoria própria (2013)

Correlacionando os 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), com os critérios da NR-28 (BRASIL, 2013), supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, conforme Tabela 7, encontrou-se um valor final de R\$ 28.641,87.

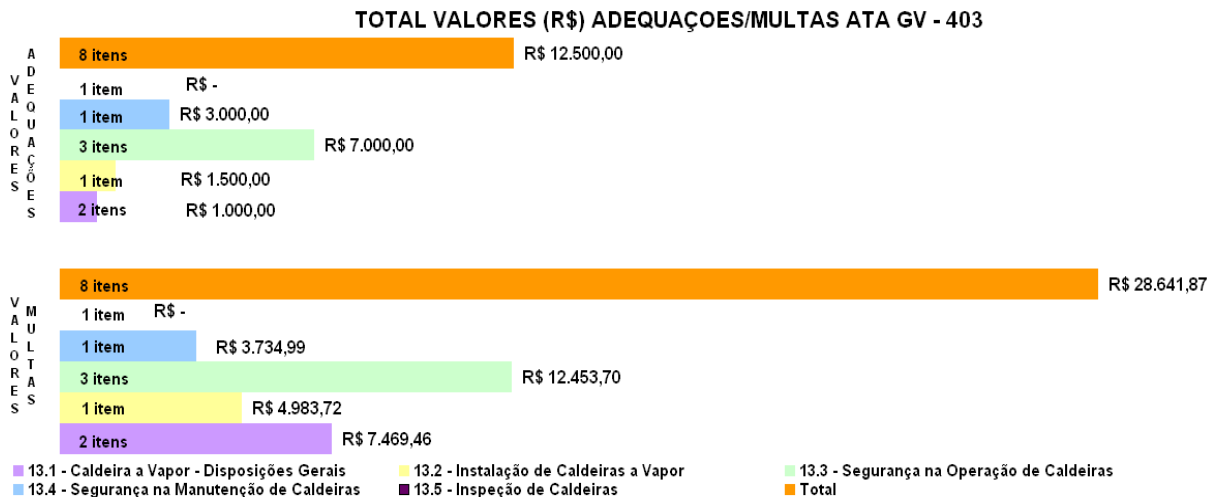


Figura 21: Total dos valores das multas e adequações dos itens não conformes referente à caldeira ATA GV – 403.

Fonte: Autoria própria (2013)

Dentre estes 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), e que são passíveis de multa, conforme a NR-28 (BRASIL, 2013), dois deles se destacam: Grupo 13.1 – Caldeira a vapor, item 13.1.4e – sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente (Brasil, 2013) e grupo 13.3 – Segurança na operação de caldeiras, item 13.3.1 - Os instrumentos e controles de caldeiras devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, constituindo condição de risco grave e iminente o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança da caldeira (Brasil, 2013). Ambos, conforme o item 13.1.4 da NR-13 (BRASIL, 2013), constituem risco grave e iminente e supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, conforme Gráfico 3, apurou-se um valor total final de R\$ 28.641,87 para as potenciais penalidades e uma estimativa de R\$ 12.500,00 para as adequações necessárias.

4.3.2 Caldeira TNG GV - 405

A figura 22 apresenta o percentual geral de conformidade encontrado na Caldeira TNG GV – 405, respeitando os 5 grupos fundamentais relacionados no item 4.2 deste estudo, quais eram:

- 13.1 – Caldeira a Vapor – Disposições Gerais;
- 13.2 – Instalação de Caldeiras a Vapor;
- 13.3 – Segurança na Operação de Caldeiras;
- 13.4 – Segurança na Manutenção de Caldeiras;
- 13.5 – Inspeção de Caldeiras.

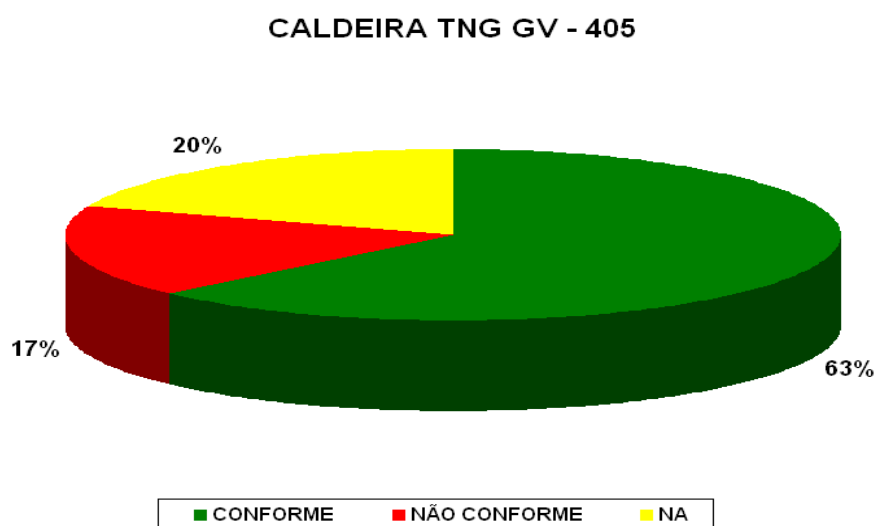


Figura 22: Percentual de conformidade dos itens relativos aos grupos 13.1, 13.2, 13.3, 13.4 e 13.5 da NR-13 – Caldeira TNG GV - 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

Como na avaliação realizada na Caldeira ATA GV – 403, nesta primeira análise, identificou-se que 63% dos 46 itens avaliados atendem completamente o que diz a NR-13 (BRASIL, 2013), ou seja, 29 itens estão atendendo os preceitos desta norma regulamentadora. 17%, ou seja, 08 itens não atendem as especificações da mesma NR e 20%, ou seja, 09 itens avaliados não são aplicáveis a caldeira em análise.

Para obtenção de resultados fidedignos com a realidade do equipamento avaliado em relação à NR-13 (BRASIL, 2013), foram cotejados e avaliados somente os itens da norma que realmente são aplicáveis, ou seja, que obtiveram resultado Conforme ou Não Conforme na aplicação da lista de verificação, correlacionando com o Anexo I da NR-28 (BRASIL, 2013), que define os valores de penalidades pelo não cumprimento dos itens das Normas Regulamentadoras, conforme apresentado na tabela 8 e figura 23.

Tabela 8 – Resultados Itens Avaliados Caldeira TNG GV - 405.

