

CENTRO UNIVERSITÁRIO DA FUNDAÇÃO ASSIS GURGACZ
ALESSANDRA GIGLIO

AVALIAÇÃO EM CALDEIRAS A VAPOR QUANTO AO SEGUIMENTO DAS
NORMAS DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO

CASCADEL - PR
2017

ALESSANDRA GIGLIO

**AVALIAÇÃO EM CALDEIRAS A VAPOR QUANTO AO SEGUIMENTO DAS
NORMAS DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO**

Trabalho apresentado à disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz – FAG como requisito de avaliação para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador Eng Mec: Carlos Alberto Breda.

CASCADEL - PR

2017

FACULDADE ASSIS GURGACZ - FAG

ALESSANDRA GIGLIO

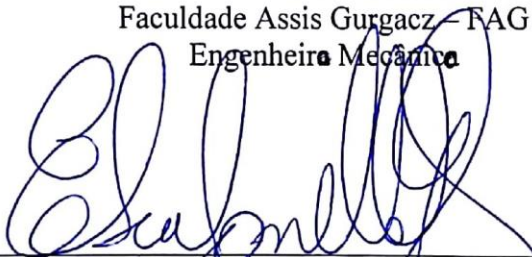
**AVALIAÇÃO EM CALDEIRAS A VAPOR QUANTO AO SEGUIMENTO DAS
NORMAS DE SEGURANÇA NA OPERAÇÃO**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica, da FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor (a) Carlos Alberto Breda.

BANCA EXAMINADORA



Orientador Prof. Msc. Carlos Alberto Breda
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. Eliseu Avelino Zanella Junior
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico



Professor Msc. José Claudio Terra Silveira
Faculdade Assis Gurgacz – FAG
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 29 de Novembro de 2017

RESUMO

GIGLIO, Alessandra. **Avaliação em Caldeiras a Vapor Quanto ao Seguimento das Normas de Segurança na Operação**. Centro Universitário da Fundação Assis Gurgacz. Cascavel-PR, 2017.

Este trabalho tem como objetivo orientar responsáveis e operadores quanto a atos e condições inseguras na operação e instalação de três caldeiras, que são equipamentos que transformam água em vapor, utilizados em empresas da região Oeste do Paraná, segundo normas regulamentadoras e por meio de um *checklist*, buscando obter informações precisas da atual situação de operação. Operar uma caldeira requer conhecimento e atenção, pois há diversos riscos como explosões, incêndios, choques, quedas e intoxicações, podendo causar danos às pessoas e ao meio ambiente se não apresentarem a devida segurança. Por trabalhar com fluidos de diferentes pressões e temperaturas é que a atividade se torna de alto risco e os acidentes podem ocorrer devido à falta de atenção, falta de controle na queima do combustível, falta de capacitação do operador, problemas de instalações e reparos inadequados, medidores desregulados e a falta de cuidado com a água, tanto no tratamento quanto no seu nível. Tendo como base a legislação, foi elaborado um *checklist* para avaliar o conhecimento dos operadores e dos responsáveis das empresas sobre a atual condição, instalação e procedimentos na operação de caldeiras. Os requisitos da NR-13 devem ser atendidos por todas as empresas, o que não é visto na prática, muitas vezes por falta de conhecimento do proprietário, também é possível encontrar diferença de cuidados entre caldeiras instaladas em empresas grandes das instaladas em empresas pequenas, um fator que contribui para o não atendimento das normas é a pouca fiscalização dos órgãos competentes e divulgação dos acidentes em caldeiras comparados com os demais acidentes de trabalho. Assim, constitui-se de risco grave e eminente o não cumprimento de qualquer item previsto em norma que pode causar doenças ou acidentes, por isso, é necessária conscientização de que a atividade possui periculosidade necessitando eficiência e segurança de operação para evitar acidentes e prejuízos financeiros.

PALAVRAS-CHAVE: Norma Regulamentadora 13; Caldeira; Segurança.

ABSTRACT

GIGLIO, Alessandra. **Evaluation in Steam Boilers for the Following of Safety Rules in the Operation.** University Center of the Assis Gurgacz Foundation. Cascavel-PR, 2017.

This work has the objective of evaluating the safety conditions in the installation and installation of boilers, which are equipment that transform water into steam, used in companies in the western region of Paraná, using as basis to comply with a regulatory rule number 13 (NR-13) Ministry of Labor and Employment seeking detailed information on the current operating situation. Operate a requesting boiler and attention, as there are several risks such as explosions, fires, shocks, falls and intoxications, and can cause harm to people and the environment without the condition of safety. By working with fluids of different pressures and temperatures is that the activity becomes high risk and the accidents can due to the lack of attention, lack of control in the burning of the fuel, lack of capacity of the operator, problems of installations and inadequate repairs, meters deregulated and lack of care with a water, both without treatment and not their level. On the basis of the legislation, a checklist was drawn up to assess the existence of an accounting and business management system in a condition, installation and procedure for the operation of boilers. Thus, it can be observed that the owners seek to meet the requirements of the NR-13, but there is still a great difference of health care, quality and maintenance, being that in less production they do not count on qualification and certification. Risks that the activity offered those who have knowledge neglect, in comparison with other work accidents, accidents in small boilers are little publicized. Moreover, another factor contributing to compliance with the standards is the lack of supervision by the competent bodies. Thus, it is a serious and eminent risk of non-compliance with any item provided for in a standard that can cause illness or accidents, therefore, it is necessary to raise awareness of a dangerous activity requiring efficiency and safety of operation to avoid accidents and financial losses.

KEYWORDS: Regulatory Standard 13; Boiler; Safety.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CIPA	Comissão Interna de Prevenção de Acidentes
KPA	Quilopascal
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NR	Norma Regulamentadora
Ph	Potencial Hidrogeniônico
PMTA	Pressão Máxima de Trabalho Admissível
NBR	Norma Brasileira

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Caldeira flamotubular horizontal de funcionamento com três passes.	13
Figura 2: Caldeira vertical com fornalha interna e externa.	14
Figura 3: Classificação quanto à quantidade de tubulões.	14
Figura 4: Caldeira flamotubular horizontal típica.	15
Figura 5: Circulação de água em caldeiras de tubos horizontais.	17
Figura 6: Caldeira aquotubular compacta típica.	18
Figura 7: Vista frontal da caldeira 1	30
Figura 8: Placa de identificação.	31
Figura 9: Dispositivos de segurança da caldeira 1 - Manômetro (A) e Válvula de segurança (B)	32
Figura 10: Reservatório de água.	33
Figura 11: Parte frontal da Fornalha.	34
Figura 12: Dispositivos de segurança da caldeira 2.	35
Figura 13: Vista lateral da caldeira.	36
Figura 14: Vista frontal das instalações da caldeira.	37
Figura 15: Grelha com alimentação automática.	38
Figura 16: Garrafa, visor de nível e manômetro.	39
Figura 17: Equipamento para descarga de fundo.	40

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 OBJETIVO	10
1.1.1 Objetivo Geral	10
1.1.2 Objetivos específicos.....	10
1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	10
1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	10
1.4 JUSTIFICATIVA.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO.....	12
2.1 CALDEIRAS	12
2.1.1 Caldeiras flamotubulares	13
2.1.2 Caldeiras aquotubulares	16
2.1.3 Caldeiras mistas	18
2.2 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA	19
2.3 TRATAMENTO DA AGUA DE ALIMENTAÇÃO.....	21
2.4 DETERIORAÇÃO.....	22
2.4.1 Incrustação.....	22
2.4.2 Corrosão	23
2.4.3 Explosões	24
2.5 INSPEÇÃO.....	25
3 METODOLOGIA.....	28
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
4.1 CALDEIRA 1	29
4.1.1 <i>Checklist</i> ao responsável pela caldeira	31
4.2 CALDEIRA 2	33
4.2.1 <i>Checklist</i> ao responsável pela caldeira	35
4.3 CALDEIRA 3	36
4.3.1 <i>Checklist</i> ao responsável pela caldeira	37
4.3.2 <i>Checklist</i> ao operador	40
5 CONCLUSÃO	42

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	43
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44
APÊNDICES	46
APÊNDICE I – <i>CHECKLIST</i> AO RESPONSÁVEL DA CALDEIRA	47
APÊNDICE II – <i>CHECKLIST</i> AO OPERADOR DA CALDEIRA	52

1 INTRODUÇÃO

A caldeira é um vaso de pressão no qual é gerado vapor de água através da queima de combustível podendo ele ser sólido, líquido ou gasoso. A água, por ter ampla disponibilidade e alto calor específico, justifica a preferência do vapor como fluido de trabalho (BAZZO, 1995).

Uma caldeira trabalha com pressões superiores a pressão atmosférica e o operador deve estar legalmente habilitado conforme normas do MTE e não devem faltar manutenção e inspeção periódica, pois a falta aumenta a probabilidade de ocorrer falhas e as mesmas podem acarretar em acidentes envolvendo vidas e também prejuízos financeiros.

A necessidade de proteção dos operadores e equipamentos com os avanços da tecnologia na produção de vapor se fez necessária após ter acontecido um dos acidentes mais catastróficos da história envolvendo caldeiras, onde morreu 58 pessoas em 1905 na cidade de Massachusets/EUA, e por isso todos os aspectos referentes à segurança são definidos na concepção da caldeira e tudo o que for possível para evitar lesão, perda de vida e dano ao meio deve ser realizado pelo projetista e proprietário do equipamento. A NR-13 é uma norma regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) e determina os parâmetros de segurança para caldeiras e vasos de pressão, considera-se “profissional habilitado” segundo essa norma regulamentadora aquele que tem competência legal para o exercício da profissão de engenheiro nas atividades referentes a projeto de construção, acompanhamento da operação e manutenção, inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão em conformidade com a regulamentação profissional vigente no país.

Este estudo busca definir os tipos das caldeiras, seu funcionamento, motivos dos acidentes, causa da deterioração bem como seus dispositivos de segurança e modo de inspeção.

Com o desenvolvimento teórico e a metodologia aplicada que vem a ser a avaliação do conhecimento dos operários e responsáveis, poderão ser analisados os dados coletados a fim de avaliar as condições reais de segurança na operação de caldeiras em diferentes segmentos industriais.

