

CENTRO UNIVERSITÁRIO DE ARARAQUARA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Abdoral Milaré de Carvalho

APLICAÇÃO DA NORMA REGULAMENTADORA 13 (NR-13): ESTUDO DE CASO
EM UMA INDÚSTRIA SUCROALCOLEIRA

Documento apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção, Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

Prof. Dr. Fábio Ferraz Júnior

Orientador

Araraquara, SP - Brasil
2014

FICHA CATALOGRÁFICA

FICHA CATALOGRÁFICA

C321a Carvalho, Abdoral Milaré de
Aplicação da norma regulamentadora 13 (NR-13): estudo de caso
em uma indústria sucroalcooleira/Abdoral Milaré de Carvalho. –
Araraquara: Centro Universitário de Araraquara, 2014.
75f.

Dissertação - Mestrado Profissional em Engenharia de Produção -
Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ferraz Junior

1. Normas regulamentadoras. 2. Caldeiras. 3. Vasos de pressão.
4. Gerenciamento de riscos. I. Título.

CDU 62-1

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

Carvalho, A.M. **Aplicação da norma regulamentadora 13 (NR-13): estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira.** 2014.75f. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP.

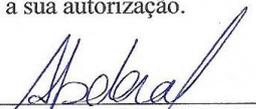
ATESTADO DE AUTORIA E CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Abdoral Milaré de Carvalho

TÍTULO DO TRABALHO: Aplicação da Norma Regulamentadora 13 (NR-13): estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira

Dissertação de Mestrado em Engenharia de Produção – Centro Universitário de Araraquara, Araraquara-SP / 2014

Conforme LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998, o autor declara ser integralmente responsável pelo conteúdo desta dissertação e concede ao Centro Universitário de Araraquara permissão para reproduzi-la, bem como emprestá-la ou ainda vender cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte desta dissertação pode ser reproduzida sem a sua autorização.



Abdoral Milaré de Carvalho
Av Romeu Strazzi, 1744
CEP: 15085 - 520 S J Rio Preto -SP
Email: eng-abdoral@uol.com.br



Centro Universitário de Araraquara

Rua Voluntários da Pátria, 1309 - Centro - Araraquara - SP
CEP 14801-320 - Caixa Postal 68 - Fone/Fax: (16) 3301-7100

www.uniara.com.br

FOLHA DE APROVAÇÃO

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção do Centro Universitário de Araraquara – UNIARA – para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gestão Estratégica e Operacional da Produção.

NOME DO AUTOR: ABDORAL MILARE DE CARVALHO

TÍTULO DO TRABALHO: “Aplicação da Norma Regulamentadora 13 (NR-13): Estudo de caso em uma indústria sucroalcooleira.”

Aprovada em 17/12/2014

Banca examinadora:

Prof(a). Dr(a). Fábio Ferraz Júnior (orientador(a))
Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

Prof(a). Dr(a). Paulo Eduardo Gomes Bento
Universidade Federal de São Carlos - UFSCar

Prof(a). Dr(a). Carlos Magno de Oliveira Valente
Centro Universitário de Araraquara - UNIARA

À Abdoral Pires de Carvalho

In memoriam

RESUMO

A indústria sucroalcooleira para produzir etanol, açúcar e eletricidade depende de equipamentos de processos regulamentados pela NR13: caldeiras e vasos de pressão, os quais armazenam elevado grau de energia que, se liberada inadequadamente, apresenta potencial para acidentes catastróficos. O setor sucroalcooleiro sinaliza que a norma apresenta problemas em sua aplicação. O escopo deste trabalho é investigar a aplicação da Norma regulamentadora 13 (NR 13) em uma usina sucroalcooleira no estado de São Paulo, ponderar a adequação da mesma, mensurar seus riscos e identificar necessidades. Técnicas e Normas ABNT de Gerenciamento de Risco foram utilizadas para alcançar os objetivos propostos. O presente trabalho tem cunho qualitativo, exploratório e usa dados primários e secundários. Um levantamento de campo numa planta sucroalcooleira, com coleta de dados através de listas de verificação e questionários aplicados aos operadores dos equipamentos foi analisado. Os resultados obtidos neste trabalho indicam a conformidade da única caldeira e a não conformidade dos vasos de pressão à NR 13. Estas não conformidades implicam em riscos, os quais podem ser minimizados com um planejamento que contemple a efetiva utilização de dispositivos de segurança, mudança na prática de inspeção, treinamento de operadores e registro documental adequado.

Palavras-chave: Normas Regulamentadoras, Caldeiras, Vasos de Pressão, Gerenciamento de Riscos.

ABSTRACT

The sugar industry to produce ethanol, sugar and electric power depends on process equipment regulated by NR13: boilers and pressure vessels. These equipment store high degree of energy that, if released inappropriately, presents potential for catastrophic accidents. The sugar-ethanol sector signals that the norm presents problems in your application. The scope of this work is to investigate the application of regulatory Standard 13 (NR 13) in an ethanol plant in the State of São Paulo, to consider the adequacy of NR 13, measure your risks and identify needs. Techniques and risk management ABNT Standards were used to achieve the objectives proposed. The present work has a qualitative nature, exploratory and uses primary and secondary data. A survey of field a sugar plant, with data collection through checklists and questionnaires applied to operators of equipment was analyzed. The results obtained in this work indicate the conformity of single boiler and non-conformity of the pressure vessels to the NR 13. These non-conformities imply risks, which can be minimized with a planning that includes the effective use of safety devices, change in inspection practice, training of operators and appropriate documentary record.

Keywords: Risk Manager, Steam Boiler, Pressure Vessel and Regulatory Rules.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Fábrica antes do acidente	22
Figura 2.2: Fábrica após acidente com caldeira	23
Figura 2.3: Classificação das caldeiras.....	28
Figura 2.4: Categorias de Vasos de Pressão	29
Figura 3.1: Processo de Avaliação de Risco	32
Figura 3.2: Matriz de Risco	35
Figura 3.3: Infrações e Notificações por NR – 2001 a 2007 no Rio Grande do Sul	36
Figura 3.4 - Distribuição percentual embargos interdições por Norma Regulamentadora	35
Figura 3.5: Impacto da secção I do código ASME e fundação do National Board.....	38
Figura 3.6: Processo produtivo da cana-de-açúcar.....	38
Figura 3.7: Sistema de Processamento Industrial de Cana.....	40

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Quadro 2.1 :Estrutura da NR 13 :1995	25
Tabela 3.1 – Aplicabilidade das ferramentas utilizadas para processo de avaliação de riscos	34
Tabela 4.1: Enquadramento Metodológico	42
Tabela 5.1: Instrumentos de Coleta de Dados	44
Tabela 5.2: Distribuição de equipamentos por setor	45
Tabela 6.3: Classificação de Risco dos Vasos de Pressão	49
Tabela 6.4: Tabela de Riscos Graves em Vasos de Pressão	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ASME - American Society of Mechanical Engineers

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes

CLT – Consolidação das Leis do Trabalho

D.D.S. – Dialogo Diário de Segurança

D.O.U. – Diário Oficial da União

EPI – Equipamento de Proteção Individual

INMETRO - Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia

ISO – International Organization for Standardization

MTb – Ministério do Trabalho

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego

NBR – Normas Técnicas Brasileiras

NR – Norma Regulamentadora

OSHA - Occupational Safety And Health Administration

PCMSO - Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional

PH – Profissional Habilitado

PMTA – Pressão Máxima de Trabalho Admissível

PPRA - Programas de Prevenção de Riscos Ambientais

RGI – Risco Grave e Iminente

SESMT – Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho

SSMA – Segurança e Saúde do Trabalho

SUMÁRIO

1. Introdução	12
1.1 Problemática	12
1.2 Questão da Pesquisa	13
1.3 Objetivos.....	13
1.4 Justificativas	14
1.5 Considerações Metodológicas	15
1.6 Estrutura do Trabalho	16
2. Segurança no Trabalho	Erro! Indicador não definido.17
2.1 Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho.	17
2.2 Segurança em Operações de Caldeiras e Vasos de Pressão.	21
2.2.1 Fundamentação Histórica.....	21
2.3 Norma Regulamentadora 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão.....	25
2.3.1 Classificação das Caldeiras	27
2.3.2 Classificação dos Vasos de pressão	28
3. Risco de acidentes na operação de caldeiras e vasos de pressão	30
3.1 Conceito de Risco	32
3.2 Gestão de Risco	32
3.2.1 Técnicas para o processo de Avaliação do Risco.	33
3.2.2 Matriz de Probabilidade e Consequência – Matriz de Risco	34
3.3 Acidentes na Operação de Caldeiras e Vasos de Pressão.....	36
3.4 Equipamentos no Processo Produtivo Sucroalcooleiro	38
4. Metodologia de Pesquisa	41
4.1 Metodologia Científica	41
5. Coleta e Análise dos Dados	44
5.1 Dados Gerais.....	44
5.2 Caldeira.....	46