CALDEIRA TNG GV - 405				
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Nº Itens Conforme	Nº Itens Não Conforme	% Atendimento
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	10	7	2	70,00
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	8	7	1	87,50
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	5	2	3	40,00
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	2	1	1	50,00
13.5 - Inspeção de Caldeiras	13	12	1	92,31
Total	38	29	8	76,32

Fonte: Autoria própria (2013)

Analisando-se os dados, após a exclusão dos itens não aplicáveis, chegou-se aos seguintes resultados:

- Total de 38 itens avaliados;
- 29 itens, ou seja, 76,32% de atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- 08 itens, ou seja, 23,68% de não atendimento a NR-13 (BRASIL, 2013).

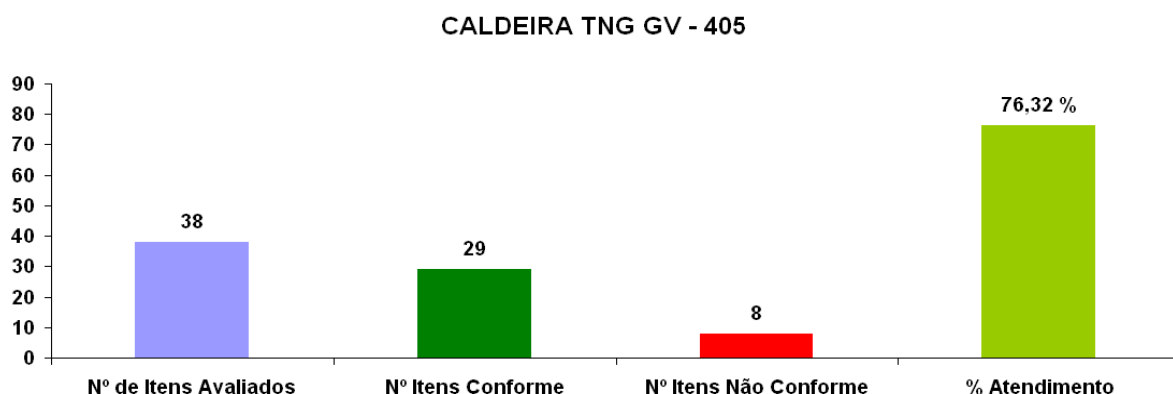


Figura 23: Percentual de conformidade dos itens relativos à tabela 8.

Fonte: Autoria própria (2013)

Os 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), foram identificados, por sua vez, segundo os critérios da NR-28 (BRASIL, 2013) e tiveram os seus respectivos valores mensurados, supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, conforme Tabelas 9, 10, 11, 12 e 13.

4.3.2.1 Disposições gerais

Na tabela 9, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Disposições Gerais aplicados a Caldeira TNG GV – 405.

Tabela 9 – Disposições Gerais - Caldeira TNG GV - 405.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.1.4a	Possui válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA ?	X			4		
13.1.4b	Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?	X			4		
13.1.4c	Possui injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido?	X			4		
13.1.4e	A caldeira possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.000,00
13.1.5	A caldeira possui afixada em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação conforme requisitos da NR-13?	X			1		
13.1.5.1	Possui em local visível, a categoria da caldeira e seu número ou código de identificação?	X			1		
13.1.6.1	Quando inexistente ou extraviado, o "Prontuário da Caldeira" foi reconstituído pelo proprietário, com responsabilidade técnica do fabricante ou de "Profissionais Habilitados"?			X	3		
13.1.6.2	Em caso de venda ou transferência a documentação de caldeira acompanha a mesma.			X	0		
13.1.6.3	O proprietário da caldeira apresenta quando exigido pela autoridade competente do Órgão Regional do MTb, o seu prontuário?	X			1		
13.1.7	O "Registro de Segurança" é constituído de livro próprio, com páginas numeradas, ou outro sistema equivalente onde são registradas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança da caldeira, assim como registradas as vistorias re	X			2		
13.1.7.1	Caso a caldeira tenha sido considerada inadequada para uso, o "Registro de Segurança" contém tal informação e recebe encerramento formal?			X	2		
13.1.8	A documentação está sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção?		X		2	R\$ 2.485,74	R\$ -
		77,78 %	22,22 %			R\$ 7.469,46	R\$ 1.000,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 9, na avaliação das Disposições Gerais, identificou-se o não atendimento a 2 itens da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.1.4e determina sobre o sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente. É possível identificar na Figura 24, que o mostrador de nível de água da caldeira, não possui graduação de nível de água, dificultando a identificação da existência ou não de água dentro da caldeira. O desvio constitui risco grave e iminente, conforme item 13.1.4e da NR-13 (BRASIL, 2013), e infração grau 4 de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que facilmente poderia ser evitada, substituindo o mostrador de nível de água com custo estimado de R\$ 1.000,00.

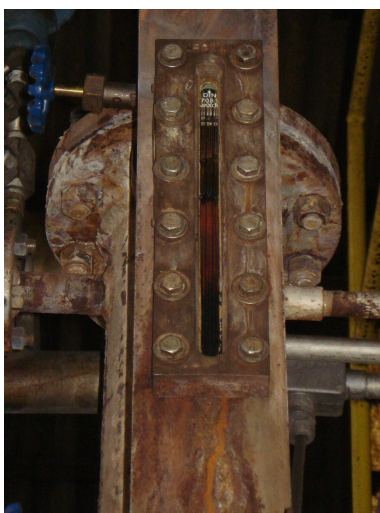


Figura 24: Mostrador de nível de água – Caldeira TNG GV - 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

- 13.1.8 determina sobre a disposição da documentação da caldeira para consulta dos operadores e do pessoal de manutenção, porém, atualmente a documentação da caldeira não é disponibilizada para consulta. O desvio representa uma infração grau 2, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 2.485,74, como demonstra a tabela 9, situação que facilmente poderia ser evitada, com custo insignificante, disponibilizando a documentação da caldeira para consulta dos operadores e do pessoal de manutenção.