1.1 OBJETIVO

1.1.1 Objetivo Geral

Fazer um estudo de caso em três caldeiras do Oeste do Paraná para determinar os meios em que são operadas, através das normas de inspeção de segurança criadas pela associação Brasileira de normas técnicas e elaboração de um *checklist* dos principais itens há ser verificado.

1.1.2 Objetivos específicos

- Realizar um *checklist* de acordo com a NR-13 sobre as condições de segurança na operação e instalação;
- Verificar as condições de operação segundo o operador e segundo os responsáveis técnicos das caldeiras;
- Discutir os resultados obtidos em campo.

1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Por se tratar de um equipamento que produz e acumula pressões superiores a pressão atmosférica, é de grande importância conhecer os itens de segurança obrigatórios de uma caldeira e ter o treinamento adequado sobre o modo de proceder em uma situação de risco. Diante disso, pode-se questionar: As empresas estão em conformidade com as normas de segurança que devem ser seguidas?

1.3 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este estudo será realizado em caldeiras da categoria B, modelo flamotubular mista. Com base em análises das principais falhas em caldeiras é que existe a preocupação em averiguar a atenção dada por empresas que utilizam esse

equipamento de grande risco operacional e que, aparentemente, é considerado simples dentro dos seus processos, bem como, pela importância ao atendimento dos procedimentos obrigatórios da NR-13, especificamente para caldeiras, vasos de pressão e tubulações.

1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo Bizzo (2003), caldeiras são altamente perigosas por acumularem grande quantidade de vapor sob alta pressão e temperaturas.

Por apresentarem grande investimento inicial, muitas vezes, as caldeiras são induzidas a operar em condições críticas, por esse motivo, qualquer falha pode resultar em acidente catastrófico, portanto, é de suma importância ter uma operação eficaz, segura e com treinamento adequado (ALTAFINI, 2002).

A operação de caldeiras é considerada uma atividade com sérios riscos, como por exemplo: explosões, incêndios, intoxicação e quedas. Assim, é necessário ter um conhecimento adequado sobre as normas de segurança apresentadas na NR-13 de caldeiras, vasos de pressão e tubulações e sobre as orientações da NBR12177 da ABNT que prevê inspeções de segurança em caldeiras estacionárias a vapor. Desse modo, tem-se como objetivo apresentar a atual situação das caldeiras nas empresas e verificar as condições de operação apresentadas pelos operários e responsáveis técnicos com a preocupação de verificar a situação das mesmas e se estão seguindo as normas, uma vez que estes equipamentos necessitam de atenção por serem de alto risco.

2 FUNDAMENTAÇÃO

2.1 CALDEIRAS

A caldeira é um recipiente metálico que tem como função a produção de vapor mediante o aquecimento de água. As caldeiras em geral são empregadas para alimentar máquinas térmicas, esterilização de materiais, cozimento de alimentos através de vapor e calefação ambiental (ALTAFINI, 2002).

Martins (2001) descreve as caldeiras como equipamentos que se destinam a produzir e acumular vapor sob pressão superior a atmosférica, usando qualquer fonte de energia.

Conforme Bazzo (1995), os primeiros equipamentos destinados a gerar vapor surgiram estimulados pela necessidade de encontrar uma fonte de calor que substituísse os inconvenientes apresentados pela queima direta do carvão. O objetivo era captar e centralizar a energia liberada pelo combustível e distribuí-la aos pontos de consumo.

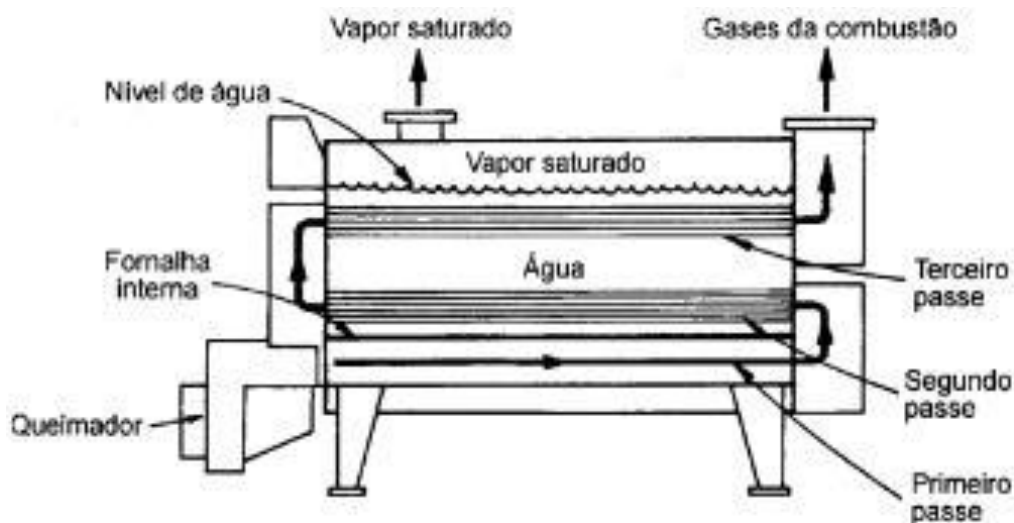
O fornecimento de calor sensível para a água alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente para vaporizar a água, mais o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido, é dado pela queima do combustível. Para Torreira (1995), as caldeiras a vapor são trocadores de calor que produzem vapor de água sob pressões superiores à da atmosfera a partir da energia térmica de um combustível, de um elemento comburente e do ar, constituído por diversos equipamentos associados e integrados para obter melhor rendimento térmico.

Segundo o Senai-PR (1997), as caldeiras são classificadas de acordo com a pressão, o grau de automação, tipo de energia e tipo de troca térmica. A norma regulamentadora NR-13 (2014) classifica a pressão em três categorias: (1) categoria A - para pressão superior a 1960 Kpa; (2) categoria C - para pressão igual ou inferior a 588 Kpa e (3) categoria B - que são as que não se enquadram nas anteriores. Podem ser classificadas também como manuais, semiautomáticas e automáticas, porém a classificação mais usual se refere ao tipo de troca térmica e são divididas em flamotubulares, aquotubulares e mistas (LEITE; MILITÃO, 2008).

2.1.1 Caldeiras flamotubulares

Segundo Bazzo (1995), as caldeiras flamotubulares são aquelas onde os gases quentes passam por dentro dos tubos enquanto a água está ao redor, são normalmente aplicadas em instalações de pequeno porte, com pressões máximas de 1500Kpa para conseguir no final do processo vapor saturado de baixa pressão.

Figura 1: Caldeira flamotubular horizontal de funcionamento com três passes.

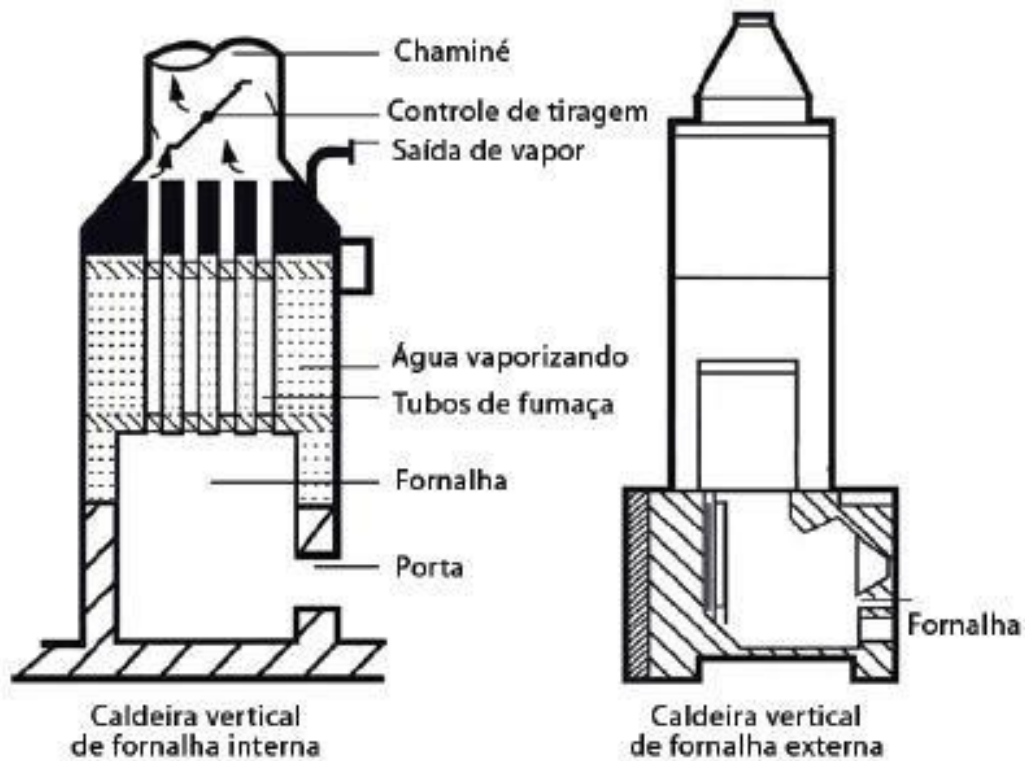


Fonte: BEGA (1989)

A combustão produz gases que passam pelos tubos e são resfriados por transferência de calor. O resfriamento dos gases da combustão é determinado pelo tempo de contato da água com a superfície dos gases, a área de transferência de calor e o diferencial de temperatura (BEGA, 1989).

Existem caldeiras verticais e horizontais segundo o Senai-PR (1997). Nas caldeiras verticais, os tubos são colocados verticalmente num corpo cilíndrico com as extremidades fechadas por placas chamadas espelhos, com sua fornalha podendo ser interna, localizada abaixo do espelho inferior ou externa, normalmente, utilizada para combustíveis de poder calorífico baixo.