5.3 Vasos de Pressão.....	48
5.4 Plano de Adequação.....	56
6. Conclusão.....	57
6.1 Conclusões.....	57
6.2 Limitações da pesquisa.....	58
6.3 Sugestão de trabalhos futuros.....	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
APÊNDICE I - Check list de avaliação : Caldeira	63
APÊNDICE II - Check List para Verificação – Vasos de Pressão.....	70
APÊNDICE III - Questionário – Caldeira	72
APÊNDICE IV - Questionário – Vasos de Pressão	74

1. INTRODUÇÃO

Este capítulo contextualiza o tema, informa sobre os objetivos gerais e específicos, relevância e metodologia; assim como a estrutura dos capítulos que compõem este trabalho.

1.1 Problemática

As empresas, em todos os segmentos, atuam em cenário de grande competitividade, e a adequação a esta realidade as obriga à melhoria continuada de processos com relação a eficiência e segurança (Passos, 2010). Neste contexto, minimizar perdas – associados à interrupção dos negócios, ao meio ambiente e à vida, é atividade inerente ao gerenciamento de risco (Soares *et al*, 2011) e fator crítico de sucesso para as empresas. Estas devem ter equipamentos com desempenho e eficiência operacional maximizados, além de atender a legislação brasileira relativa ao tema.

A indústria sucroalcooleira, em sua área industrial, depende de equipamentos de processo regulamentados pela Norma Regulamentadora 13 (NR-13): caldeiras e vasos de pressão. Segundo Borba e Lima (2009): “Caldeiras, vasos de pressão e fornos são equipamentos que manuseiam um elevado grau de energia que se liberadas inadequadamente apresentam um potencial para acidentes catastróficos”.

A NR-13 regulamenta as instalações, manutenção e inspeções de caldeiras e vasos de pressão no Brasil. De seu texto depreende-se que ela estabelece prazos máximos para inspeção com base numa classificação qualitativa do potencial de falha, considerando as características do fluido e a combinação pressão e volume do equipamento, isto é, a energia armazenada. No entanto, desconsidera o estágio atual e a evolução dos mecanismos de danos no equipamento, pois seu prazo permanece inalterado ao longo do tempo. Além disso, não define como realizar a inspeção, tampouco como avaliar os mecanismos de falha, relata Esteves *et al* (2012).

A inspeção de Caldeiras e Vasos de Pressão é regulamentada por normas técnicas. No Brasil, o órgão responsável pelas normas é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A norma ABNT NBR 12177:1999 define procedimentos de inspeção em caldeira enquanto a série das normas ABNT NBR 16035 proveem os requisitos para construção de caldeiras e vasos de pressão.

Na grande maioria dos países, o gerenciamento de risco em equipamentos de processo norteia-se por normas editadas por organismos de normalização de setores como o estadunidense *American Petroleum Institute* (API), que trata do tema na norma API 581 (*Risk Based Inspection*). Ao confrontarmos os resultados da aplicação do documento API 581 com as exigências da NR-13 quanto aos prazos máximos entre inspeções em vasos de pressão de uma unidade industrial, os resultados mostraram que há equipamentos caracterizados com risco alto em uma metodologia enquanto na outra o mesmo equipamento é caracterizado como risco baixo, e vice versa, afirma Eckstein, Jatkoski e Etter (2002).

1.2 Questão da Pesquisa

A literatura sobre a NR 13 na indústria sucroalcooleira não retoma artigos relacionados ao tema quando pesquisada em banco de dados como o Scielo, Capes, Unicamp ou Usp, indicando pouco conhecimento na aplicação da norma. Existem estudos propondo alterações na norma e o setor sucroalcooleiro manifesta preocupação em meios de comunicação do setor, como jornais, sites e revistas voltados ao segmento. Tal preocupação estende-se a nível nacional já que o setor ocupa parcela importante da matriz energética brasileira.

Este trabalho busca investigar a aplicação da Norma Regulamentadora 13 numa usina sucroalcooleira, mensurar seus riscos – através de técnicas de gerenciamento de riscos – e propor mudanças para atendimento à realidade do setor. Foram pesquisados todos os equipamentos sob enquadramento da NR 13 de uma usina que produz açúcar, álcool e eletricidade. Esta unidade produtiva possui características comuns as demais empresas do ramo, pois compartilham métodos, processos e equipamentos de fornecedores comuns ao setor sucroenergético; assim seu entendimento, dentro das limitações da pesquisa, contribuirá para traçar rumos para adequação do setor à legislação de segurança.

1.3 Objetivos

Diante do exposto nos parágrafos anteriores, este trabalho tem os seguintes objetivos:

Objetivo Geral

Investigar a aplicação da Norma Regulamentadora 13 (NR-13) em uma indústria sucroalcooleira do interior do Estado de São Paulo e propor estratégias de adequação.

Objetivos Específicos

- Avaliar a adequação da indústria estudada ao atendimento da NR-13, quantificando a aplicação dos itens da norma;
- Mensurar seus riscos, utilizando-se de técnicas de gerenciamento de riscos;
- Identificar suas necessidades para a redução de riscos.

1.4 Justificativas

Desde 1978, ano inicial de vigência das Normas Regulamentadoras, nota-se um crescimento das práticas relativas à segurança do trabalho no Brasil; todavia se percebe dificuldades em lidar com o assunto daqueles que estão envolvidos com ações preventivas aos riscos que cada atividade laboral disponibiliza. As mudanças advindas nos locais de trabalho e na postura dos trabalhadores devem-se à criação das Normas Regulamentadoras, as quais são colocadas em prática principalmente quando há cobrança por parte dos órgãos responsáveis.

A atividade de gerenciamento das unidades industriais é altamente afetada pelo gerenciamento dos riscos inerentes ao processo produtivo. A evolução desta atividade associada à ocorrência de acidentes industriais de elevada intensidade promoveram o desenvolvimento da segurança do processo dentro das empresas operadoras de processos contendo equipamentos dotados de energia acumulada como as caldeiras e vasos de pressão, conforme Borba e Lima (2009).

A fiscalização da aplicação das Normas Regulamentadoras é realizada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) através das Delegacias Regionais do Trabalho (DRT) e 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, assinala Campos (2011).

No setor sucroalcooleiro, a parada para manutenção ou restauração de equipamentos significa a parada da produção e perdas no processo.

Eckstein, Jatkoski e Etter (2002), analisaram comparativamente a NR 13 com a API 581-*Risk Based Inspection*, quanto aos prazos máximos de inspeção numa unidade industrial e concluíram que há equipamentos caracterizados com risco alto em uma metodologia enquanto na outra o mesmo equipamento é classificado como de baixo risco e vice versa.

“Primeiramente, o risco estabelecido pela NR-13 se baseia apenas em consequência, não levando em conta os mecanismos de deterioração que agem nos equipamentos durante sua vida em serviço. Este procedimento para o estabelecimento do risco na NR-13, parte de uma visão onde, explicitamente, o equipamento apresentaria uma forma de risco inerente, imutável, que pode ser visto como um risco “estático”. No entanto, implicitamente, ela reconhece que há uma variação do risco ao longo da vida em serviço, e que os mesmos seriam modificados pelos planos de inspeção, mas não considera esta evolução na sua categorização dos vasos de pressão.”