4.3.2.2 Instalação de caldeiras a vapor

Na tabela 10, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Instalações de Caldeiras a Vapor aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 10 – Instalação de Caldeiras a Vapor - Caldeira TNG GV - 405.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.2.2	A caldeira foi instalada em local específico para tal fim, denominado "Área de Caldeira"?	X			2		
13.2.3a	A caldeira foi instalada afastada no mínimo 03 (três) metros de outras instalações do estabelecimento?	X			3		
13.2.3b	No local de instalação, dispõe de pelo menos 2 saídas amplas, permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas?	X			4		
13.2.3c	Dispõe de acesso fácil e seguro, necessário à operação e a manutenção da caldeira, sendo que para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas?	X			3		
13.2.3d	Possui sistemas de captação e lançamento dos gases e material particulado provenientes da combustão, para fora da área de operação, atendendo às normas ambientais vigentes?	X			4		
13.2.3e	Dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes?	X			3		
13.2.3f	Possui sistema de iluminação de emergência para operar à noite?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00
13.2.6.1	O "Projeto alternativo de instalação" foi apresentado pelo proprietário da caldeira para obtenção de acordo com a representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?	X			0		
		87,50 %	12,50 %			R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 10, na avaliação da Instalação de Caldeiras a Vapor, identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.2.3f determina sobre o sistema de iluminação de emergência para operar à noite. É possível identificar na Figura 25, que a casa das caldeiras não possui sistema de iluminação de emergência, somente iluminação convencional e natural. O desvio representa uma infração grau 4, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que

facilmente poderia ser evitada, com a instalação de sistemas de iluminação de emergência, com custo estimado de R\$ 1.500,00, porém insignificante perante uma multa aplicada por auditores e fiscais do trabalho ou mesmo em uma emergência ou acidente com o equipamento.



Figura 25: Sistema de iluminação – Caldeira TNG GV - 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

4.3.2.3 Segurança na operação das caldeiras

Na tabela 11, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Segurança na Operação das Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 11 – Segurança na Operação das Caldeiras - Caldeira TNG GV - 405.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.3.1	A caldeira possui "Manual de Operação" atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo procedimentos requeridos no item 13.3.1?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ -
13.3.2	Os instrumentos e controles de caldeira são mantidos calibrados e em boas condições operacionais, não sendo realizado o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança de caldeira?		X		4	R\$ 4.983,72	R\$ 1.000,00
13.3.3	A qualidade da água é controlada e compatibilizada como os parâmetros de operação da caldeira?	X			3		
13.3.4	A caldeira está sob operação e controle de operador de caldeira e atende as condições estabelecidas no item 13.3.5?	X			4		
13.3.11	A reciclagem de operadores é realizada permanentemente?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ 6.000,00
		40,00 %	60,00 %			R\$ 12.453,70	R\$ 7.000,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 11, na avaliação da Segurança na Operação das Caldeiras, identificou-se o não atendimento a 3 itens da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.3.1 determina que toda caldeira deve possuir o Manual de Operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo procedimentos requeridos, situação essa que não ocorre atualmente. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 11, situação que facilmente poderia ser evitada, com custo insignificante, de solicitar ao fabricante uma segunda via do manual da caldeira em questão e disponibilizá-lo para consulta dos operadores.
- 13.3.2 determina que os instrumentos e controles de caldeira devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, não sendo realizado o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança de caldeira. É possível identificar na Figura 26, que o mostrador de nível de água da caldeira, não possui graduação de nível de água, dificultando a identificação da existência ou não de água dentro da caldeira. O desvio constitui risco grave e iminente, conforme item 13.1.4e da NR-13 (BRASIL,

2013), e infração grau 4 de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, situação que facilmente poderia ser evitada, substituindo o mostrador de nível de água, com um custo estimado de R\$ 1.500,00.

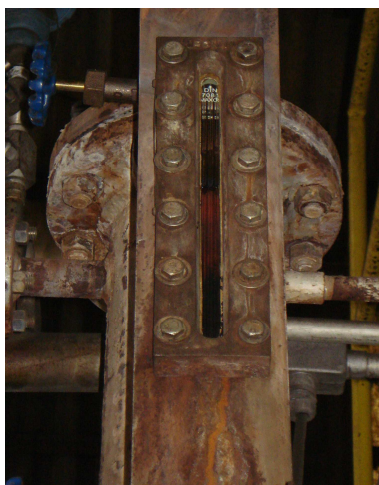


Figura 26: Mostrador de nível de água – Caldeira ATA GV - 403.

Fonte: Aatoria própria (2013)

- 13.3.11, determina que a reciclagem de operadores deve ser realizada permanentemente. Segundo registros dos recursos humanos do empregador, o último treinamento de reciclagem e formação de novos operadores de caldeiras, foi realizado em 2009, ou seja, há 4 anos atrás, portanto não atendendo ao requisito desta NR, quando diz que a reciclagem deve ser realizada permanentemente. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 11, situação que facilmente poderia ser evitada, com um custo estimado em R\$ 6.000,00, através da realização dos treinamentos de reciclagem e formação de novos operadores de caldeiras.

4.3.2.4 Segurança na manutenção de caldeiras

Na tabela 12, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Segurança na Manutenção de Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV – 403.

Tabela 12 – Segurança na Manutenção de Caldeiras - Caldeira TNG GV - 405.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.4.1	Os reparos ou alterações em caldeiras são realizados respeitando o respectivo código do projeto de construção e as prescrições do fabricante no que se refere a materiais, procedimentos de execução, procedimentos de controle de qualidade e qualificação e certificado de pessoal?	X			3		
13.4.2a	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que as condições de projeto forem modificadas?			X	2		
13.4.2b	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que forem realizados reparos que possam comprometer a segurança?			X	2		
13.4.3	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos ou aprovados por "Profissional Habilitado"?			X	2		
13.4.4	Todas as intervenções que exijam mandrilamento ou soldagem em partes que operem sob pressão são seguidas de teste hidrostático, com características definidas por "Profissional Habilitado"?			X	3		
13.4.5	Os sistemas de controle e segurança da caldeira são submetidos à manutenção preditiva?		X		3	R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00
		50,00 %	50,00 %			R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 12, na avaliação de Segurança na Manutenção de Caldeiras, identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.4.5 determina que todos os sistemas de controle e segurança de caldeira devem ser submetidos à manutenção preditiva. Não foi encontrado nenhum registro da realização de manutenções preditivas, somente corretivas. O desvio representa uma infração grau 3, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 3.734,99, como demonstra a tabela 12, situação que facilmente poderia ser evitada através da implantação no sistema de gerenciamento de atividades de programação de manutenção as manutenções preditivas da caldeira conforme cronograma pré estabelecido, há um custo estimado de R\$ 3.000,00.

4.3.2.5 Inspeções de caldeiras

Na tabela 13, é apresentado os resultados dos itens da NR-13 (BRASIL, 2013), os quais avaliam sobre Inspeções de Caldeiras aplicados a Caldeira ATA GV - 403.