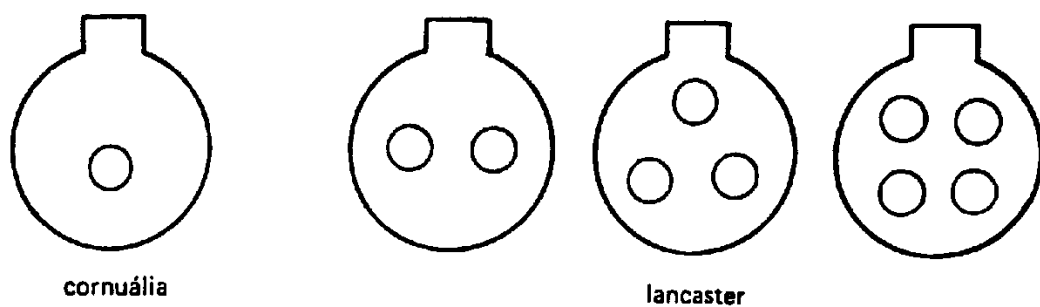
Figura 2: Caldeira vertical com fornalha interna e externa.



Fonte: SENAI-PR (1997).

As caldeiras horizontais apresentam tubulões internos por onde passam os gases quentes e podem ter de 1 a 4 tubos de fornalha.

Figura 3: Classificação quanto à quantidade de tubulões.



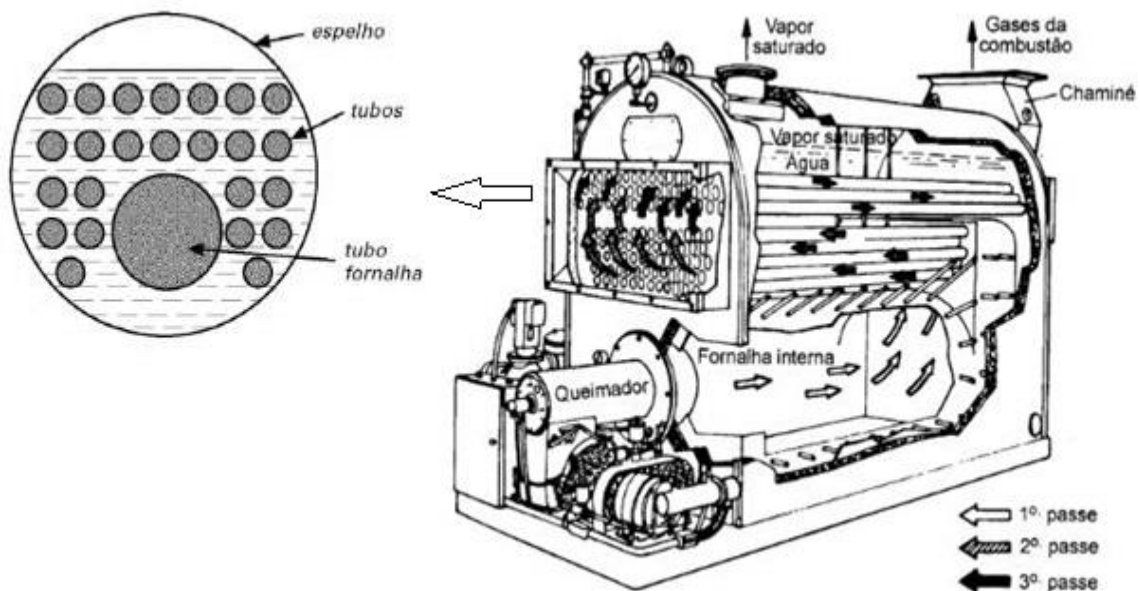
Fonte: SENAI-PR (1997).

São constituídas de vaso de pressão, assim especificada: cilindro horizontal com dois tampões chamados de espelhos e, nesses espelhos, estão fixados os tubos

que são normalmente de dois passes de gases e a fornalha que deve ser dimensionada para ocorrer a combustão completa no seu interior (BIZZO, 2003).

Uma caldeira flamotubular é composta por corpo constituído de chapas de aço carbono calandradas e soldadas, espelhos que são chapas planas em forma circular com furos por onde passam os tubos de fumaça que, por sua vez, são feixes tubulares responsáveis pela absorção do calor e ligam o espelho frontal e o posterior e, por fim, há uma caixa de fumaça onde os gases fazem a reversão do seu trajeto (SENAI-PR 1997).

Figura 4: Caldeira flamotubular horizontal típica.



Fonte: BEGA (1989)

Segundo Senai-PR (1997), as caldeiras flamotubulares apresentam vantagens como, baixo custo de aquisição, pouca alvenaria e aceitam bem o aumento instantâneo da demanda de vapor, porém, as desvantagens implicam em menos rendimento térmico, limitação da pressão e da capacidade de produção, por conter grande volume de água no seu interior, ela apresenta partida lenta e baixa taxa de vaporização.

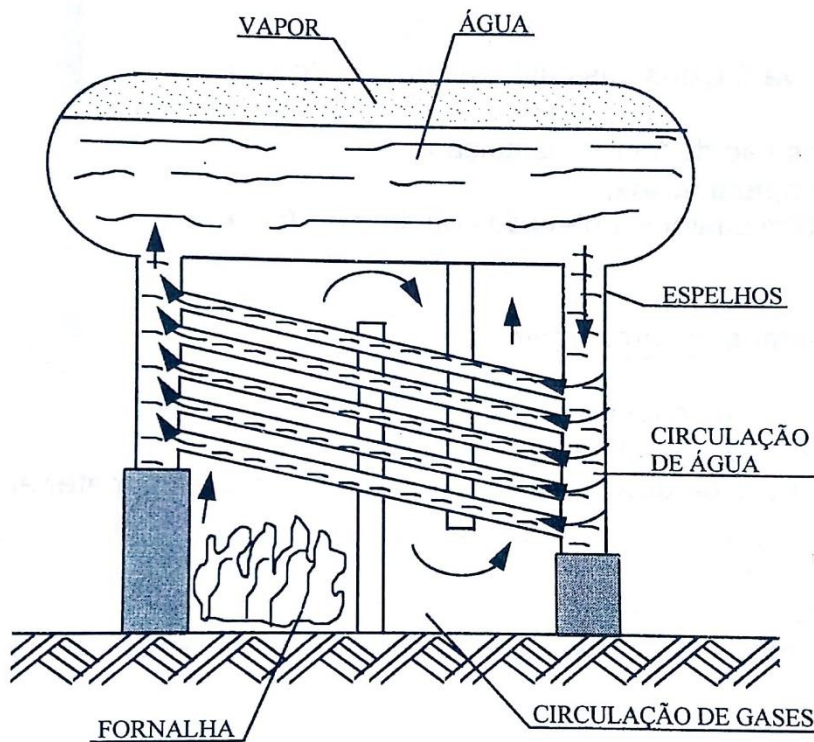
2.1.2 Caldeiras aquotubulares

Com a evolução técnica nas indústrias, surgiu a necessidade de aumentar o rendimento, ter produção rápida e diminuir o consumo, com isso, os fabricantes decidiram inverter, colocando no lugar de tubos de fogo, tubos de água, o que aumenta a superfície de aquecimento. Tem seu princípio baseado no fato de que um líquido aquecido tem suas partículas mais leves e sobem e as frias mais pesadas descem formando um movimento contínuo até a ebulição da água (SENAI-PR,1997).

Segundo Leite e Militão (2008), uma caldeira aquotubular é composta de câmara de combustão, tubos, coletores, tubulão, superaquecedor, sopradores de fuligem, pré-aquecedor de ar, economizador, queimadores, ventiladores, chaminé e válvula de segurança. Bazzo (1995) afirma que estas caldeiras são mais abrangentes, pois elas atendem fábricas pequenas e também centrais termoeletricas, contrária a flamotubular que por dentro dos tubos passam os gases quentes. Na aquotubular, a água circula por dentro vários tubos com pequenos diâmetros dispostos como parede d'água, esta parede está localizada na câmara de combustão onde ocorre o processo de queima do combustível.

O aquecimento é feito com calor gerado pela queima do combustível nos queimadores da câmara de combustão e, então, é gerado vapor que vai para o tubulão. Este vapor é saturado, sendo necessário instalar superaquecedores para a produção de vapor superaquecido, aumentando assim a disponibilidade de energia e melhorando o rendimento em decorrência do salto entálpico (BEGA,1989). Para maior aproveitamento de calor, são instalados acessórios como o economizador - que aproveita o calor dos gases e residuais de combustão - e o pré-aquecedor - que utiliza os gases residuais para aquecer o ar que alimenta e chama (LEITE E MILITÃO, 2008). Logo após os gases de combustão cruzarem o feixe tubular cujo número de passagem dependem do projeto da caldeira, sendo normalmente curvados para ter uma circulação mais eficiente, seguem então até a chaminé para sair no meio ambiente (BAZZO, 1995).

Figura 5: Circulação de água em caldeiras de tubos horizontais.



Fonte: SENAI-PR (1997).

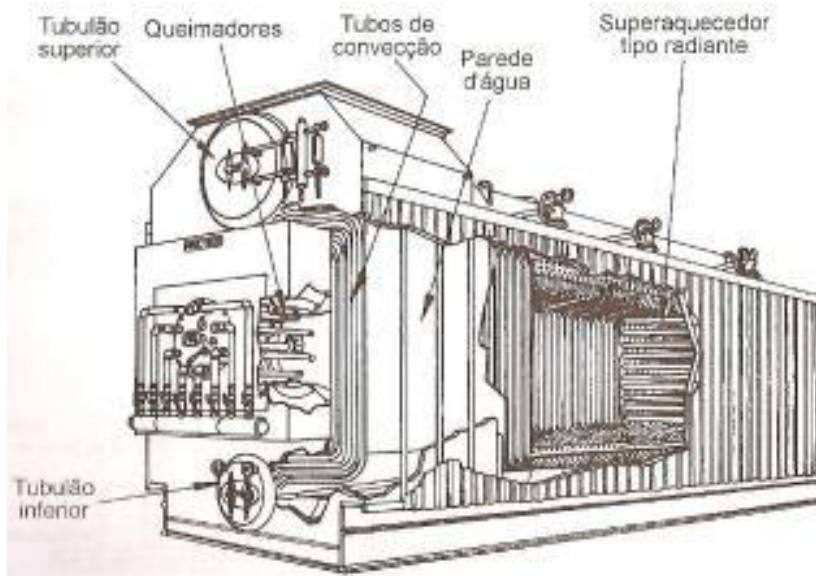
Os coletores, como o próprio nome diz, têm a finalidade de coletar água ou vapor e levar ao tubulão, que é no ponto mais alto do corpo da caldeira. Durante a operação da caldeira, a fuligem se deposita nos tubos, o que dificulta a transferência de calor, por isso, são instalados sopradores de fuligem que servem para remover fuligem ou depósitos de cinzas da superfície externa dos tubos, normalmente, com um jato de vapor seco e altas velocidades, estes sopradores são instalados em lugares estratégicos e o sopro de vapor seco pode atingir tubos com até 3 metros de distância (SENAI-PR, 1997).