Segundo Souza (2008) uma análise da NR-13 mostra que esta está distante de um modelo de Sistema de Gestão de Saúde e Segurança Ocupacional (SGSSO) tal como preconizado pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), por não ter referências a sistemas de gestão. Ademais, uma reformulação da NR-13 na perspectiva da norma 18001 da *Occupational Health & Safety Advisory Services* (OSHAS 18001) seria desejável, conclui Souza (2008), todavia esta alteração não foi considerada na reformulação do texto da NR-13 em 2014, após processo de consulta pública.

1.5 Considerações Metodológicas

O presente trabalho trata-se de um estudo de caso com cunho qualitativo e exploratório. Utiliza-se de dados primários (levantamento de campo) e dados secundários (legislação, pesquisa bibliográfica, registros de acidentes e inspeções).

A metodologia empregada no desenvolvimento do presente trabalho seguiu as etapas abaixo listadas:

1. Definição do tema;
2. Pesquisa bibliográfica, destinada a contextualização do tema de estudo para fundamentação teórica, em particular NR-13 e riscos na operação de equipamentos de processo na indústria sucroalcooleira;
3. Levantamento de campo, através de verificação *in loco* e acompanhamento de inspeções, manutenções e ministrando os cursos de treinamento obrigatórios da NR 13 na empresa de estudo.

Mais detalhes da metodologia empregada no presente trabalho é apresentado na seção “Metodologia de Pesquisa” (5.0).

1.6 Estrutura do Trabalho

O presente trabalho compõe-se de 6 secções. A secção 1 introduz o tema e discorre sobre a problemática, questão da pesquisa, objetivos e justificativas. A secção 2 contém revisão bibliográfica sobre segurança do trabalho, normas regulamentadoras e, em particular, a Norma Regulamentadora 13. A secção 3 aborda o conceito e gestão de risco e os acidentes na operação de caldeiras e vasos de pressão. A secção 4 aborda a metodologia empregada, enquanto a secção 5 documenta a Coleta e Análise de Dados. A conclusão, assim como limitações da pesquisa e sugestão de trabalhos futuros são alocadas na secção 6.

2. SEGURANÇA NO TRABALHO

Nesta secção é realizada uma revisão bibliográfica sobre as Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho vigentes e os antecedentes históricos que culminaram na publicação da NR 13. Complementam a secção a Segurança em operações de Caldeiras e Vasos de Pressão, sua regulamentação, fundamentação histórica e a estrutura da NR 13.

2.1 Normas Regulamentadoras de Segurança e Saúde no Trabalho.

As Normas Regulamentadoras (NR) contêm a legislação brasileira relativa à saúde e segurança no trabalho; foram expedidas pelo Ministério do Trabalho através da Portaria GM nº 3.214, de 08 de Junho de 1.978 – BRASIL (1978).

Desde sua publicação, outras portarias modificaram e acrescentaram normas regulamentadoras de proteção ao trabalhador. As Norma Regulamentadoras publicadas inicialmente em 1.978 são as de números 1 a 28 e, ao longo dos anos foram acrescentadas novas NRs. A seguir são descritas, sucintamente, as NRs vigentes na presente data.

A Norma Regulamentadora nº 1 – Disposições Gerais: especifica a abrangência, competências, autoridades, responsabilidades e penalidades na aplicação das NRs de empregados, empregadores e poder publico. Desde sua publicação, sofreu alterações nos anos de 1983, 1988, 1.993 e 2009 (BRASIL, 2013).

A Norma Regulamentadora nº 02 – Inspeção Prévia. Estabelece modelos de declarações através dos quais os novos estabelecimentos declaram suas instalações referenciadas na norma regulamentadora nº 8.

A Norma Regulamentadora nº 03 – Embargo ou Interdição. Define as medidas de urgência adotadas a partir da constatação de risco grave e iminente à integridade do trabalhador.

A Norma Regulamentadora nº 04 – Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e em Medicina do Trabalho. Estabelece as diretrizes dos Serviços Especializados em Engenharia de Segurança e Medicina do Trabalho – SEESMT “com a finalidade de promover a saúde e proteger a integridade do trabalhador no local de trabalho”.

A Norma Regulamentadora nº 05 – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes. Estabelece objetivo, constituição, dimensionamento, organização e funcionamento desta comissão destinada a prevenção de acidentes e doenças decorrentes do trabalho.

A Norma Regulamentadora nº 06 – Equipamentos de Proteção Individual – EPI. Define EPI como sendo “*dispositivo ou produto , de uso individual, destinado à proteção de riscos suscetíveis de ameaçar a segurança e saúde no trabalho*”; estabelece regras e responsabilidades de uso, fornecimento e comercialização.

A Norma Regulamentadora nº 07 – Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO). Estabelece o PCMSO como sendo de caráter preventivo, seus parâmetros mínimos e diretrizes gerais, responsabilidades, execução e exames médicos obrigatórios .

A Norma Regulamentadora nº 08 – Edificações. Estabelece requisitos técnicos mínimos a serem observados para garantir segurança e conforto nas edificações aos que nelas trabalhem.

A Norma Regulamentadora nº 09 – Programas de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA). Define um programa obrigatório aos empregadores que visa segurança e saúde através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle de riscos no ambiente de trabalho.

A Norma Regulamentadora nº 10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade. Define requisitos e condições mínimas em prevenção e controle aos trabalhadores que interagem com instalações elétricas e serviços com eletricidade.

A Norma Regulamentadora nº 11 – Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. Estabelece normas de segurança para operação de equipamentos de movimentação de carga como elevadores, guindastes, transportadores industriais e máquinas transportadoras.

A Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos. Define referências técnicas, princípios e medidas de proteção e prevenção no projeto, uso, comercialização , manutenção , montagem, fabricação ou limpeza de qualquer máquina ou equipamento de uso industrial.

A Norma Regulamentadora nº 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão. Trata das instalações, operação, manutenção e inspeção de caldeiras e vasos de pressão. Nesta seção, este tema é aprofundado.

A Norma Regulamentadora nº 14 – Fornos. Relata sucintamente, em 6 artigos, a instalação de fornos e sua operação.

A Norma Regulamentadora nº 15 - Atividades e Operações Insalubres. Identifica, através de seus anexos os Limites de Tolerância, acima dos quais as atividades são

consideradas insalubres e, em decorrência, sua intensidade e adicional salarial. Sofreu 16 alterações desde sua publicação inicial em 1978.

A Norma Regulamentadora nº 16 – Atividades e Operações Perigosas. Define atividades perigosas aquelas relacionadas à explosivos, pólvoras e componentes de fogos de artifício, assim como inflamáveis e radiações ionizantes e adicional salarial relacionado.

A Norma Regulamentadora nº17 – Ergonomia. Destaca em seu artigo inicial que “visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente”.

A Norma Regulamentadora nº 18 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção. Esta NR “estabelece diretrizes de ordem administrativa, de planejamento e de organização, que objetivam a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos de segurança nos processos, nas condições e no meio ambiente de trabalho na Indústria da Construção”.

A Norma Regulamentadora nº 19 – Explosivos. Trata da utilização, importação, exportação, tráfico e comércio de explosivos e a obediência à legislação pertinente adotada pelo Exército Brasileiro.

A Norma Regulamentadora nº 20 – Segurança e Saúde no Trabalho com Inflamáveis e Combustíveis. Define em seu artigo inicial que “estabelece requisitos mínimos para a gestão da segurança e saúde no trabalho contra os fatores de risco de acidentes provenientes das atividades de extração, produção, armazenamento, transferência, manuseio e manipulação de inflamáveis e líquidos combustíveis”.

A Norma Regulamentadora nº 21 – Trabalho a Céu Aberto. Destaca a necessidade de abrigo, mesmo que rústicos, e medidas relativas à insolação, calor, frio, umidade, alojamento e moradia.

A Norma Regulamentadora nº 22 – Segurança e Saúde Ocupacional na Mineração. Disciplina os preceitos a serem observados na organização e ambiente de trabalho na atividade de mineração.

A Norma Regulamentadora nº 23 – Proteção Contra Incêndios. Obriga empregadores a adotarem medidas de prevenção de incêndio de acordo com a legislação estadual e normas técnicas aplicáveis.