Tabela 13 – Inspeções de Caldeiras - Caldeira TNG GV - 405.

(continua)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.1	A caldeira é submetida a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária?	X			0		
13.5.3	Na inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada no prazo máximo de 12 meses?	X			4		
13.5.6	Ao completar 25 anos de uso, são submetidas à rigorosa avaliação de integridade para determinar a sua vida remanescente e novos prazos máximos para inspeção, caso ainda estejam em condições de uso?			X	4		
13.5.7	As válvulas de segurança são inspecionadas periodicamente desmontando, inspecionando e testando, em bancada, as válvulas flangeadas e, no campo, as válvulas soldadas, recalibrando-as numa frequência compatível com a experiência operacional da mesma?	X			4		
13.5.8b	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando forem modificadas ou tiverem sofrido reformas significativas?	X			4		
13.5.8c	As válvulas de segurança instaladas nas caldeiras são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação nos parâmetros operacionais da caldeira ou variação na PMTA?	X			4		
13.5.8d	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação na sua tubulação de admissão ou descarga?	X			4		
13.5.9a	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre que a caldeira for danificada por acidente ou outra ocorrência capaz de comprometer sua segurança?	X			4		
13.5.9b	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando a caldeira for submetida à alteração ou reparo importante capaz de alterar suas condições de segurança?	X			4		
13.5.9c	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre antes de a caldeira ser colocada em funcionamento, quando permanecer inativa por mais de 6 meses?	X			4		
13.5.9d	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando houver mudança de local de instalação da caldeira?			X	4		
13.5.10	A inspeção de segurança é realizada por "Profissional Habilitado"?	X			0		

Tabela 13 – Inspeções de Caldeiras - Caldeira TNG GV - 405.

ITEM	DESCRIÇÃO	(conclusão)					
		CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.11	Após inspeção da caldeira é emitido "Relatório de Inspeção" - RI?	X			0		
13.5.12	Uma cópia do RI, num prazo máximo de 30 (trinta) dias a contar do término da inspeção, é encaminhada à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?		X		0		
13.5.14	Sempre que os resultados da inspeção determinarem alterações dos dados de placa de identificação, a mesma é atualizada?	X			0		
		92,31 %	7,69 %			R\$ -	R\$ -

Fonte: Autoria própria (2013)

Utilizando-se a Tabela 13, na avaliação de Inspeções de Caldeiras, identificou-se o não atendimento a 1 item da NR-13 (BRASIL, 2013):

- 13.5.14 determina que uma cópia do RI (Relatório de Inspeção), num prazo máximo de 30 dias a contar do término da inspeção, deve ser encaminhada à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento. Conforme registros identificados com o departamento de manutenção, indica que o RI foi entregue ao sindicato da categoria somente 90 dias após o término das inspeções. O desvio representa uma infração grau 0, de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), não implicando em multa, como demonstra a Tabela 13, situação que facilmente poderia ser evitada através do protocolo da documentação junto ao sindicato da categoria em um prazo máximo de 30 dias após o término da inspeção.

4.3.2.6 Conclusão aplicação lista verificação de caldeiras

Após análise dos dados de cada grupo avaliado na Caldeira TNG GV – 405, chegou-se aos seguintes resultados gerais, conforme tabela 14:

- Total de 38 itens avaliados;
- 29 itens, ou seja, 76,32% de atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- 08 itens, ou seja, 23,68% de não atendimento a NR-13 (BRASIL, 2013).

Tabela 14 – Total de Itens Não Conformes e Valores das Multas e Adequações - Caldeira TNG GV - 405.

CALDEIRA TNG GV - 405						
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Nº Itens Conforme	Nº Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Adequação	
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	10	7	2	R\$ 7.469,46	R\$ 1.000,00	
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	8	7	1	R\$ 4.983,72	R\$ 1.500,00	
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	5	2	3	R\$ 12.453,70	R\$ 7.000,00	
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	2	1	1	R\$ 3.734,99	R\$ 3.000,00	
13.5 - Inspeção de Caldeiras	13	12	1	R\$ -	R\$ -	
Total	38	29	8	R\$ 28.641,87	R\$ 12.500,00	

Fonte: Autoria própria (2013)

Correlacionando os 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), com os critérios da NR-28 (BRASIL, 2013), supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais do trabalho, conforme figura 27, encontrou-se um valor final de R\$ 28.641,87.

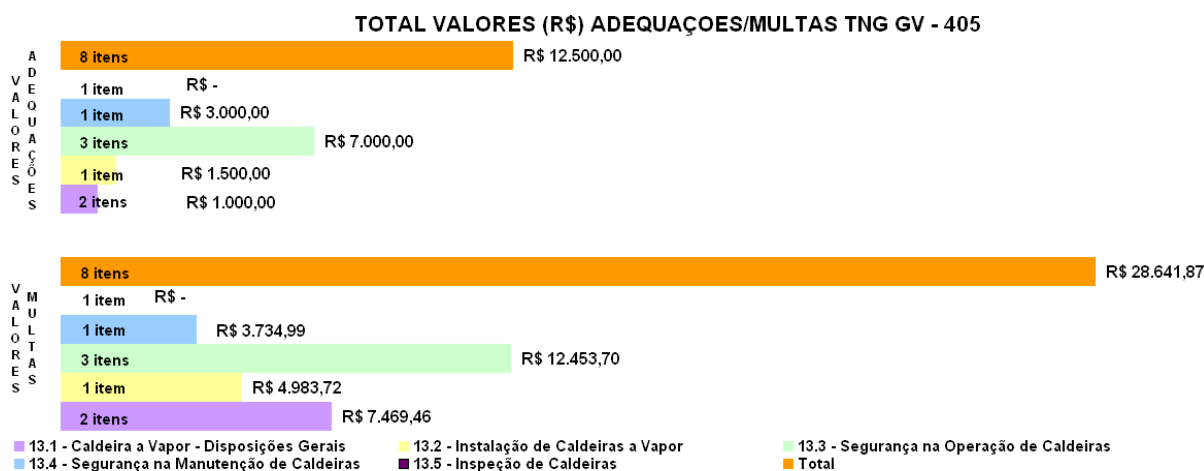


Figura 27: Total de valores das multas e adequações dos itens não conforme - Caldeira TNG GV – 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

Dentre estes 08 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), e que são passíveis de multa, conforme a NR-28 (BRASIL, 2013), dois deles se destacam, Grupo 13.1 – Caldeira a vapor, item 13.1.4e – sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente (Brasil, 2013) e grupo 13.3 – Segurança na operação de caldeiras, item 13.3.1 - Os instrumentos e controles de caldeiras devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, constituindo condição de risco grave e iminente o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança da caldeira (Brasil, 2013). Ambos, conforme o item 13.1.4 da NR-13 (BRASIL, 2013) constitui risco grave e iminente e supondo uma fiscalização dos auditores e fiscais

do trabalho, conforme Tabela 7 e figura 27, apurou-se um valor total final de R\$ 28.641,87 para as potenciais penalidades e uma estimativa de R\$ 12.500,00 para as adequações necessárias.