Segundo Altafini (2002), para prevenir o aumento da pressão normal de trabalho de uma caldeira, deve haver válvulas de segurança. Toda caldeira deve ter pelo menos uma.

As válvulas têm a função de controlar o fluxo de fluido na tubulação e podem ser classificadas como: (a) válvulas de bloqueio, estabelecendo ou interrompendo um fluxo em sua totalidade; (b) válvulas de regulação manual, como o nome diz, o serviço é feito manualmente; (c) válvulas de retenção que permitem fluxo em só um sentido e (d) válvulas de controle que são válvulas automáticas que controlam pressão e

temperatura (BIZZO, 2003). A figura mostra uma caldeira aquotubular compacta típica com dois tubulões e superaquecedor.

Figura 6: Caldeira aquotubular compacta típica.



Fonte: BEGA (1989).

Algumas das vantagens apresentadas em uma caldeira aquotubular, além de maior produção de vapor e maior rendimento, são as facilidades com limpeza, inspeção e substituição dos tubos se forem retos (SENAI-PR,1997).

2.1.3 Caldeiras mistas

Para utilizar sólidos como combustível em caldeiras de pequena capacidade foi que surgiram as caldeiras mistas (BIZZO 2003). Segundo Leite e Militão (2008), caldeiras mistas são caldeiras flamotubulares que possuem uma antifornalha com parede d'água.

Na antecâmara, ocorre a combustão dos sólidos através de grelhas, pois, são necessários maiores espaços para grandes tamanhos de combustíveis sólidos como toras, lenhas e cavacos, as grelhas facilitam a retirada das cinzas por baixo. Estas caldeiras têm perdas de calor por causa da antecâmara, logo seu rendimento é menor (BIZZO, 2003).

2.2 DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA

Bega (1989) afirma que os dispositivos de segurança foram criados para proteger o equipamento de falhas operacionais e de controle, como os danos em caso de explosão são muito grandes, o sistema de segurança protege tudo que se situa ao redor da caldeira. De acordo com a norma regulamentadora NR-13 (ABNT, 2014), os principais dispositivos de segurança são: válvulas solenoide, válvulas de segurança, manômetro, pressostatos, termostato, indicadores de controle de níveis d'água, injetor e controlador de água e alimentação. Para escolher quais deverão ser os dispositivos usados para casos críticos, é preciso conhecer a caldeira, bem como, sua pressão, tipo, capacidade, combustível, vapor gerado para assim projetar um sistema de segurança que permita que a caldeira funcione apenas se estiver dentro dos limites estabelecidos (BEGA, 1989).

As válvulas de segurança existem para descarregar todo o vapor para a atmosfera evitando que a pressão interna ultrapasse a PMTA. Quando a pressão aumenta acima da PMTA, a válvula abre até que ocorra a queda de pressão e só então ela fecha, instantaneamente, e se mantém vedada e sem vazamento. A válvula solenoide, por sua vez, corta rapidamente o suprimento de combustível em caso de falha de chama (SENAI-PR, 1997).

De acordo com Altafini (2002), esta válvula deve ser testada periodicamente e ajustada.

A utilização do manômetro é obrigatória de acordo com a ABNT, pois ela indica a pressão de vapor acumulada de acordo com o espaço ocupado pelo vapor, o pressostato segundo Senai-PR (1997) é destinado a controlar a pressão da caldeira para não ultrapassar um valor pré-estabelecido. Para combustíveis líquidos ou gasosos, o pressostato atua com a válvula solenoide interrompendo a entrada de combustível e para combustíveis sólidos o pressostato atua diretamente na combustão desligando o ventilador e/o exaustor cortando a alimentação. Então, o pressostato, serve para manter a pressão dentro da faixa admissível de operação.

Toda caldeira deverá apresentar dois sistemas de alimentação de água independentes, um para o uso e outro de reserva, se o principal falhar. Estes sistemas são compostos de reservatório d'água, tubulação que liga este reservatório à caldeira, válvula de retenção que impede o retorno da água do interior da caldeira e válvulas

de bloqueio, utilizadas quando for necessária a parada da caldeira para manutenção e, por fim, filtros para reter as impurezas da água (SENAI-PR, 1997).

Bazzo (1995) orienta que o controle d'água funcione em conjunto com uma bomba para manter o nível de água da caldeira, esse dispositivo pode ser pneumático ou elétrico para caldeiras de grande porte, e de eletrodos ou termo-hidráulicos para pequeno porte. O sistema por eletrodos aproveita a condutividade da água, devem ser dois ou mais, pois um comanda o nível superior e outro o inferior, pode-se ter um adicional para acionar o alarme e desligar a caldeira no caso de outras opções falharem e outro ainda para fechar o circuito elétrico.

Doravante ABNT (1999b), as bombas de alimentação para as caldeiras de alta pressão e os injetores servem para repor a água da caldeira. Os injetores são alternativas de funcionamento. Se a bomba falhar, ele funciona transformando a energia do vapor proveniente do escoamento da própria caldeira em energia cinética, esta energia cria uma depressão que succiona a água e pressuriza até o nível de operação da caldeira.

Sempre com atenção no volume da água de resfriamento, podendo ter controle manual, caso instalado o visor e o indicador de nível. Um visor de nível dá ao operador a exata noção da altura de água existente na caldeira, pois é um tubo ou placa de vidro presa numa caixa metálica, com o nível no centro do visor posicionado bem no centro do tubulão.

Para Souza (2008), o principal fator para a segurança das atividades envolvendo estes equipamentos é o cumprimento das normas legais vigentes que exigem a qualificação do profissional operador e as inspeções sistemáticas. A obediência à legislação traz ao proprietário a segurança no 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.

2.3 TRATAMENTO DA AGUA DE ALIMENTAÇÃO

Os processos industriais, em sua grande maioria, utilizam água de rios ou lagos, lençóis subterrâneos ou rede pública. Durante o processo de captação da água, são absorvidos gases do ar com micro-organismos e poeiras além das impurezas do solo que podem comprometer a segurança e eficiência da caldeira, sabendo disso é que se verificou a necessidade de realizar o tratamento da água de alimentação das caldeiras que varia dependendo da composição da água (SENAI-PR, 1997).

Altafini (2002) cita a dureza total e pH como algumas das fontes de impurezas das águas, a dureza total é a junção de sais de cálcio e magnésio na água formando incrustação no equipamento e o pH é que define quão ácida ou alcalina a água está. A escala usada vai de 1 a 14 onde 1 a 6 é considerada ácida, ou seja, mais corrosiva, 7 é neutra definida como ideal e de 8 a 14 está alcalina, alcalinidade em excesso provoca espuma que arrasta sólidos com o vapor.

Outros tipos de impurezas encontradas na água são os dióxidos de carbono, ferro, cloretos, sílica, oxigênio, óleos, graxas e sólidos, todas essas causam corrosão ou superaquecimento, tendo como finalidade tratar a água, impedir a incrustação, evitar o arraste de sólidos além de controlar e reduzir a corrosão (SENAI-PR, 1997).

Existem dois grupos com métodos para o tratamento da água. Segundo Altafini (2002), o tratamento externo e o interno. O tratamento interno é baseado em eliminar a dureza formada pelos sais de cálcio e magnésio, controlar o Ph, eliminar oxigênio e ter controle do teor de cloretos.

Os sais de cálcio e magnésio formam depósitos duros isolando o calor. Para que isso não aconteça, são usados fosfatos que, ao reagir com os sais, formam um lodo insolúvel e inaderente que se acumula no fundo da caldeira. Para controlar o Ph, é usada soda 50% isso porque as águas normalmente são ácidas, assim, pode-se eliminar o oxigênio ajudando a controlar a corrosão e o processo é realizado através da reação normal do sulfito de sódio e hidrazina com o O^2 .

O método externo de tratamento da água, definido por Nalepa e Cayres (2008) envolve abrandamento, clarificação, troca iônica ou desmineralização e degaseificação.

No abrandamento, é adicionada cal na água, reduzindo assim a quantidade de bicarbonato de cálcio que, ao se precipitar, ajuda na clarificação da água. A clarificação, por sua vez, é um processo que, ao adicionar produtos químicos, as

impurezas se coagulam fazendo com que as partículas se precipitem facilitando a remoção. Na troca iônica, ocorre a substituição dos íons menos desejados pelos mais desejados, as resinas para essa troca podem ser catódicas, que removem os cátions ou anódinas e também remove os ânions da água.

A desgaseificação ou desaeração consiste em aumentar a temperatura da água quando em contato com o vapor e assim eliminar gases dissolvidos na água que normalmente são oxigênio e gás carbônico (SENAI-PR, 1997).

2.4 DETERIORAÇÃO

O que define a vida útil de funcionamento de uma caldeira é a quantidade de horas de fogo que pode suportar, a quantidade de água e a frequência de limpeza em condições normais. Durante a vida útil do equipamento, devem-se levar em conta essas alterações que podem ocorrer na estrutura como corrosão e superaquecimento. Os riscos de acidente tendem a aumentar quando se diminui a tensão admissível do material e o superaquecimento eleva a temperatura acima daquela que o material resiste sem sofrer danos (BAZZO, 1995).

Este superaquecimento pode ser devido à deposição nas paredes dos tubos causados por óleo combustível ou devido a incrustações causadas pela água (LEITE; MILITÃO, 2008).

2.4.1 Incrustação

A incrustação é causada pela evaporação da água, acumulando sólidos dentro da mesma como, por exemplo, íons de cálcio, magnésio e sílica, formando crostas internas nos tubos (BIZZO, 2003).

Pelo aspecto econômico, reduz-se o rendimento da caldeira, pois diminui a produção de vapor por quilograma de combustível queimado e quanto mais se aumenta a espessura da incrustação maior é a necessidade de aumentar a temperatura dos gases para a mesma produção de vapor, assim os aços dos tubos submetidos a altas temperaturas têm a resistência do material prejudicada (SENAI-PR, 1997).