A Norma Regulamentadora nº 24 – Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho. Dispõe sobre instalações sanitárias, vestiários, armários, refeitórios e suas quantificações, utilização e especificações.

A Norma Regulamentadora nº 25 – Resíduos Industriais. Conceitua resíduo industrial e as medidas, meios, dispositivos e políticas de redução, armazenamento e destinação.

A Norma Regulamentadora nº 26 – Sinalização de Segurança. Estabelece cores de segurança para estabelecimentos e locais de trabalho, e ainda a classificação, rotulagem e dados de segurança para produtos químicos.

A Norma Regulamentadora nº 27 - Registro Profissional do Técnico de Segurança do Trabalho no MTB – Revogada pela Portaria GM n.º 262, 29/05/2008.

A Norma Regulamentadora nº 28 – Fiscalização e Penalidades. Disciplina a fiscalização pelo Agente Fiscal do Trabalho e as penalidades: embargo, interdição e multas. É parte final das normas publicadas inicialmente em 1978.

A Norma Regulamentadora nº 29 – Saúde e Segurança no Trabalho Portuário, foi publicada em 1997. Tem sua redação dada pela alteração última de 2006 e impõe definições, programas e serviços especializados relativos ao trabalhador portuário.

A Norma Regulamentadora nº 30- Segurança e Saúde no Trabalho Aquaviário. Esta norma regulamentadora “tem como objetivo a proteção e a regulamentação das condições de segurança e saúde dos trabalhadores aquaviários”. Foi publicada pela Portaria SIT n.º 34, de 04 de dezembro de 2002; sua última atualização deu-se pela Portaria SIT n.º 100, de 17 de janeiro de 2013.

A Norma Regulamentadora nº 31 – Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura: “tem por objetivo estabelecer os preceitos a serem observados na organização e no ambiente de trabalho, de forma a tornar compatível o planejamento e o desenvolvimento das atividades com a segurança e saúde e meio ambiente do trabalho”.

A Norma Regulamentadora nº 32 – Segurança e Saúde no Trabalho em Estabelecimentos de Saúde, “tem por finalidade estabelecer as diretrizes básicas para a implementação de medidas de proteção à segurança e à saúde dos trabalhadores dos serviços de saúde, bem como daqueles que exercem atividades de promoção e assistência à saúde em geral”.

A Norma Regulamentadora nº 33 – Segurança e Saúde no Trabalho em Espaços Confinados, “tem como objetivo estabelecer os requisitos mínimos para identificação de espaços confinados e o reconhecimento, avaliação, monitoramento e controle dos riscos existentes, de forma a garantir permanentemente a segurança e saúde dos trabalhadores que interagem direta ou indiretamente nestes espaços”.

A Norma Regulamentadora nº 34 – Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção e Reparação Naval, “estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção à segurança, à saúde e ao meio ambiente de trabalho nas atividades da indústria de construção e reparação naval”.

A Norma Regulamentadora nº 35 – Trabalho em Altura, “estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura”; considera como tal toda atividade realizada em altura superior a 2 metros.

A Norma Regulamentadora nº 36 – Segurança e Saúde no Trabalho em Empresas de Abate e Processamento de Carnes e Derivados. A Norma busca “estabelecer os requisitos mínimos para a avaliação, controle e monitoramento dos riscos existentes nas atividades desenvolvidas na indústria de abate e processamento de carnes”.

A seguir, relata-se os fundamentos da utilização do vapor a partir dos textos da apostila do curso de Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras e Vasos de Pressão do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), entidade referenciada nos treinamentos obrigatórios aos operadores de equipamentos normatizados pela NR 13.

2.2 Segurança em Operações de Caldeiras e Vasos de Pressão.

Nestes tópicos é enfocada a fundamentação histórica da utilização do vapor, os acidentes e a evolução que culminou na publicação da NR 13.

2.2.1 Fundamentação Histórica

As máquinas a vapor utilizam o fato da água, ao ser convertida em vapor, expandir-se cerca de 1.600 vezes seu volume original. No século XVII, o estudioso francês Denis Papin, usou este princípio físico para bombear água num equipamento rudimentar. Em 1712, Thomas Newcomen e John Calley aperfeiçoaram a patente de Savery de 1698. Um construtor de instrumentos, o escocês James Watt, implementou melhorias na máquina de Newcomen, as quais reduziram o consumo de combustível em cerca de 75%. O equipamento de Watt corresponde, aproximadamente, a moderna máquina à vapor, conforme SENAI (2011).

Em 1782, Watt patenteou a máquina rotativa de ação dupla, que permitia sua utilização para a impulsão de mecanismos, como movimentar navios e carroças. No final do século XVIII, os equipamentos a vapor produzidos por Watt e Boulton, forneciam energia

para fábricas , moinhos e bombas na Europa e América, sendo a principal fonte produtora de trabalho do século XIX .

O fornecimento de energia através de máquinas a vapor foi substituído, no século XX, por outras modalidades de equipamentos como os motores de combustão interna para transporte; motores elétricos, para uso industrial e doméstico; turbinas , para geração de energia elétrica, dentre outros. Contudo o vapor mantém extensa aplicação industrial em processos de fabricação, como papel e celulose, indústria alimentícia, vulcanização e reforma de pneus, frigoríficos e laticínios ; na geração de energia elétrica, como a cogeração em usinas sucroalcooleiras e na geração de trabalho mecânico em diversos segmentos industriais, de acordo com SENAI (2011).

No início do século XX, acidentes com caldeiras eram considerados inevitáveis, castigos ou atos de Deus. Em março de 1905, um acidente ocorreu na fábrica de calçados Grove da cidade de Brocton, estado de Massachusets (EUA). Este evento causou 58 mortes, feriu 117 pessoas e evidenciou a necessidade de regulamentação na construção de caldeiras.

Uma fotografia da fabrica calçados Grove como era antes do acidente é mostrada na figura 2.1 e uma fotografia após o acidente com a caldeira na figura 2.2

Figura 2.1 Fábrica antes do acidente



Fonte: :<http://www.globalspec.com/reference/73923/203279/chapter-1-origin-development-and-jurisdiction-of-the-asme-code>

Figura 2.2 Fábrica após acidente com caldeira



Fonte : <http://www.globalspec.com/reference/73923/203279/chapter-1-origin-development-and-jurisdiction-of-the-asme-code>

Em 1907, após amplo debate, foi publicado o *Massachusetts Board*, primeiro código de regras para construção de caldeira e foi seguido em 1908, pelo estado de Ohio, com pequenas alterações, afirma ASME (2014).

A ASME – *American Society for Mechanical Engineering* – fundada em 1880 por um grupo de engenheiros e fabricantes de equipamentos na época do crescimento da industrialização e mecanização norte-americana possuía, desde 1884, o *Boiler Testing Code* (Código de Teste de Caldeira) e, solicitada após o desastre de Brocton, formou o *Boiler Code Commite* em 1911. Publicou em 1915 o *Boiler Code Pressure Vessel* – incorporado como lei na maioria dos estados americanos e províncias do Canadá – afirma ASME (2014). Conhecido por código ASME, é um código dinâmico, pois seu Comitê reúne-se com regularidade para discutir propostas e executar revisões periódicas. Ele subdivide-se em várias secções:

- Secção I : Caldeiras;
- Secção II : Especificações de Materiais;
- Secção III: Vasos Nucleares (Divisão 1 e 2);
- Secção IV: Caldeiras para aquecimento;
- Secção V: Ensaio não-destrutivos;
- Secção VI: Recomendações quanto a segurança e operação e caldeiras para aquecimento;
- Secção VII: Recomendações quanto a segurança e operação de caldeiras;
- Secção VIII: Vasos e Pressão :

- - Divisão I : Projeto Padrão
- - Divisão II : Projetos alternativos
- Secção IX : Qualificação e soldadores, operadores de solda e de diversos processos de soldagem.
- Secção X: Vasos de pressão em plástico reforçado com fibra de vidro.
- Secção XI : Recomendações para inspeção em serviços de Reatores Nucleares.