4.3.3 Análise Geral das Caldeiras ATA GV – 403 e TNG GV – 405

Após a análise individual das caldeiras, agruparam-se os resultados encontrados nas avaliações realizadas nas Caldeiras ATA GV – 403 e TNGE GV – 405 e chegou-se aos seguintes resultados, conforme apresentado na Tabela 15 e figura 28:

Tabela 15 – Total de Itens Não Conformes – Caldeiras ATA GV – 403 e TNG GV - 405.

CALDEIRAS ATA GV - 403 E TNG GV - 405				
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Nº Itens Conforme	Nº Itens Não Conforme	% Atendimento
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	20	14	4	70,00
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	16	14	2	87,50
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	10	4	6	40,00
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	4	2	2	50,00
13.5 - Inspeção de Caldeiras	26	24	2	92,31
Total	76	58	16	76,32

Fonte: Autoria própria (2013)

- Total de 76 itens avaliados;
- 58 itens, ou seja, 76,32% de atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- 16 itens, ou seja, 23,68% de não atendimento a NR-13 (BRASIL, 2013).

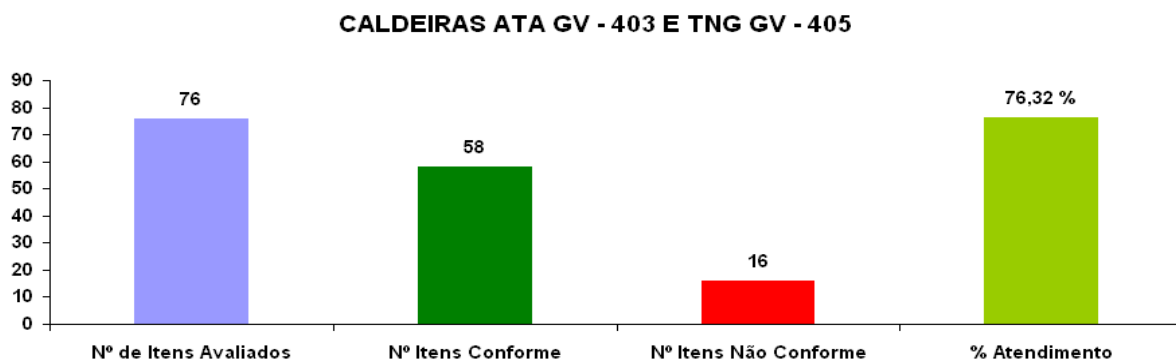


Figura 28: Percentual de conformidade dos itens relativos à tabela 15.

Fonte: Autoria própria (2013)

Analisando-se os 16 itens que não atendem os requisitos da NR-13 (BRASIL, 2013), e que são passíveis de multa, conforme a NR-28 (BRASIL, 2013), identificaram-se quatro deles que constituem riscos graves e iminentes, conforme o item 13.1.4 da NR-13 (BRASIL, 2013), pois são sistemas de essencial importância para a segurança na operação do equipamento, a saber:

- Grupo 13.1 – Caldeira a vapor, item 13.1.4e – sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente (Brasil, 2013);
- Grupo 13.3 – Segurança na operação de caldeiras, item 13.3.1 - Os instrumentos e controles de caldeiras devem ser mantidos calibrados e em boas condições operacionais, constituindo condição de risco grave e iminente o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança da caldeira (Brasil, 2013).

Estes quatro itens, além de constituírem riscos graves e iminentes, caracterizam infração grau 4 de acordo com a NR-28 (BRASIL, 2013), implicando em uma multa de R\$ 4.938,72, para cada uma das Não Conformidades identificadas, podendo resultar em interdição do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento e determinar ainda providências para a correção das situações de risco, se constatado em fiscalização realizada por auditores e fiscais do trabalho.

Os demais itens identificados como Itens Não Conforme, mas que não caracterizam riscos graves e iminentes, mas também são passíveis de autuação do Ministério do Trabalho e Emprego, totalizaram 14 não atendimentos. Dentre estes destacam-se:

- 13.1 – Caldeira a Vapor – Disposições Gerais: 13.1.8 A documentação referida no subitem 13.1.6 deve estar sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção, de inspeção e das representações dos trabalhadores e do empregador na Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, devendo o proprietário assegurar pleno acesso a essa documentação.
- 13.2 – Instalação de Caldeiras a Vapor: 13.2.3 Quando a caldeira for instalada em ambiente aberto, a Área de Caldeiras deve satisfazer aos

seguintes requisitos: f) ter sistema de iluminação de emergência caso operar à noite.

- 13.3 – Segurança na Operação de Caldeiras: 13.3.1 Toda caldeira deve possuir o Manual de Operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo no mínimo: a) procedimentos de partidas e paradas; b) procedimentos e parâmetros operacionais de rotina; c) procedimentos para situações de emergência; d) procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente.
- 13.4 – Segurança na Manutenção de Caldeiras: 13.4.5 Os sistemas de controle e segurança da caldeira devem ser submetidos à manutenção preventiva ou preditiva.
- 13.5 – Inspeção de Caldeiras: 13.5.12 Uma cópia do Relatório de Inspeção deve ser encaminhada pelo Profissional Habilitado, citado no subitem.
- 13.1.2, num prazo máximo de 30 (trinta) dias, a contar do término da inspeção, à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento.

Considerando todas as não conformidades encontradas na aplicação da lista de verificação nas Caldeiras ATA GV – 403 e TNG GV – 405, conforme Tabela 15 e Gráfico 8, foi apurado um valor total final de R\$ 57.283,74 para as potenciais penalidades e situações passíveis de autuação do Ministério do Trabalho e Emprego e um valor estimado de R\$ 25.000,00 para as adequações necessárias, conforme apresentado na Tabela 16 e figura 29:

Tabela 16 – Total de Itens Não Conformes e Valores dos Itens Não Conformes Caldeiras ATA GV – 403 e TNG GV - 405.