Diminuindo a condutividade térmica e aumentando a temperatura localizada, podem-se ocasionar trincas ou vazamentos (BIZZO, 2003).

2.4.2 Corrosão

Outra grande causa da deterioração é a corrosão, que desgasta a superfície metálica da caldeira tanto interna quanto externa danificando o material e produzindo contaminação de óxidos metálicos, sua causa é normalmente pela deficiência do tratamento da água e pela formação de sais de vanádio no caso de estar presente no óleo combustível. A parte externa da caldeira pode sofrer corrosão também devido a condições atmosféricas (LEITE; MILITÃO, 2008).

Ao ocorrer o desgaste, é diminuída a espessura da superfície interna submetida à pressão, pressostatos e válvulas de segurança não detectam o aumento da corrosão, apenas uma inspeção minuciosa do equipamento, que é obrigatória por lei, detecta tal problema (ALTAFINI, 2002).

Os baixos valores de pH causam corrosão ácida, o oxigênio localizado forma depósitos de ânodo que são causadores de corrosão e pode ocorrer também corrosão na linha do condensado, pois existe a presença de gases como oxigênio e gás carbônico no vapor (SENAI-PR, 1997).

Na fabricação de uma caldeira, o aço dos tubos e chapas são cobertos de uma camada fina protetora de magnetita (Fe_3O_4) a qual tem coloração escura, densa e aderente. Este elemento está constantemente sendo quebrada e reconstruída, porém ao sofrer choques térmicos e a ação de agentes químicos como soda cáustica e oxigênio, a magnetita deixa de existir e começa a oxidação do ferro.

Pode ocorrer corrosão galvânica, que é quando dois metais diferentes estão na presença de um eletrólito, corrosão por aeração diferencial é quando o oxigênio dissolvido na água corrói os tubos superiores deixando menores concentrações de O_2 nos tubos submersos. A corrosão salina acontece quando existem elevadas concentrações de cloretos que migram para ranhuras ou regiões sem proteção da magnetita e a corrosão por gases dissolvidos é quando a água está contaminada com gases que, ao reagir com o ferro, originam o sulfeto de ferro (FeS), que são manchas pretas e deixam a água acidificada (ALTAFINI, 2002).

A corrosão externa acontece, segundo Altafini (2002), na superfície exposta aos gases de combustão, ou seja, na aquotubular a superfície mais quente é no superaquecedor e no reauecedor, nas caldeiras que operam com cinzas fundidas o ataque do O₂ destrói a magnetita, o ar atmosférico também contribui para a corrosão, pois lugares úmidos, com maresia ou muito poluídos a corrosão acontece de modo generalizado em todas as partes de uma caldeira.

2.4.3 Explosões

A queima do combustível produz energia para as caldeiras, essa produção em excesso aumenta a pressão do vapor, outra forma de exceder a pressão de vapor é injetando água de alimentação superior na saída do vapor aumentando assim o nível de água e, conseqüentemente, a pressão de trabalho.

Existem sistemas que ajudam a manter a pressão dentro dos seus limites, são eles: modulação de chama, pressão máxima, válvula de segurança e sistema manual.

Na modulação de chama, o pressostato possui um diafragma que se estende com o aumento da pressão acionando o servo-motor movimentando alavancas para acionar um conjunto de registros que modifica a alimentação do queimador, a pressão máxima é composta de pressostato e válvula solenoide. Quando aumenta a pressão no pressostato, é cortada a alimentação elétrica da válvula e, conseqüentemente, corta-se o combustível do queimador.

As válvulas de segurança deixam o vapor sair quando ultrapassa a pressão máxima de trabalho admissível e o sistema manual, como o nome diz, pode ser acionada pelos operadores e são vários dispositivos para intervir no aumento da pressão.

Com todos esses sistemas, é de se esperar que as caldeiras sejam operadas com segurança, porém, mesmo assim, há inúmeros casos de explosões por causa de falhas destes sistemas (ALTAFINI, 2002).

Fadiga térmica, choques térmicos, explosão na câmara de combustão, uso impróprio de ferramentas de limpeza e recalque das fundações são deteriorações recorrentes (LEITE; MILITÃO, 2008).

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

2.5 INSPEÇÃO

Para realizar uma inspeção é necessário saber quais cuidados devem ser tomados e como funciona uma caldeira, por isso, faz-se necessário conhecer as normas da ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas - sendo elas a NBR-12177.2 que trata de inspeção de segurança em caldeiras aquotubulares; a NBR12-177.1 que trata da inspeção de segurança em caldeira flamotubulares e também a Norma Regulamentadora NR-13. Com base nessas normativas, todos os aspectos que se referem à segurança de caldeiras são definidos na concepção, devendo ser realizado pelo projetista e pelo proprietário tudo o que for possível para evitar lesões, perda de vidas e dano ao meio (ASSUNÇÃO; RIBEIRO, 2008).

De acordo com a NR-13 (2014), toda caldeira deve possuir um manual de operação com procedimentos de partidas e paradas, parâmetros operacionais de rotina, situação de emergência e procedimentos de segurança.

Para a inspeção, realizada na fase de fabricação da caldeira deve ser feito o teste hidrostático para identificar o valor da pressão, já a inspeção periódica deverá ter um documento com a idade da caldeira, condições de operação e diferenças de concepção sendo que este documento deverá ser revisado e atualizado periodicamente e mantido como registro para as próximas inspeções (ASSUNÇÃO E RIBEIRO, 2008). Segundo a ABNT (1999b), no relatório de inspeção deve conter os dados da placa de identificação, categoria e tipo da caldeira, inspeção executada com início e término, descrição dos exames e testes executados, registros fotográficos internos, resultados e providências com parecer conclusivo, data prevista para a próxima inspeção e, além disso, nome, assinatura e número de registro do engenheiro responsável e dos técnicos que participaram da inspeção.

Em caso de explosão ou incêndio, quando a caldeira é submetida a alterações ou reparos importantes, ou ainda quando permanecer em desuso por mais de seis meses, deve-se realizar uma inspeção de segurança extraordinária na qual a data de conclusão pode se considerar como a nova data de origem da caldeira (ABNT, 1999a).

A norma ABNT (1999b) preconiza que deve ser realizado o exame do prontuário, exame externo, exame interno, fixação da PMTA, ensaio hidrostático, ensaio de acumulação, ensaio dos dispositivos de alimentação da água e calibração das válvulas de segurança. O exame do prontuário consiste em verificar a organização, se está tudo completo, atualizado, em dia com a inspeção e se foram atendidas as recomendações anteriores, bem como, dados para a nova inspeção.

O exame externo visual deve ser extensivo e detalhado, analisando tirantes de sustentação, isolamento térmico, portas, visores, instrumentos, caixa de ar, funil de cinzas, suporte de tubulação, escadas, corrimão, plataformas, pisos, vias de evacuação de emergência e sinalização. Existem também órgãos periféricos da caldeira que, muitas vezes, requerem a parada da unidade, são eles: tanque de dissolução, sopradores de fuligem, tanque de linha da água de alimentação, linha de vapor, válvulas e bombas. Os exames internos são os mais detalhados e, por isso, são feitos visualmente e também por ensaios. No visual, são analisados a corrosão, erosão, abrasão, desalinhamento, deformação, amassamentos, trincas, rupturas, deslocamentos e alterações na estrutura dos materiais. Isso tudo deve ser verificado antes e depois da limpeza segundo a norma de inspeção de segurança e, para os ensaios, deve-se medir a espessura das paredes controlando assim a vida útil dos tubos, podendo detectar desgastes anormais e confirmar a pressão máxima de trabalho admissível (ASSUNÇÃO; RIBEIRO, 2008).

A máxima pressão que o material resiste sem sofrer danos deve ser fixada já no projeto da caldeira, se com o tempo ocorrer desgaste na caldeira, a pressão admissível poderá mudar.

O teste hidrostático serve para verificar a existência de vazamentos e insuficiência de resistência, por isso, é feito com a caldeira fria, limpa e vazia, utilizando manômetros. A seguir, deve-se encher a caldeira de água e elevar a pressão (com todas as aberturas fechadas), até atingir a pressão de ensaio, após 30 minutos, o profissional habilitado analisa cuidadosamente possíveis vazamentos, deformações e rupturas. Para ser considerado satisfatório, o ensaio não deverá apresentar tais problemas (ABNT, 1999b).

$$P_t = A \times PMTA \quad (1)$$

Onde:

P_t = Pressão de ensaio medida na saída da caldeira (KPa)

PMTA = Pressão máxima de trabalho admissível (KPa)

A = Fator de sobre pressão

O fator de sobre pressão deverá ser o mesmo aplicado na construção da caldeira, quando o mesmo for desconhecido deve-se adotar:

- 1,5 para PMTA inferior a 2500 KPa
- 1,2 para PMTA igual ou superior a 2500 KPa.

O ensaio de acumulação visa comprovar a suficiência das válvulas de segurança, para isso, são fixadas todas as saídas de vapor exceto as válvulas, ao aumentar a pressão, as mesmas devem abrir por um período de dez minutos para serem consideradas suficientes. Estas válvulas devem ser calibradas de acordo com a PMTA. São feitos ensaios também dos dispositivos de alimentação da água, devendo ser capazes de fornecer às caldeiras água suficiente para atingir o nível necessário no seu interior.

3 METODOLOGIA

O estudo busca avaliar as condições de operação e instalação de caldeiras, tendo como base os *checklists* que serão elaborados de acordo com as normas de segurança, tanto da NR-13 (Norma Regulamentadora de caldeiras, vasos de pressão e tubulações), quanto da ABNT (Associação Brasileira de normas técnicas), por meio da NBR-12177-1 para caldeiras flamotubulares e NBR-12177-2 para caldeiras aquotubulares, normas que dispõem sobre a realização da inspeção de segurança em caldeiras estacionárias a vapor.

Segundo Vianna (2001), na pesquisa qualitativa, você analisa cada situação a partir de dados descritivos, buscando identificar relações, causas, efeitos, consequências, opiniões, significados, categorias e outros aspectos considerados necessários à compreensão da realidade estudada.

Nesse trabalho, serão avaliadas as condições de segurança na operação de três caldeiras a vapor localizadas no Oeste do Paraná, identificadas como Caldeira 1 (um) - de uma fábrica de ração; Caldeira 2 (dois) - de uma agrícola; e caldeira 3 (três) -- de uma cooperativa.