Os vasos de pressão são regidos pela Secção VIII, onde em seu paragrafo UG 90, este relaciona os requisitos mínimos que um fabricante deve cumprir na fabricação de um vaso de pressão. De forma sucinta, os requisitos são :

- 1- Possuir autorização do Comitê ASME para fabricação (selo ASME).
- 2- Dispor de todos os desenhos e cálculos do vaso.
- 3- Identificar todos os materiais utilizados na fabricação, inclusive os consumíveis
- 4- Dispor de todos os relatórios e não conformidades geradas durante projeto e fabricação.
- 5- Permitir acesso ao inspetor do cliente à fabricação do vaso.
- 6- Comprovar a rastreabilidade da matéria-prima utilizada.
- 7- Consultar e pedir anuência do cliente quando da execução de reparos.
- 8- Ter a disposição procedimentos e registro de qualificação de soldagem utilizados.
- 9- Ter a disposição todos os relatórios de inspeção.
- 10- Ter a disposição o registro de qualificação dos soldadores.
- 11- Ter a disposição o registro ou gráfico dos tratamentos térmicos utilizados, inclusive matéria-prima.
- 12- Ter a disposição o relatório de todos os exames não-destrutivos, inclusive matéria-prima.
- 13- Submeter o Vaso a Teste Hidrostático, na presença do inspetor do cliente.
- 14- Ter a disposição todas as radiografias das juntas soldadas que devem fazer parte da documentação.

Outros países possuem seus códigos normativos como a França, Inglaterra , Japão, Alemanha; todavia os códigos ASME constituem a principal fonte de referencia normativa sobre caldeiras e vasos e pressão no mundo, cita Souza (2008).

2.3 Norma Regulamentadora 13 – Caldeiras e Vasos de Pressão

No Brasil, a preocupação com o tema está desde de 1943 na CLT (Consolidação das Leis do Trabalho), porém de forma incipiente. Somente em 1978, com a demais NRs, foi criada a Norma Regulamentadora 13 - Caldeiras e Recipientes sob Pressão, que estabelecia parâmetros e responsabilidades. Esta Norma sofreu revisão em 1984 e continuou com sérias aplicações práticas. Em 1994, iniciou-se novo processo de revisão da norma, canalizada pela entidades representativas como a ABIQUIM (Associação Brasileira das Industrias Químicas), IBP (Instituto Brasileiro do Petróleo), SENAI, ABNT e INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial). Um grupo de trabalho foi criado e a NR 13 revisada foi publicada em dezembro de 1994 e republicada em abril de 1995, conforme SENAI (1999).

O quadro 2.1 mostra a estrutura da NR 13 elaborada em 1995.

Quadro 2.1 :Estrutura da NR 13 :1995

Caldeiras		Vasos de Pressão
Artigo		
13.1	disposições gerais	13.6
13.2	instalações	13.7
13.3	operação	13.8
13.4	manutenção	13.9
13.5	inspeção	13.10

A estrutura da norma abrange caldeiras e vasos de pressão. Nesta revisão, o item tubulações não teve qualquer referência.

A exigência do pré-requisito de 1º grau para operadores permanece e entre a alterações em relação ao texto anterior destacam-se:

- - Mudança do título da norma de “Caldeiras e Recipientes sob Pressão” para “Caldeiras e Vasos de Pressão”.
- - Definição de RGI (Risco Grave e Iminente) e sua caracterização no texto da norma.
- - O surgimento do SPIE (Serviço Próprio de Inspeção de Equipamento) : o órgão interno a empresas que, quando certificados pela ISO (*International Organization for Standardization*) *guide 25* e apresentando profissionais

habilitados pelo INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), tem atribuição realizar inspeções periódicas, manutenção preventiva e preditiva nos equipamentos abrangidos pela NR 13.

- - Exigência do curso “Treinamento de Segurança na Operação de Unidades do Processo” para os operadores de vasos de pressão de categoria I e II, a partir daquela data.
- - Adequação da carga horária de 60 para 40 h e obrigatoriedade do “Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras”.

Cruz e Silva (2008) afirma que por se tratar de equipamentos que apresentam diversos perigos associados, caldeiras e vasos necessitam de operadores com formação compatível com as realidades, dificuldades e as imprevisibilidades que podem ocorrer e que estes compreendam as novas tecnologias que estão sendo aplicadas nas estratégias de controle e nos equipamentos. Quanto aos cursos obrigatórios para os operadores de caldeira e o requisito escolar necessário, o Ensino Fundamental, não foi considerado suficiente conforme transcrito de Cruz e Silva (2008) :

“Pela NR-13 é necessário apenas ter a formação de Primeiro Grau para participação do treinamento de segurança e essa exigência não é o bastante, haja vista a responsabilidade que estes equipamentos exigem e o conhecimento que o operador precisa apresentar para a tomada de decisão, quando da presença dos problemas.”

Conforme Baum et al (2009) camada de proteção pode ser entendidas como um sistema, dispositivo ou ação capaz de impedir consequências de eventos relacionados a um cenário de riscos específicos, Almeida (2007) afirma que as camadas de proteção presentes numa instalação industrial determinam o nível de integridade segura do sistema e informam o quão protegido aquela instalação está frente a um cenário de risco específico.

Soares (2010) afirma que a NR 13 fornece um bom nível de segurança, pois, através da leitura crítica, pode-se identificar cinco camadas de proteção em sua estrutura:

“ No Brasil, a Norma Regulamentadora 13 é o instrumento estratégico de informação e esclarecimento para ser utilizado por aqueles que laboram para a prevenção de acidentes envolvendo vasos de pressão e caldeiras. Entretanto, mesmo seguindo este documento em sua plenitude, percebe-se que muitos acidentes envolvendo estes equipamentos ainda vem ocorrendo em plantas industriais, de tal forma que, quanto maior a pressão envolvida no equipamento, maiores serão danos em casos de acidentes. (...).Os resultados obtidos demonstraram que a Norma NR 13 fornece um bom nível de segurança, pois, através da leitura crítica, pode-se identificar cinco camadas de proteção em sua estrutura.”

Em 2013, a NR 13 entrou no processo de consulta pública, na qual o MTE disponibilizou o texto de consulta para apreciação das entidades pertinentes ao tema em questão. Este processo de consulta pública resultou na redação dada pela Portaria MTE n.º 594, de 28 de abril de 2014, a qual “*estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão e suas tubulações de interligação nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores*”.

Após a revisão de 2014, a Norma Regulamentadora 13 (NR 13) adquiriu o sumário indicado abaixo:

- 13.1. Introdução
- 13.2. Abrangência
- 13.3. Disposições Gerais
- 13.4. Caldeiras
- 13.5. Vasos de Pressão
- 13.6. Tubulações
- 13.7. Glossário
- Anexo I - Capacitação de Pessoal.
- Anexo II - Requisitos para Certificação de Serviço Próprio de Inspeção de Equipamentos.

Compõe-se de 7 artigos, sendo 1 destinado especificamente a caldeira (13.4) e outro artigo alinhado a vasos de pressão (13.5). O anexo I compõe a estrutura curricular dos cursos de treinamento para caldeira e para vaso de pressão e o anexo II trata dos requisitos de certificação de serviço próprio de inspeção. A alteração principal foi a incorporação do tema tubulações na norma (13.6), onde prazos e programa de inspeção em tubulações são referenciados.