CALDEIRAS ATA - 403 E TNG GV - 405				
Grupo	Nº Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Não Conforme	Valores (R\$) Itens Adequação	
13.1 - Caldeira a Vapor - Disposições Gerais	4	R\$ 14.938,92	R\$ 2.000,00	
13.2 - Instalação de Caldeiras a Vapor	2	R\$ 9.967,44	R\$ 3.000,00	
13.3 - Segurança na Operação de Caldeiras	6	R\$ 24.907,40	R\$ 14.000,00	
13.4 - Segurança na Manutenção de Caldeiras	2	R\$ 7.469,98	R\$ 6.000,00	
13.5 - Inspeção de Caldeiras	2	R\$ -	R\$ -	
Total	16	R\$ 57.283,74	R\$ 25.000,00	

Fonte: Autoria própria (2013)

- 16 itens, ou seja, 23,68% de não atendimentos a NR-13 (BRASIL, 2013);
- R\$ 57.283,74 para as potenciais penalidades e situações passíveis de autuação do Ministério do Trabalho e Emprego;
- R\$ 25.000,00 para as adequações necessárias.

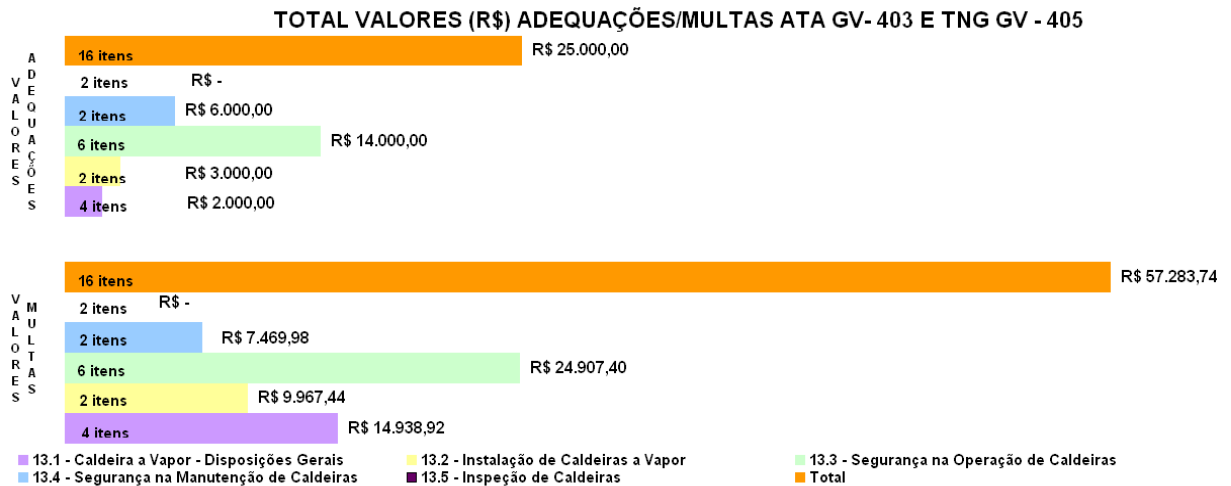


Figura 29: Total de valores adequações e multas das caldeiras ATA GV – 403 e TNG – 405.

Fonte: Autoria própria (2013)

5 CONCLUSÃO

Pode-se afirmar que todos os objetivos inicialmente estabelecidos foram alcançados através da ferramenta aplicada. Os resultados encontrados foram positivos e surpreendentes, devido às diversas necessidades e informações observadas e identificadas. As principais não conformidades observadas e encontradas, estão associadas à falta de controle e disponibilização da documentação das caldeiras nas áreas pertinentes, a indisponibilidade de manuais e procedimentos padrão para os operadores, necessidade de manutenções preditivas, preventivas e corretivas, a falta de treinamentos de formação e reciclagem dos respectivos operadores dos equipamentos.

As inspeções de segurança nos equipamentos, para atendimento a NR-13 (BRASIL, 2013), são realizadas periodicamente, porém de maneira muito superficial, por engenheiro mecânico devidamente credenciado ao órgão regulamentador e as manutenções principais são realizadas por empresas especializadas. Comparando os resultados encontrados na aplicação da lista de verificação com o relatório técnico das inspeções identificou-se que existem necessidades básicas que deveriam ser atendidas como o controle de documentos (prontuários, manuais, procedimentos); capacitação e reciclagem profissional, acessos às informações técnicas do equipamento pelos operadores, itens de segurança considerados graves e iminentes, conforme NR-13 (BRASIL, 2013), que não foram considerados ou informados no relatório técnico das inspeções.

O resultado do estudo indica que a instituição não atua nas práticas preventivas de acidentes de trabalho e atendimento aos requisitos legais da NR-13 (BRASIL, 2013), pois se sujeita a culpa alta gravidade relativamente a qualquer anormalidade que ocorra aos empregados ou a sociedade, devido à falta de garantia de segurança em seus processos e atividades.

Portanto, conclui-se que se faz necessário varias adequações e melhorias no ambiente de trabalho e equipamentos avaliados de forma a evitar a possibilidade de que os riscos identificados e não tratados imediatamente, possam, a qualquer momento, ocasionar acidentes de grandes proporções, o que resultaria em perdas produtivas, financeiras, materiais e até mesmo de vidas das pessoas que ali desenvolvem suas atividades.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcio Tadeu de. **Manutenção preditiva**: benefícios e lucratividade. Escola Federal de Engenharia de Itajubá, MG. Disponível em <<http://www.mtaev.com.br/download/mnt2.pdf>>. Acesso em 14/07/2013.

ALTAFINI, Carlos R. **Curso de engenharia mecânica** – disciplina de máquinas térmicas – apostila sobre caldeiras – Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso em 10/8/2013.

BAZZO, Edson. **Geração de vapor**. Florianópolis: UFSC, 1992

----- **Geração de vapor**. 2º ed. Florianópolis: UFSC, 1995.

BIZZO, Waldir A. **EM 722** - geração, distribuição e utilização de vapor. Ca 4. UNICAMP, 2001. Disponível em <<http://www.fem.unicamp.br/~em672/GERVAP4.pdf>>. Acesso em 11/08/2013.

BRASIL - MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Secretaria de Segurança e Medicina do Trabalho. Portaria n. 3214, de 08 de junho de 1978. **Norma Regulamentadora NR-04**: Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A2800001388128376306AD/NR-04%20\(atualizada\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D36A2800001388128376306AD/NR-04%20(atualizada).pdf)>. Acesso em 12/07/2013.