Será realizada uma pesquisa de campo para elaborar dois *checklists*, um sobre as funções de um operador e outro sobre a caldeira, tudo de acordo com as normas, além de registros de imagem e análises dos documentos da empresa.

Para analisar as condições de segurança, serão aplicados os *checklists* aos responsáveis das empresas e aos operadores das caldeiras, observando o conhecimento dos mesmos em relação aos riscos que a atividade oferece.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Ao realizar a visita em campo, foi possível notar uma grande diferença de cuidados entre caldeiras da categoria A que trabalha com pressão igual ou superior a 1960 Kpa e as caldeiras da categoria B e C que são as de menor capacidade. Nas empresas com caldeiras de grande porte, os proprietários buscam atender aos requisitos da NR-13 atendendo às normas de segurança e procedimentos na operação.

Já nas empresas de pequeno porte, os operadores não responderam ou não souberam responder todas as perguntas elaboradas, pois nem todos possuem qualificação e certificação obrigatórias para exercer a função e ainda não dão importância aos riscos que a atividade oferece, considerando que a função do operador é controlar pressão, temperatura, nível e qualidade da água, realizando manutenção das tubulações, registros, válvulas, limpando e lubrificando, além de comunicar quando necessário, caso seja percebida a existência de partes danificadas.

Também é de responsabilidade do proprietário fornecer EPI e fiscalizar o uso, além de solicitar inspeções, manutenções e reparos, bem como, encaminhar os colaboradores para que façam o curso de reciclagem anual para garantir a segurança.

4.1 CALDEIRA 1

A caldeira 1 está localizada em uma fábrica de ração para cachorros que está em atividade desde 2008. É uma caldeira mista, ou seja, são caldeiras flamotubulares que possuem uma antifornalha para que se possa utilizar combustíveis sólidos.

Figura 7: Vista frontal da caldeira 1



Fonte: Registro feito pelo autor.

O tempo de operação desta caldeira é de 16 a 18 horas por dia, parando a noite e nos finais de semana, estando em funcionamento por cinco (5) dias da semana. Não fica mais do que 48 horas parada e conta com dois operadores que revezam este período, é alimentada com eucalipto e consome em média 0,5 m³ de lenha por hora.

Marca: Morgan;

Número de ordem do fabricante: 1750;

Ano de fabricação: 1995;

Modelo: fogotubular mista;

Capacidade de produção: 8.000 Kgv/h;

Superfície de troca térmica: 198 m²;

MPTA: 10,6 Kgf/cm²;

Pressão de teste hidrostático: 15,8 Kgf/cm².

4.1.1 Checklist ao responsável pela caldeira

A fábrica de ração, segundo informações do responsável, conta com um engenheiro mecânico que presta seus serviços anualmente realizando inspeções e supervisão.

No corpo da caldeira está fixada a placa de identificação, contém de forma organizada e de fácil acesso o prontuário da caldeira juntamente com os relatórios de inspeção de segurança, possui manômetro indicando o valor da pressão e, segundo resposta do questionário, o projeto de instalação obedece aos aspectos de segurança, saúde e meio ambiente, porém, os operadores não têm prova de habilitação e nem treinamento de segurança, não são registradas todas as alterações e ocorrências anormais na caldeira. Não possui injetor ou outro meio de alimentação de água e nem sistema para indicar o nível de água para maior controle.

Figura 8: Placa de identificação.



Fonte: Registro feito pelo autor.

Segundo informações contidas no prontuário da caldeira, a mesma está localizada em casa de caldeira, já no questionário ao responsável foi dito estar em área de caldeira, não obedece ao afastamento mínimo de três (3) metros de outras instalações e não dispõe de duas saídas em direções distintas nem acesso fácil.

A empresa realiza o controle de qualidade da água e é o próprio operador que cuida do tratamento de acordo com os parâmetros do projeto. Não é realizada manutenção preditiva no estabelecimento que conta com serviço próprio de inspeção

dos equipamentos periodicamente constituída por exame interno e externo no prazo máximo de noventa (90) dias.

Figura 9: Dispositivos de segurança da caldeira 1 - Manômetro (A) e Válvula de segurança (B)



Fonte: Registro feito pelo autor.

4.1.2 Checklist ao operador

De acordo com o *checklist* respondido pelo operador da caldeira, foi possível verificar a falta de capacitação, pois o mesmo não possui prova de habilitação, treinamento de segurança ou experiência na área com estágio prático. Em relação ao acesso fácil e seguro com a instalação de guarda-corpo foi informado não dispor.

O operador mostrou conhecer os principais dispositivos de segurança sendo eles, manômetro, nível de água e válvula de segurança, porém ele não sabe como evitar altos ou baixos níveis de água, também demonstrou não conhecer o que causa um retrocesso e nem como proceder se a pressão interna da fornalha for maior que a

pressão ambiente. Em caso de incêndio, respondeu não saber o que pode causar e como proceder.

Demonstrou também ter conhecimento dos equipamentos de proteção individual, no entanto, utiliza apenas luva de raspa e capacete. Nesta empresa, o tratamento de água é feito pelo próprio operador que extrai uma amostra de água diariamente para controlar o pH e sólidos totais.

Figura 10: Reservatório de água.



Fonte: Registro feito pelo autor.

4.2 CALDEIRA 2

A caldeira 2 opera em uma empresa de secagem de grãos sendo estes na sua maioria feijão e milho, a empresa está funcionando há mais de quinze (15) anos, porém somente em 2016 é que foi adquirida a caldeira, seu tempo de operação varia, pois depende da safra, chegando a ficar em torno de três (3) meses parada e funcionando, em época de colheita, o tempo necessário para suprir a demanda, ou seja, podendo funcionar noite e dia. É alimentada com eucalipto e atualmente não tem nenhum operador.

Marca: CBC;

Número de ordem do fabricante: 110/16671;

Ano de fabricação: 1980;

Modelo: fogotubular mista;

Capacidade de produção: 3374280 kcal/h;

Superfície de troca térmica: m²;

MPTA: 12,0 Kgf/cm²;

Pressão de teste hidrostático: Kgf/cm².

Figura 11: Parte frontal da Fornoalha.



Fonte: Registro feito pelo autor.

4.2.1 Checklist ao responsável pela caldeira

Por ser um equipamento pouco usado pela empresa funcionando somente no período de safra e fica parado durante as visitas, não foi possível identificar grandes problemas, porém em conversa com o responsável, ficou claro que o mesmo tinha pouco conhecimento no assunto.

A empresa conta com um profissional habilitado que, uma vez ao ano, realiza a inspeção de segurança. A documentação na primeira visita estava perdida, mas ao realizar a segunda visita, alguns meses depois, foi possível identificar o livro próprio com documentação atualizada e relatórios de inspeção. Ao perguntar sobre a placa de identificação, o mesmo respondeu ter feito uma placa nova com todos os dados, mas que foi perdida na própria empresa informado que em breve mandaria fazer outra.

A pressão máxima de trabalho admissível informada inicialmente era 10kgf/cm², mas, tendo em vista as modificações e adaptações sofridas com a adoção de fornalha para queima de combustíveis sólidos e algumas reformas citadas no relatório de inspeção, foi informado que a pressão máxima de trabalho admissível foi elevada para 12kgf/cm².

Nos quesitos de indicadores de nível de água, manômetro, válvulas, bombas e injetores, tudo foi apresentado aparentemente em perfeitas condições.

Figura 12: Dispositivos de segurança da caldeira 2.



Fonte: Registro feito pelo autor.

Não existe manual de operação dessa caldeira, e a mesma não dispõe de iluminação adequada. Está instalada em casa de caldeira segundo sua documentação, mas não possui um prédio separado, uma vez que possui duas paredes adjacentes a outras instalações com menos de três (3) metros de distância e dois lados sem parede, porém um totalmente obstruído com entulho e toras de eucalipto para alimentação da mesma.

Figura 13: Vista lateral da caldeira.



Fonte: Registro feito pelo autor.

Não existe tratamento de água, pois eles acreditam ser desnecessário porque utilizam pouco.

4.3 CALDEIRA 3

A caldeira três está localizada em uma cooperativa agroindustrial, são duas unidades instaladas no mesmo local para suprir a necessidade, sua produção de vapor é usada para secar o milho e a soja utilizados na fabricação de ração para frango de postura matrizeiro, em períodos de safra ela opera 24 horas por dia e 6 dias por semana, entretanto, ficando parada em média cinco meses por ano. Cada caldeira conta com 2 operadores, no período de funcionamento e é alimentada com eucalipto.

Marca: BENECKE;
Número de ordem do fabricante: 0822;
Ano de fabricação: 2015;
Modelo: flamotubular horizontal;
Capacidade de produção: 35000 kgv/h;
MPTA: 10,6 bar.

Figura 14: Vista frontal das instalações da caldeira.



Fonte: Registro feito pelo autor.

4.3.1 Checklist ao responsável pela caldeira

Cada uma das caldeiras produz vapor para aquecer o ar de forma indireta, estão acopladas a 2 unidades secadoras de cereais para 1500 toneladas, tem sua grelha com alimentação automatizada e toras de eucalipto, em média com um metro de comprimento. Além da fiscalização do operador, o sistema também conta com fiscalização por câmeras para não ter perigo de a tora estar desalinhada e danificar o equipamento, também é automática a retirada de cinzas.

Figura 15: Grelha com alimentação automática.