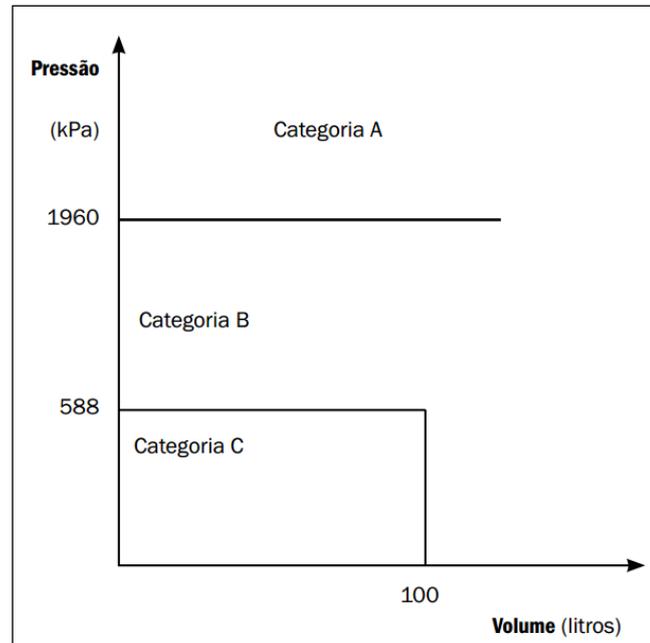
A classificação dos caldeiras e vasos de pressão não foi alterada na revisão de 2014. Os tópicos a seguir elucidam a classificação a partir de documentos editados pelo MTE.

2.3.1 Classificação das Caldeiras

No item 13.4 as caldeiras são classificadas em categorias A, B e C. O MTE em edição comemorativa descreve o critério adotado, assim como ilustra, na figura 4, a classificação adotada, a qual é idêntica nas versões de 1994 e 2014 da norma NR 13:

“ O critério adotado por esta NR, para classificação de caldeiras, leva em conta a pressão de operação e o volume interno da caldeira. Esse conceito, também adotado por outras normas internacionais, representa a energia disponível em uma caldeira. Dessa forma, quanto maior a energia, maiores serão os riscos envolvidos. A capacidade de produção de vapor da caldeira (t/h, kg/h) não é indicativo do risco, já que não considera a pressão do vapor produzido ou o volume de vapor armazenado.”

Figura 2.3 Classificação das caldeiras



Fonte: NR-13 : Manual técnico de caldeiras e vasos de pressão. – Edição comemorativa 10 anos da NR-13 - 1. Reimpressão. Brasília: MTE, SIT, DSST, 2006.

2.3.2 Classificação dos Vasos de pressão

Os vasos de pressão são classificados segundo o tipo de fluido e o potencial de risco, num princípio similar ao adotado na classificação das caldeiras e em normas internacionais pertinentes.

O processo de classificação é semelhante a uma matriz, na qual a linha horizontal é definida pela classe de fluido, que varia de “A” – maior energia a “D”, de menor energia, representada por água e demais fluidos não enquadrados nas classes anteriores. Na coluna, estão os 5 grupos potenciais de risco, sendo 1 o grupo com maior resultado da multiplicação dos parâmetros *Pressão* (P) pelo *Volume* (V) e 5 o grupo com menor valor.

A Norma prevê a classificação especial a vasos sob pressão negativa, em 13.5.1.2:

d) Vasos de pressão que operem sob a condição de vácuo devem se enquadrar nas seguintes categorias:

- categoria I: para fluidos inflamáveis ou combustíveis;
- categoria V: para outros fluidos.

A tabela colocada na norma em 13.5.1.2 define as categorias de *I* a *V*, sendo *I* a categoria de maior energia acumulada e *V* a de menor, devido ao cruzamento de classe de fluido (linha) com rupo Potencial de Risco (Coluna).

Em nota explicativa, a tabela original da NR 13, destaca :

- a) Considerar volume em m³ e pressão em Mpa.
- b) Considerar 1 MPa correspondente a 10,197 kgf/cm²

Figura 2.4 Categorias de Vasos de Pressão

Categorias de Vasos de Pressão					
Classe de fluido	Grupo de Potencial de Risco				
	1	2	3	4	5
	P.V ≥ 100	P.V < 100	P.V < 30	P.V < 2,5	P.V < 1
CATEGORIAS					
<p style="text-align: center;">A</p> <ul style="list-style-type: none"> - Líquidos Inflamáveis, combustíveis com temperatura igual ou superior a 200°C - Tóxico com limite de tolerancia ≤ 20ppm - Hidrogenio - Acetileno 	I	I	II	III	III
<p style="text-align: center;">B</p> <ul style="list-style-type: none"> - Combustível com temperatura menor que 200° C - tóxico com limite de tolerancia > 20 ppm 	I	II	III	IV	IV
<p style="text-align: center;">C</p> <ul style="list-style-type: none"> - Vapor de agua - Gases asfixiantes simples - Ar comprimido 	I	II	III	IV	V
<p style="text-align: center;">D</p> <ul style="list-style-type: none"> - Agua ou outro fluido não enquadrados nas classes A,B ou C com temperatura superior a 50°C 	II	III	IV	V	V

Fonte: NR 13 (13.5.1.2)

A secção seguinte, trata sobre o Gerenciamento de Risco e provê ferramentas de análise para a avaliação de riscos em caldeiras e vasos de pressão numa planta sucroalcooleira.

3. RISCO DE ACIDENTES NA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO

Esta seção provê um breve histórico da evolução do tema Riscos, revê a estrutura e as várias técnicas descritas nas norma da série ABNT NBR ISO 31000:2009 Gestão de Riscos – Princípios e Diretrizes. Discorre sobre o processo de avaliação e tratamento de risco, assim como analisa a técnica Matriz de probabilidade e consequência (Matriz de Risco) para a avaliação de riscos em caldeiras e vasos de pressão.

3.1 Conceito de Risco

Em uma perspectiva histórica Bernstein (1996) afirma que o conceito de risco representou um avanço significativo da civilização moderna; a noção de que o futuro é algo mais do que o capricho dos deuses e que homens e mulheres não são passíveis frente à natureza.

“A ideia revolucionária que define a fronteira entre os tempos modernos e o passado é o domínio do risco: a noção de que o futuro é mais do que um capricho dos deuses e de que homens e mulheres não são passíveis ante a natureza. Até os seres humanos descobrirem como transpor essa fronteira, o futuro era um espelho do passado ou o domínio obscuro de oráculos e adivinhos que detinham o monopólio sobre o conhecimento dos eventos previstos”

Um artigo de Daniel Bernoulli, de 1731, é uma das contribuições significativas à teoria dos riscos ao argumentar que toda decisão está associada a dois elementos distintos e inseparáveis: os dados objetivos e uma visão subjetiva sobre o que se pode ganhar ou perder. Uma das primeiras aplicações práticas da teoria dos riscos foi o surgimento dos seguros marítimos em 1720, com acordos formais para cargas transportadas nos navios ingleses, e hoje, a gestão de risco predomina em todos os âmbitos da atividade humana, segundo Bernstein (1996).

Os grandes acidentes industriais marcaram o século XX, em particular nos anos 70 e 80, como Flixborough, Seveso, Bhopal, entre outros, o que levou grandes organizações a implementarem Análises de Risco e segundo Souza (1993), quatro fatores principais, estão associados a estes eventos:

- a) Tecnologia;
- b) Sistemas de gerenciamento;
- c) Fatores humanos;

d) Agentes externos

Fatores humanos e a falta de sistemas de gerenciamento de riscos adequados são as contribuintes mais significativas a acidentes em plantas industriais. As Vantagens econômicas advindas do desenvolvimento dos meios de produções industriais estão intimamente ligadas a algum tipo de risco. O risco sempre esteve e sempre estará presente à atividade humana, afirma o autor.

Complementarmente, De Cicco e Fantazzini (2001) conceituam risco como "Uma ou mais condições de uma variável com o potencial necessário para causar danos, que podem ser entendidos como lesões a pessoas, danos a equipamentos e instalações, danos ao meio ambiente, perda de material em processo ou redução da capacidade de produção"; e que risco "expressa uma probabilidade de possíveis danos dentro de um período específico de tempo ou número de ciclos operacionais".

Risco é uma combinação da probabilidade de ocorrência de um evento perigoso com a gravidade da lesão, doença ou perda que pode ser causada pelo evento conforme OHSAS 18001, (2007)

"RISCO = PROBABILIDADE x CONSEQUÊNCIA"

Nas últimas décadas do século XX, vários setores econômicos tratavam do tema risco: industrial, financeiro, governamental, serviços, entre outros. Na década de 1990, a ISO publicou a norma internacional ISO 14.000, para estabelecimento de padrões de controle do Meio Ambiente; para a área de Segurança e Saúde Ocupacional grandes organizações adotaram a norma inglesa BS 8800, que é um guia para gerenciamento do setor. No ano de 1996, a ISO reuniu-se com o objetivo de ratificar a ISO 18.000 como a norma padrão para as áreas de Segurança, Saúde e Meio Ambiente , utilizando-se dos requisitos da BS 8.800. Após o veto da proposta pelos EUA e diante da demanda das organizações por um modelo de gestão em Segurança e Saúde Ocupacional, as empresas certificadoras criaram as norma OSHAS 18.000 (*Occupational Health and Safety Anaysis*).