----- **Norma Regulamentadora NR-05**: Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C812D311909DC0131678641482340/nr_05.pdf>. Acesso em 12/07/2013.

----- **Norma Regulamentadora NR-13**: Caldeiras e Vasos de Pressão. Disponível em: <http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF2695817E43/nr_13.pdf>. Acesso em 12/07/2013.

----- **Norma Regulamentadora NR-28**: Fiscalizações e Penalidades. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3B282313013B855C2B7967C1/NR-28%20\(atualizada%202012\)II.pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A3B282313013B855C2B7967C1/NR-28%20(atualizada%202012)II.pdf)>. Acesso em 12/07/2013.

BRUMAZZI SOLUÇÕES INDUSTRIAIS. **Caldeira Aquatubular**. 1 Figura (Figura 9). Disponível em <http://www.brumazi.com.br/area_atuacao_geral/data/images/caldeira1.jpg>. Acesso em 07/07/2013.

CAMPOS, Márcia A de. **Estudo das instalações e operação de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospitalar, sob análise da nr 13**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho). Curso de Pós-Graduação Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2011. Disponível em <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/handle/1/825/M%C3%A1rcia%20Aparecida%20de%20Campos.pdf?sequence=1>> Acesso em 10/08/2013.

CHD, Válvulas. **Caldeiras Flamotubulares – Artigos técnicos**. 1 figura (Figura 4). Disponível em <http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html> Acesso em: 06 de julho de 2013.

-----, -----, 1 figura (Figura 8). Disponível em <http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html> Acesso em: 06 de julho de 2013.

-----, -----, 1 figura (Figura 10). Disponível em <http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html> Acesso em: 06 de julho de 2013.

-----, -----, 1 figura (Figura 11). Disponível em <http://www.chdvalvulas.com.br/artigos_tecnicos/caldeiras/flamotubulares.html> Acesso em: 06 de julho de 2013.

DE CICCO, F. **A norma BS 8800: guia para sistemas de gestão de segurança e saúde no trabalho**. São Paulo: Risk Tecnologia, 1997.

----- et al. **Tecnologias Consagradas de Gestão de Riscos**. 2º ed. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003

FARIA, M.T. **Gerência de Riscos**: apostila do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho da UTFPR. Curitiba, 2009.

FERREIRA, Armando C. **Caldeiras fogotubulares com queima de gás natural.** armando@thermoservice.com.br. Disponível em <http://pt.scribd.com/doc/102676324/artigo-caldeirasfogotubulares>>. Acesso em 14/07/2013.

GYURKOVITS, José L. **Caldeiras.** Apostila: (S.L) 2004. Disponível em http://www.slideshare.net/educacaof/caldeiras-3485277?from_search=7>. Acesso em 16/08/2013.

LEITE, Nilson R.; MILITÃO, Renato de A. **Tipos e aplicações de caldeiras.** Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor. Escola Politécnica – Deptº de Engenharia Mecânica EPUSP-PROMIMP, 2008. Disponível em http://lcsime.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf>. Acesso em 14/08/2013.

LPSTEAM, Assessoria e Meio Ambiente. **Caldeira vertical.** 1 figura (Figura 2). Disponível em [http://lspsteam.dominiotemporario.com/doc/MODULO3CALDEIRAS\(mod3\).pdf](http://lspsteam.dominiotemporario.com/doc/MODULO3CALDEIRAS(mod3).pdf)>. Acesso em 18/07/2013.

------. **Caldeira horizontal** 1 figura (Figura 3). Disponível em [http://lspsteam.dominiotemporario.com/doc/MODULO3CALDEIRAS\(mod3\).pdf](http://lspsteam.dominiotemporario.com/doc/MODULO3CALDEIRAS(mod3).pdf)>. Acesso em 18/07/2013.

MAGRINI, Rui de Oliveira. **Riscos de acidentes na operação de caldeiras.** São Paulo: Fundacentro, 1985.

MARTINELLI JR, Luiz C. **Geradores de vapor.** UNIJU: Campus Panambi, 2002. Disponível em <http://www.saudeetrabalho.com.br/download/gera-vapor.pdf>>. Acesso 15/08/2013.

MELLO, Alexandre L. de. **Principais causas em acidentes com caldeiras.** Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho. Pró Reitoria de Pós-Graduação. Centro Universitário do Maranhão. São Luís, MA, 2010.

OLIVEIRA, Michel, M. de.; CATAI, Rodrigo E. SERTA, Roberto.; MAINARDES, Christiane W.; CANONICO, Maria R. da S. O. **Análise do gerenciamento de riscos de um sistema de caldeira e vaso de pressão - estudo de caso.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 31., 2011, Belo Horizonte. Inovação Tecnológica e Propriedade Intelectual: Desafios da Engenharia de Produção na Consolidação do Brasil no Cenário Econômico Mundial. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2011_TN_STO_138_877_18237.pdf>. Acesso em 17/07/2013.

PERA, Hildo. **Geradores de vapores.** Editora Fama: São Paulo, 1990.

RAELETRIC, Automação. **Caldeira flamotubular.** 1 figura (Figura 1). Disponível em <http://www.raeelectric.com.br/mediac/400_0/media/caldeiras.jpg>.

Revista Proteção, 2001. **Artigo caldeiras** – onde estão os acidentes? Pag. 66, 67 e 68 – Abril de 2001.

SEGURANÇA EM CALDEIRAS E EQUIPAMENTOS SOBRE PRESSÃO. 1 Figura (Figura 6). Disponível em <<http://www.portalocupacional.com.br/iconrole/images/arquivos/bc9a7ce57a.pdf>>. Acesso em 07/07/2013.

SOUZA, Edilson R. de. **Uma contribuição à reformulação da norma regulamentadora 13 (NR-13) na perspectiva da adoção de sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional.** 2008. 75 f.: il. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Programa de Pós—Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2008. Disponível em <http://bdtd.bczm.ufrn.br/tde_arquivos/6/TDE-2010-12-29T053340Z-3221/Publico/EdilsonRS DISSERT.pdf> Acesso em 18/07/2013.

SOUZA, Marcelo C. P. de. **Levantamento do custo do não cumprimento dos preceitos da nr-18 em uma obra pública.** Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil. Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Curitiba, 2012. Disponível em <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/752/1/CT_EPC_2012_1_13.PDF>. Acesso em 15/08/2013.