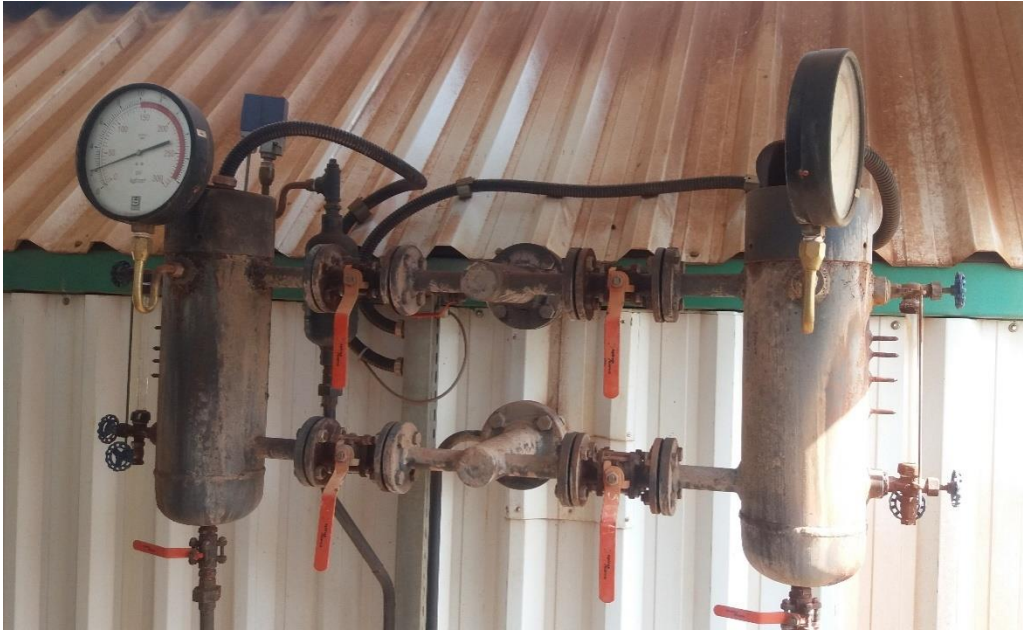
Fonte: Registro feito pelo autor.

As válvulas de segurança, usadas para promover o escape do excesso de vapor evitando pressões acima da máxima permitida, vêm calibradas e lacradas de fábrica e são conferidas periodicamente, pois na própria empresa onde a caldeira está instalada tem laboratório de calibração.

A empresa conta com equipamentos reservas para o caso de os principais falharem, por exemplo, o manômetro e a garrafa de nível que funciona em conjunto com a bomba de alimentação. Esta garrafa tem quatro eletrodos dentro, quando o nível está baixo, liga a bomba, quando alto desliga, em caso de emergência desliga todo o equipamento, exceto os alarmes e equipamentos de segurança, assim, o eletrodo de referência fecha o circuito elétrico. No caso de falha de qualquer um destes eletrodos é que se utiliza o reserva.

Mesmo com a caldeira parada, que foi o caso no dia da visita, o visor do nível estava cheio, pois como a água recebe tratamento, deixa a caldeira cheia evitando problemas internos, tais como corrosão entre outros.

Figura 16: Garrafa, visor de nível e manômetro.



Fonte: Registro feito pelo autor.

Como todas as caldeiras são feitas para trabalhar exclusivamente com água limpa, purificadas e tratadas para manter a eficiência térmica e segurança mecânica, a empresa conta com tratamento externo, eliminando o oxigênio e o CO₂, purificando, desmineralizando e desgaseificando, fazendo também o tratamento interno, ou seja, quimicamente tratado. Periodicamente, é retirada uma amostra de água para análise. Este serviço é feito por outra empresa especializada que define qual tratamento deve ser feito e o mesmo é dosado pelo próprio operador.

Mesmo com o tratamento da água não é possível retirar todas as impurezas e, por isso, a empresa conta com a descarga de fundo, o equipamento é instalado no ponto mais baixo do sistema de circulação de água, o que ajuda a fluir para fora o lodo e as sedimentações. O tempo e a frequência adequada de descarga é estabelecido pelo responsável técnico do tratamento químico da água.

Figura 17: Equipamento para descarga de fundo.



Fonte: Registro feito pelo autor.

4.3.2 Checklist ao operador

Segundo os operadores, foi realizada uma prova de habilitação e, na própria empresa, através de uma escola especializada, foi feito o treinamento de segurança tanto para operador quanto para alguns engenheiros que lá trabalham. Foi realizado um estágio prático supervisionado 80 horas. O operador tem conhecimento da caldeira, acesso ao manual de operação, conhece os principais dispositivos de segurança, utilizam proteção individual e sabem como proceder se algum sinistro como, vazamento de água, retrocesso, falta de energia e incêndio acontecer.

Mesmo nunca tendo presenciado um acidente envolvendo caldeiras, eles demonstram ter conhecimento do risco que a atividade oferece. Também é função do operador manter a área da caldeira livre de pó, areia e detritos, pois estas impurezas

provocam o mau funcionamento dos controles, principalmente, por se tratar de instrumentação para controles automáticos, por isso, é realizada uma limpeza diária do local.

O operador informou que o mesmo realiza semanalmente o acionamento manual das válvulas de segurança garantindo o funcionamento regular durante a operação da caldeira, também são realizados testes no injetor de água, assim, é verificado se existem vazamentos nas outras válvulas. Também ocorre a limpeza nos filtros de ar, lubrificação nos exaustores e ventiladores. Mensalmente é efetuada a limpeza nos filtros de água, painel elétrico e compressor de ar. É verificada a bomba da água e parafusos de fixação dos motores e bombas.

5 CONCLUSÃO

Na realização das visitas de campo e também através das perguntas elaboradas aos operadores e aos responsáveis técnicos das empresas, foi possível verificar a diferença de cuidados entre caldeiras de grandes e pequenas capacidades. As caldeiras menores apresentam, de acordo com a NR-13 do Ministério do Trabalho, não conformidades e os responsáveis e operadores não tem total conhecimento da Norma Técnica, aqueles que conhecem um pouco da norma ainda assim não atendem os requisitos exigidos pela mesma.

Na caldeira 1 (um), é preciso ser implementado o atendimento ao uso de EPIs, sistema de iluminação, adequar a área do entorno da caldeira com afastamento mínimo de 3 (três) metros de outras instalações, realizar manutenções periódicas e disponibilizar curso de capacitação com estágio prático de acordo a NR-13. Na caldeira 2 (dois), existe a necessidade de uso de EPIs, instalar iluminações adequadas como também sistema de iluminação de emergência, capacitar os operadores e fornecer estágio prático, além de desobstruir uma das saídas da casa de caldeira que permanece obstruída pelo excesso de lenha disposta no pátio, também é necessária a fixação da placa de identificação em local visível e de fácil acesso e promover o tratamento da água de alimentação da caldeira. A caldeira 3, por contar com profissionais que tem conhecimento dos riscos da atividade e um maior número de funcionários, se tenta ao máximo se adequar as normas vigentes, o que, muitas vezes, encarece o equipamento, porém é necessário.

Em termos de acidentes envolvendo caldeiras, é possível dizer que tanto as de maior capacidade quanto as menores proporções podem causar acidentes ou doenças relacionadas ao trabalho e, por isso, não deveriam apresentar diferenças de cuidado e seguimento de normas. Pode-se dizer também que um fator que contribui para o não atendimento da norma, é a pouca fiscalização dos órgãos competentes.

Não cumprir qualquer item previsto na NR-13, caracterizando uma situação que possa causar doenças ou acidentes, constitui risco grave e iminente, por isso, é necessária a conscientização de empresários e funcionários de que essa atividade é perigosa, evitando assim danos à vida, bem como, prejuízos financeiros ao estabelecimento.

6 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalhos futuros é possível elaborar um manual técnico de inspeção de segurança em caldeira, e também fazer um levantamento da vida remanescente destes equipamentos, conforme preconiza a NR-13.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12177-1**. Caldeiras estacionárias a vapor – inspeção de segurança – Parte 1: caldeiras flamotubulares. Rio de Janeiro. 1999a.

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12177-2**. Caldeiras estacionárias a vapor – inspeção de segurança – Parte 2: caldeiras aquotubulares. Rio de Janeiro. 1999b.

ALTAFINI, C. R. **Apostila de Caldeiras**. Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade de Caxias do Sul, 2002. Disponível em <<http://www.segurancaetrabalho.com.br/download/caldeiras-apostila.pdf>>. Acesso em: 03 mai. 2017.

ASSUNÇÃO, K.M.; RIBEIRO M.M. **INSPEÇÃO DE CALDEIRAS**. Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor. Escola Politécnica – Deptº de Engenharia Mecânica EPUSP-PROMIMP, 2008. Disponível em https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf Acesso em 29/03/2017

BAZZO, E. **Geração de vapor**. 2.ed. Florianópolis: Ed da UFSC, 1995.

BEGA, E.A. **Caldeiras – Instrumentação e controle** – Rio de Janeiro, 1989.

BIZZO W.A. **Geração, distribuição e utilização de vapor** – São Paulo: Ed da UNICAMP, 2003.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho. **Norma Regulamentadora nº13**. Brasília, Diário Oficial da República Federativa do Brasil, 2014. Disponível em: <<http://www.normaslegais.com.br/legislacao/portaria-mte-594-2014.htm>>. Acesso em: 23 mai. 2017.

LEITE, N.R.; MILITÃO, R.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 <https://lcsimeifiles.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2017.

MARTINS, A.R.S. **Caldeiras e fornos**. In: MARQUES, M.; HADDAD, J.; MARTINS, A.R.S (Coord). Conservação de energia: eficiência energética de instalações e equipamentos. Itujubá. MG, 2001. Cap.9. pp.307-337.

NANEPA, M.B.; CAYRES, P.G. **Tratamento e sistemas de tratamento de água industrial**. Fabricação e Montagem de Caldeiras e Trocadores de Calor. Escola

Politécnica – Deptº de Engenharia Mecânica EPUSP-PROMIMP, 2008. Disponível em <https://lcsime.files.wordpress.com/2012/09/caldeiras_prominp.pdf>. Acesso em: 29 mar. 2017.

SENAI – PR. **Manual do operador de caldeira: segurança para operadores de caldeira.** Paraná: I.E.L, 1997.

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. Disponível em: <http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/14976/1/EdilsonRS_DISSERT.pdf>. Acesso em: 03 mai. 2017.

TORREIRA, R.P. **Geradores de vapor.** São Paulo: Companhia de melhoramentos 1995.

VIANNA, I.O.A. **Metodologia do trabalho científico: um enfoque didático da produção científica.** São Paulo: E.P.U, 2001.

APÊNDICES

APÊNDICE I – *CHECKLIST* AO RESPONSÁVEL DA CALDEIRA

1 – Existe “Profissional Habilitado” para inspeção e supervisão de inspeção de caldeiras e vasos de pressão?

☐ Sim ☐ Não

2 – A caldeira possui placa de identificação (local visível), contendo nome do fabricante, número de ordem, ano de fabricação, pressão máxima de trabalho, pressão de ensaio hidrostático, capacidade de produção de vapor, área de superfície de aquecimento, categoria, combustível e código de projeto e ano de edição?