Em 2012 a ABNT publicou normas ABNT NBR ISO/IEC 31000, adoção idêntica em conteúdo técnico, estrutura e redação à sua congênere ISO/IEC 31000 de 2009, comentada no tópico a seguir, no contexto de Gestão do Risco.

3.2 Gestão de Risco

A Norma *ABNT ISO 31000: 2009 Gestão de Riscos - Princípios e Diretrizes*, em seu escopo, destaca “fornecer princípios e diretrizes gerais para a gestão de riscos”. Pode ser aplicada por qualquer empresa (pública, privada ou comunitária) a qualquer tipo de risco e a uma ampla gama de atividades, incluindo operações, processos e decisões. O escopo cita a pretensão “que esta norma seja utilizada para harmonizar os processos de gestão de risco”, fornecer uma abordagem comum para apoiar outras normas - atuais e futuras – e não se destina a certificação.

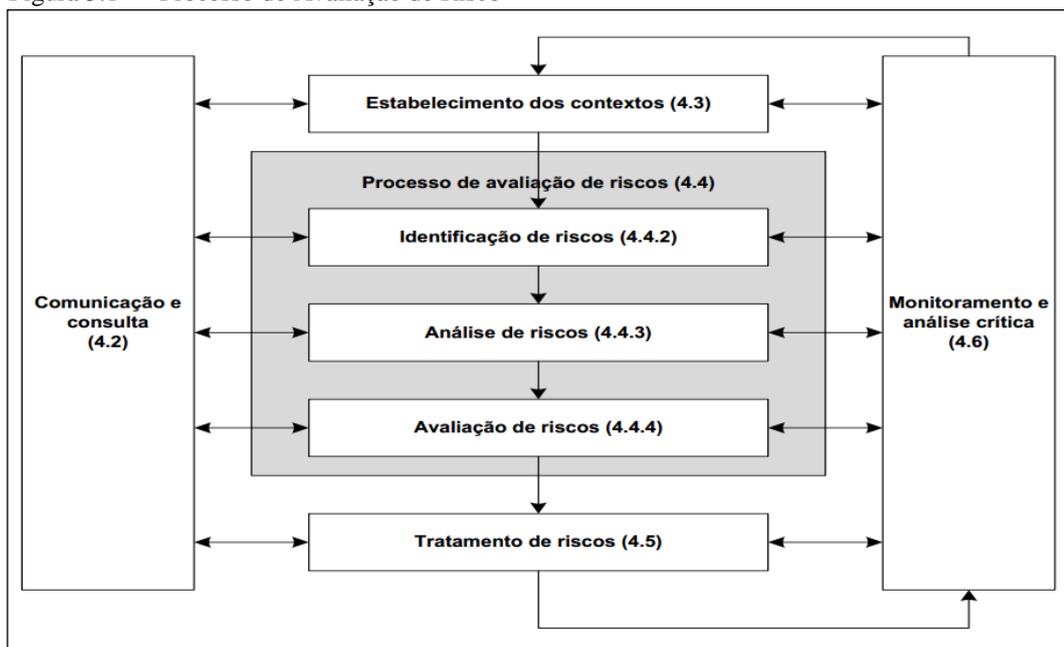
É composta de 5 tomos e anexos:

- 1- *Escopo*
 - 2- *Termos e definições*
 - 3- *Princípios*
 - 4- *Estrutura*
 - 5- *Processo*
- Anexos*

Compreende também a norma *ABNT NBR ISO/IEC 31010: Gestão de Riscos- Técnicas para o Processo de Avaliação de Riscos*, que define em seu escopo (pag.1) ser uma “norma de apoio à ABNT ISO 31000 e fornecer orientações sobre a seleção e aplicação de técnicas sistemáticas para o processo de avaliação de riscos”.

A figura 3.1 ilustra o processo de avaliação de risco, descrito na norma ABNT 31010.

Figura 3.1 – Processo de Avaliação de Risco



Fonte : Norma ABNT ISO 31010

A norma ABNT 31010 em seu item 5.1 Visão Geral, define o processo de avaliação de risco como “ o processo global de identificação de riscos, análise de riscos e avaliação de riscos” e afirma que “a maneira como este processo é realizado é dependente (...) dos métodos e técnicas utilizados”.

A seguir são descritas as técnicas de avaliação e risco - item 3.2.1- e a técnica adotada no estudo de caso: a matriz de probabilidade e consequência (matriz de risco) no item 3.2.2.

3.2.1 Técnicas para o processo de Avaliação do Risco

Segundo a norma ABNT ISO 31010, a escolha da técnica de Avaliação de Risco deve ser selecionada com base em fatores aplicáveis, tais como :

- os objetivos do estudo,
- as necessidades dos tomadores de decisão,
- tipo de risco
- as consequências
- recursos necessários e grau de conhecimento
- disponibilidade de informações
- necessidades de atualização do processo
- requisitos regulatórios

Em suas páginas 18 e 19, a norma ABNT ISO 31010 apresenta as diversas ferramentas utilizadas e as remete a seu Anexo B, onde cada técnica recebe uma descrição e uma análise quanto a recursos (tempo e pessoal), natureza e grau de incerteza, complexidade (das técnicas mais simples as mais elaboradas, caras e demoradas) e capacidade de fornecer resultados quantitativos.

Tabela 3.1 – Aplicabilidade das ferramentas utilizadas para processo de avaliação de riscos

Ferramentas e técnicas	Processo de avaliação de riscos				
	Identificação de riscos	Análise de riscos			Avaliação de riscos
		Consequência	Probabilidade	Nível de risco	
Estudo de Perigos e operabilidade HAZOP	FA	FA	A	A	A
Técnica estruturada "E SE" (SWIFT)	FA	FA	FA	FA	FA
Análise de modos e falha e efeito	FA	FA	FA	FA	FA
Análise de causa e consequência	A	FA	FA	A	A
Análise de confiabilidade humana	FA	FA	FA	FA	A
Manutenção centrada em confiabilidade	FA	FA	FA	FA	FA
Curvas F-N	A	FA	FA	A	FA
Índice de risco	A	FA	FA	A	FA
Matriz de probabilidade e consequência	FA	FA	FA	FA	A
Análise de custo e benefício	A	FA	A	A	A
Análise de decisão por multicritérios	A	FA	A	FA	A
1 FA: Fortemente Aplicável 2 NA: Não Aplicável 3 A : Aplicável					

Fonte : adaptado de ABNT ISO 31010- págs. 18 e 19.

A Tabela 3.1 lista as técnicas que possuem classificação FA (fortemente aplicável) e A (aplicável) a todos os campos do processo de avaliação de risco descrito na tabela A1 da norma em equipamentos de processo - quanto a avaliação de riscos.

A seguir, é apresentada a técnica adotada no estudo de caso, a matriz de risco.