STREETCUSTOMS. **Caldeira locomóvel.** 1 Figura (Figura 7). Disponível em <<http://www.streetcustoms.com.br/revistas-carros/images/stories2/steamer%20willian%20murdock.jpg>>

ANEXO

Adaptado da NR-13 do Ministério do Trabalho e Emprego.

Disponível

em:

<http://portal.mte.gov.br/data/files/FF8080812BE914E6012BEF2695817E43/nr_13.pdf>. Acesso em 12/07/2013.

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.1.4a	Possui válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA ?						
13.1.4b	Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?						
13.1.4c	Possui injetor ou outro meio de alimentação de água, independente do sistema principal, em caldeiras a combustível sólido?						
13.1.4e	A caldeira possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?						
13.1.5	A caldeira possui afixada em seu corpo, em local de fácil acesso e bem visível, placa de identificação conforme requisitos da NR-13?						
13.1.5.1	Possui em local visível, a categoria da caldeira e seu número ou código de identificação?						
13.1.6.1	Quando inexistente ou extraviado, o "Prontuário da Caldeira" foi reconstituído pelo proprietário, com responsabilidade técnica do fabricante ou de "Profissionais Habilitados"?						
13.1.6.2	Em caso de venda ou transferência a documentação de caldeira acompanha a mesma.						
13.1.6.3	O proprietário da caldeira apresenta quando exigido pela autoridade competente do Órgão Regional do MTb, o seu prontuário?						
13.1.7	O "Registro de Segurança" é constituído de livro próprio, com páginas numeradas, ou outro sistema equivalente onde são registradas as ocorrências importantes capazes de influir nas condições de segurança da caldeira, assim como registradas as vistorias re						
13.1.7.1	Caso a caldeira tenha sido considerada inadequada para uso, o "Registro de Segurança" contém tal informação e recebe encerramento formal?						
13.1.8	A documentação está sempre à disposição para consulta dos operadores, do pessoal de manutenção?						

(continua)

(continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.2.2	A caldeira foi instalada em local específico para tal fim, denominado "Área de Caldeira"?						
13.2.3a	A caldeira foi instalada afastada no mínimo 03 (três) metros de outras instalações do estabelecimento?						
13.2.3b	No local de instalação, dispõe de pelo menos 2 saídas amplas, permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas?						
13.2.3c	Dispõe de acesso fácil e seguro, necessário à operação e a manutenção da caldeira, sendo que para guarda corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas?						
13.2.3d	Possui sistemas de captação e lançamento dos gases e material particulado provenientes da combustão, para fora da área de operação, atendendo às normas ambientais vigentes?						
13.2.3e	Dispõe de iluminação conforme normas oficiais vigentes?						
13.2.3f	Possui sistema de iluminação de emergência para operar à noite?						
13.2.6.1	O "Projeto alternativo de instalação" foi apresentado pelo proprietário da caldeira para obtenção de acordo com a representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?						

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.3.1	A caldeira possui "Manual de Operação" atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores, contendo procedimentos requeridos no item 13.3.1?						
13.3.2	Os instrumentos e controles de caldeira são mantidos calibrados e em boas condições operacionais, não sendo realizado o emprego de artifícios que neutralizem sistemas de controle e segurança de caldeira?						
13.3.3	A qualidade da água é controlada e compatibilizada como os parâmetros de operação da caldeira?						
13.3.4	A caldeira está sob operação e controle de operador de caldeira e atende as condições estabelecidas no item 13.3.5?						
13.3.11	A reciclagem de operadores é realizada permanentemente?						

(continua)

(continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.4.1	Os reparos ou alterações em caldeiras são realizados respeitando o respectivo código do projeto de construção e as prescrições do fabricante no que se refere a materiais, procedimentos de execução, procedimentos de controle de qualidade e qualificação e c						
13.4.2a	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que as condições de projeto forem modificadas?						
13.4.2b	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos sempre que forem realizados reparos que possam comprometer a segurança?						
13.4.3	Os "Projetos de Alteração ou Reparo" são concebidos ou aprovados por "Profissional Habilitado"?						
13.4.4	Todas as intervenções que exijam mandrilamento ou soldagem em partes que operem sob pressão são seguidas de teste hidrostático, com características definidas por "Profissional Habilitado"?						
13.4.5	Os sistemas de controle e segurança da caldeira são submetidos à manutenção preditiva?						

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.1	A caldeira é submetida a inspeções de segurança inicial, periódica e extraordinária?						
13.5.3	Na inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada no prazo máximo de 12 meses?						
13.5.6	Ao completar 25 anos de uso, são submetidas à rigorosa avaliação de integridade para determinar a sua vida remanescente e novos prazos máximos para inspeção, caso ainda estejam em condições de uso?						
13.5.7	As válvulas de segurança são inspecionadas periodicamente desmontando, inspecionando e testando, em bancada, as válvulas flangeadas e, no campo, as válvulas soldadas, recalibrando-as numa frequência compatível com a experiência operacional da mesma?						
13.5.8b	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando forem modificadas ou tiverem sofrido reformas significativas?						
13.5.8c	As válvulas de segurança instaladas nas caldeiras são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação nos parâmetros operacionais da caldeira ou variação na PMTA?						

(continua)

(continuação)

ITEM	DESCRIÇÃO	CONFORME	NÃO CONFORME	NA	INFRAÇÃO	VALOR MULTA	VALOR ADEQUAÇÃO
13.5.8d	As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação, quando houver modificação na sua tubulação de admissão ou descarga?						
13.5.9a	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre que a caldeira for danificada por acidente ou outra ocorrência capaz de comprometer sua segurança?						
13.5.9b	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando a caldeira for submetida à alteração ou reparo importante capaz de alterar suas condições de segurança?						
13.5.9c	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre antes de a caldeira ser colocada em funcionamento, quando permanecer inativa por mais de 6 meses?						
13.5.9d	A inspeção de segurança extraordinária é feita sempre quando houver mudança de local de instalação da caldeira?						
13.5.10	A inspeção de segurança é realizada por "Profissional Habilitado"?						
13.5.11	Após inspeção da caldeira é emitido "Relatório de Inspeção" - RI?						
13.5.12	Uma cópia do RI, num prazo máximo de 30 (trinta) dias a contar do término da inspeção, é encaminhada à representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?						
13.5.14	Sempre que os resultados da inspeção determinarem alterações dos dados de placa de identificação, a mesma é atualizada?						