☐ Sim ☐ Não

3 – Possuem, no estabelecimento, documentações devidamente atualizadas e organizadas contendo caracterização da caldeira, documento original do fabricante e projeto de instalação, ou seja, o prontuário da caldeira?

☐ Sim ☐ Não

4 – Possui registro de segurança contendo livro próprio com anotação sistemática de todas as ocorrências importantes, capazes de influir nas condições de segurança da caldeira, e as inspeções de segurança?

☐ Sim ☐ Não

5 – São devidamente arquivados os relatórios das inspeções de segurança?

☐ Sim ☐ Não

6 – Quando a caldeira for vendida ou transferida de estabelecimento, os seus documentos a acompanharam?

☐ Sim ☐ Não

7 – Quando inexistente ou extraviado, o “Prontuário da Caldeira” foi reconstituído pelo proprietário, com responsabilidade técnica do fabricante ou de “Profissionais Habilitados”?

☐ Sim ☐ Não

8 – Os operadores da caldeira possuem prova de habilitação, conforme as leis vigentes, possuem certificado de treinamento de segurança na operação de caldeiras com comprovação de estágio prático ou experiência na área, comprovada e mínima de 3 anos?

() Sim () Não

9 – Possui manual de operação atualizado em local de fácil acesso aos operadores e contendo procedimentos de partidas e paradas, parâmetros operacionais de rotina, procedimentos para situações de emergência, procedimentos gerais de segurança, saúde e preservação do meio ambiente?

() Sim () Não

10 – O registro de segurança contendo valores de pressões, temperaturas, vazões, amperagem e outros parâmetros que caracterizam sua segurança, está disponível aos operadores, serviço de manutenção e da CIPA?

() Sim () Não

11 – São registradas todas as alterações e ocorrências anormais provocadas por fatores internos ou externos, tais como vazamentos, contaminações da água de alimentação, abertura de válvulas de segurança, níveis anormais, temperaturas de trabalho acima daquelas recomendadas, etc?

() Sim () Não

12 – Possui injetor ou outro meio de alimentação de água?

() Sim () Não

13 – Possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?

() Sim () Não

14 – Possui manômetro indicando o valor da pressão de operação?

() Sim () Não

15 – A caldeira possui válvula de segurança?

☐ Sim ☐ Não

16 – Possui profissional habilitado para inspeção e supervisão da caldeira?

☐ Sim ☐ Não

17 – Possui projeto de instalação por profissional habilitado e obedece aos aspectos de segurança, saúde e meio ambiente?

☐ Sim ☐ Não

18 – A caldeira está instalada em área de caldeira (ambiente aberto) ou em casa de caldeira (ambiente fechado)?

☐ Área de caldeira ☐ Casa de caldeira ☐ Nenhum

19 – Se a instalação é em área de caldeira. – Obedece ao afastamento mínimo de 3 (três) metros de outras instalações do estabelecimento?

☐ Sim ☐ Não

20 – Obedece ao afastamento mínimo de 3 (três) metros do limite de propriedade de terceiros?

☐ Sim ☐ Não

21 – Obedece ao afastamento mínimo de 3 (três) metros do limite com as vias públicas?

☐ Sim ☐ Não

22 – Dispõe de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, desobstruídas e em direções distintas?

☐ Sim ☐ Não

23 – Dispõe de acesso fácil e seguro com guarda-corpo e vão que impeçam a queda de pessoas?

☐ Sim ☐ Não

24 – Se a instalação é em casa de caldeira. – A tubulação que sai das válvulas de segurança leva o vapor para o lado externo do recinto da caldeira?

() Sim () Não

25 – Possui relatórios de inspeção prevendo o exame do prontuário, exame externo e exame interno?

() Sim () Não

26 – Os exames internos e externos são realizadas dentro dos prazos máximos?

() Sim () Não

27 – Possui, em local visível, a categoria da caldeira?

a) caldeiras da categoria “A” são aquelas cuja pressão de operação é igual ou superior a 1 960 kPa (19,98 kgf/cm²);

b) caldeiras da categoria “C” são aquelas cuja pressão de operação é igual ou inferior a 588 kPa (5,99 kgf/cm²) e o volume interno é igual ou inferior a 100 L;

c) caldeiras da categoria “B” são todas as caldeiras que não se enquadram nas categorias “A” e “C”.

() Sim () Não

28 – Quando a caldeira é submetida à alteração ou reparo importante são modificadas as condições do projeto em registro próprio ou alterado seu prontuário?

() Sim () Não () Nenhuma alteração

29 – Dispõe de iluminação adequada?

() Sim () Não

30 – Quando os resultados da inspeção determinaram alterações dos dados da placa de identificação, a mesma foi atualizada?

() Sim () Não () Nenhuma alteração

31 – Existe o controle da qualidade da água?

() Sim () Não

32 – O tratamento de água está de acordo com os parâmetros de projeto?

() Sim () Não

33 – As válvulas de segurança são inspecionadas periodicamente e por profissional habilitado?

() Sim () Não

34 – As válvulas de segurança, instrumentos e controles de caldeiras são mantidas calibrados e em boas condições operacionais?

() Sim () Não

35 – É realizada inspeção de segurança extraordinária? Quando?

() Sim () Não _____

36 – A empresa possui “Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos”?

() Sim () Não

37 – Os “Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos” são organizados na forma de setor, seção, departamento, divisão, ou equivalente, e são certificados pelo INMETRO diretamente ou mediante organismos de certificação por ele credenciados?

() Sim () Não

38 – Os “Projetos de Alteração ou Reparo” são concebidos previamente, sempre que as condições de projeto sejam modificadas ou quando há reparos que possam comprometer a segurança sempre procuram aprovação de um “Profissional Habilitado”?

() Sim () Não

39 – Os sistemas de controle e segurança da caldeira são submetidos à manutenção preditiva?

() Sim () Não

40 – A inspeção de segurança periódica, constituída por exame interno e externo, é executada no prazo máximo de _____.

APÊNDICE II – *CHECKLIST* AO OPERADOR DA CALDEIRA

1 – Possui prova de habilitação conforme as leis vigentes, certificado de treinamento de segurança na operação de caldeiras com comprovação de estágio prático ou experiência na área mínima de 3 anos?

() Sim () Não

2 – O “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeira” é supervisionado tecnicamente por “Profissional Habilitado”?

() Sim () Não

3 – Você cumpriu estágio prático supervisionado, na operação da própria caldeira que está operando, com duração mínima de 80 horas?

() Sim () Não

4 – Conhece o tipo de caldeira que você opera e sua capacidade de produção de vapor? Se sim qual?

() Sim () Não

5 – Tem acesso ao manual de operação atualizado contendo procedimentos de partidas e paradas, parâmetros operacionais de rotina, procedimentos para situações de emergência, procedimentos gerais de segurança, saúde e preservação do meio ambiente?

() Sim () Não

6 – A caldeira dispõe de acesso fácil e seguro com guarda-corpo e vão que impeçam a queda de pessoas?

() Sim () Não

7 – Conhece os dispositivos principais de segurança que a caldeira possui? Quais?

() Sim () Não

8 – Os sistemas de controle e segurança da caldeira são submetidos à manutenção preditiva?

() Sim () Não

9 – Sabe quais equipamentos de proteção individual o operador deve utilizar para trabalhar com uma caldeira? Se sim, quais os utilizados por você?

() Sim () Não

10 – É realizado tratamento de água? Se sim, qual?

() Sim () Não

11 – Conhece os riscos que a atividade oferece?

() Sim () Não

12 – Tem conhecimento de acidentes em caldeiras?

() Sim () Não

13 – Já presenciou algum acidente envolvendo caldeiras? Se sim, como aconteceu?

() Sim () Não

14 – Sabe como proceder perante um vazamento de água ou vapor?

() Sim () Não

15 – Tem conhecimento do que fazer para evitar tais vazamentos?

() Sim () Não

16 – Sabe como proceder perante um retrocesso (Pressão interna da fornalha maior que a pressão ambiente)?

() Sim () Não

17 – Tem conhecimento do que causa um retrocesso?

() Sim () Não

18 – O nível de água abaixo ou acima do limite permitido pode acontecer por várias causas como: Defeitos em válvulas, controles automáticos e elétricos como também por descuido do operador. – Conhece as maneiras de evitar que isso aconteça?

() Sim () Não

19 – Se acontecer sabe como proceder?

() Sim () Não

20 – Se a pressão de vapor subir e a válvula de segurança não abrir você saberá como proceder para que não ocorram acidentes graves?

() Sim () Não

21 – Sabe o que deve ser feito para evitar que a válvula não funcione ao subir a pressão?

() Sim () Não

22 – A pressão de vapor sobe e então a válvula de segurança abre, porém a pressão continua a subir. – Sabe quais as possíveis causas?

() Sim () Não

23 – Tem conhecimento de como evitar que isso aconteça?

() Sim () Não

24 – Depois do ocorrido, sabe como proceder para evitar acidentes mais graves?

() Sim () Não

25 – Sabe como proceder perante a falta de energia elétrica?

() Sim () Não

26 – Tem conhecimento do que pode causar incêndio?

() Sim () Não

27 – Sabe como evitar tal problema? (incêndio)

() Sim () Não

28 – Em caso de incêndio, sabe como proceder?

() Sim () Não

29 – As caldeiras na sua concepção são equipamentos seguros?

() Sim () Não

30 – Assinale o que você considera ser o certo a fazer.

() Inspecionar diariamente o corpo de nível, promovendo a descarga do indicador de nível, das torneiras de prova e do corpo de nível.

() Ao constatar defeito, deve-se injetar água imediatamente no interior da caldeira.

() realizar diariamente o teste nas válvulas de segurança.

() Conforma a prescrição para tratamento de água, deve-se descarregar diariamente a caldeira.

() Manter vidros e aparelhos indicadores de nível sempre limpos.

() Se operado com óleo combustível, aproveitar a incandescência da fornalha para reacender o queimador.

() Extrair amostra de água de alimentação diariamente para controle de tratamento.

31 – Quais os dispositivos indispensáveis numa caldeira e cuja falta enseja a caracterização de situação de risco grave e iminente?