3.2.2 Matriz de Probabilidade e Consequência – Matriz de Risco

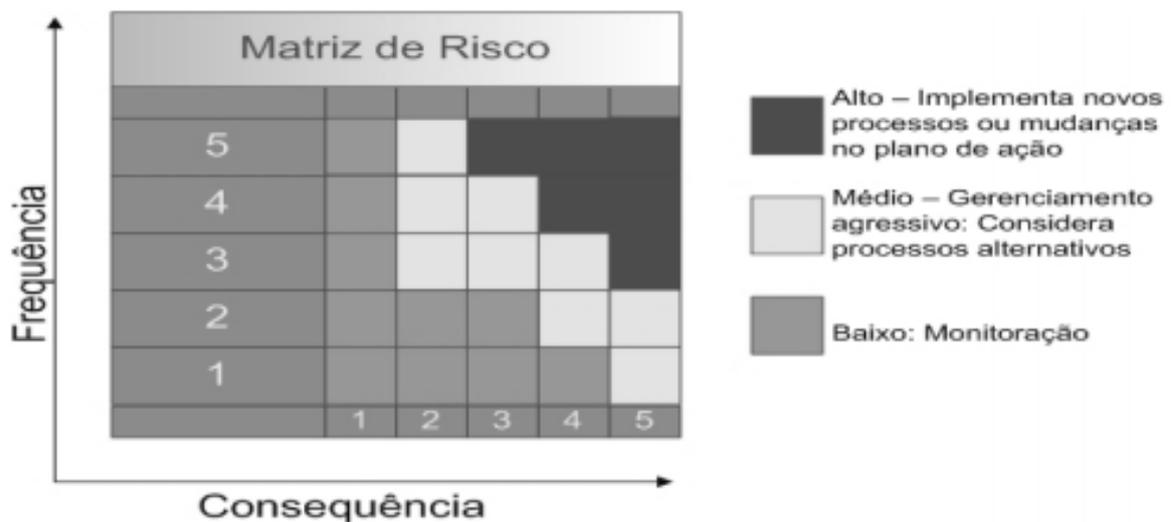
A norma ABNT 31010 define, em B.29.1 (p. 88) a Matriz de probabilidade/consequência como “um meio de combinar classificações qualitativas ou semi-qualitativas de consequências e probabilidades, a fim de produzir (...) uma classificação de risco”. É utilizada como ferramenta de seleção, isto é, quando muitos riscos foram identificados: quais riscos necessitam de análise adicional, detalhamentos ou quais riscos

podem, de uma forma geral, serem aceitáveis ou não – de acordo com sua localização na matriz.

A Matriz de Risco é construída dispondo-se, em linhas e colunas, probabilidade e consequência. O número de linhas e colunas pode variar, assim como a quantidade de regiões de risco.

A figura 3.2 ilustra a técnica de modo qualitativo ao classificar os riscos como alto, médio e baixo.

Figura 3.2 : Matriz de Risco



Fonte : Perera (2005)

Esta ferramenta configura-se como o desenho da consequência em um eixo e da probabilidade em outro, produzindo uma matriz com a classificação dos riscos. Os níveis a estes atribuídos a cada célula dependem das definições e escalas atribuídas a cada eixo de probabilidade e consequência em termos pertinentes de abrangência- conforme Perera (2005).

Assim, a probabilidade mais baixa deve ser aceitável para a consequência mais alta definida, caso contrário, todas as atividades com a consequência mais alta serão definidas como intoleráveis, cita a ABNT 31010 (p. 89).

A seguir, são analisados acidentes e seus dados disponíveis no Brasil relativos as NR e os dados estadunidenses relacionados com caldeiras e vasos de pressão.

3.3 Acidentes na Operação de Caldeiras e Vasos de Pressão.

Atafini (2002) comenta que o risco de explosão em caldeira pode ser originado pela combinação de três causas:

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

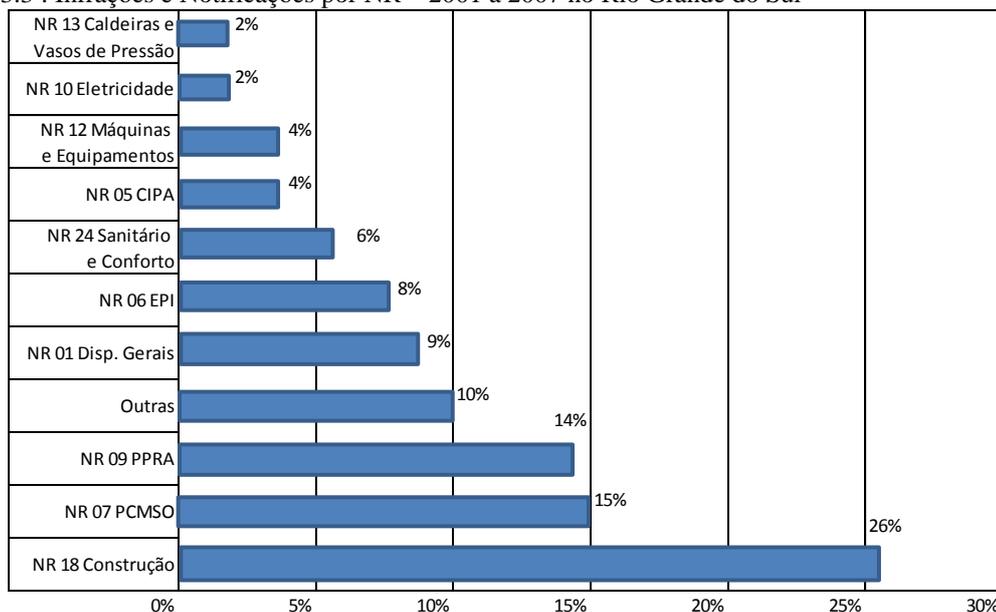
Assim, as caldeiras devem conter pelo menos os seguintes instrumentos para controle e operação: manômetro; válvulas de segurança; sistema de alimentação de água; indicador de nível.

O manômetro é o instrumento que indica a pressão no interior do equipamento, seja vaso ou caldeira. Válvulas de segurança são os componentes que liberam a pressão extra, garantindo a integridade do vaso ou caldeira.

Os registros oficiais brasileiros relativos acidentes do trabalho não disponibilizam dados de acidentes de caldeiras e vasos de pressão. Uma consulta ao *site* do MTE mostra dados da Inspeção em Segurança e Saúde no Trabalho por setor econômico, sem distinção quanto a natureza específica da atividade.

A amostragem no estado do Rio Grande do Sul, entre 2001 e 2007 revelou os dados disponíveis na figura 3.3 e 3.4.

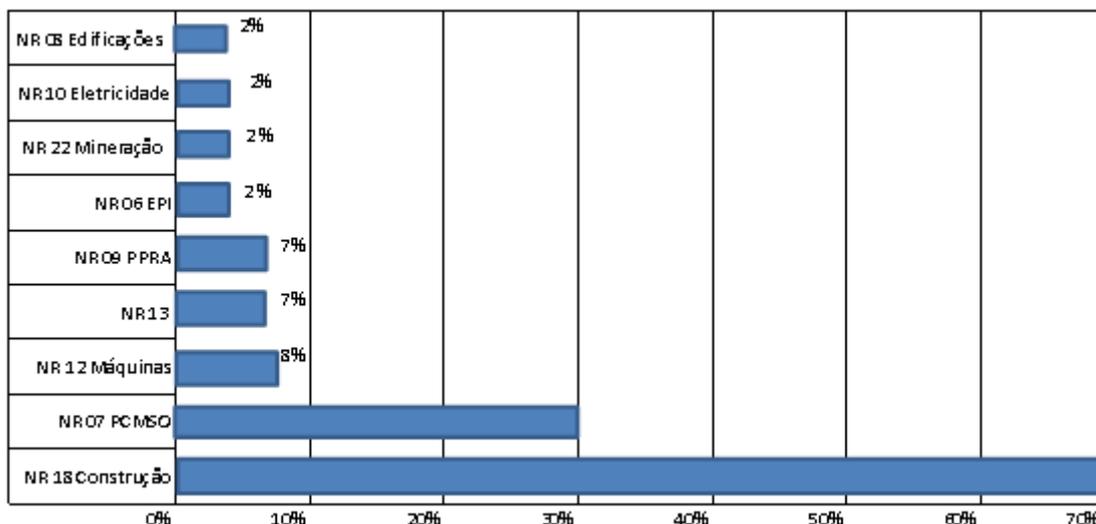
Figura 3.3 : Infrações e Notificações por NR – 2001 a 2007 no Rio Grande do Sul



Fonte : Serviço Federal de Inspeção do Trabalho - MTE

Na figura 3.4 observa-se que 7% de todas embargos e interdições no estado do Rio Grande do Sul, no período de 2001 a 200 são relativos a NR 13.

Figura 3.4 - Distribuição percentual de embargos e interdições por Norma Regulamentadora



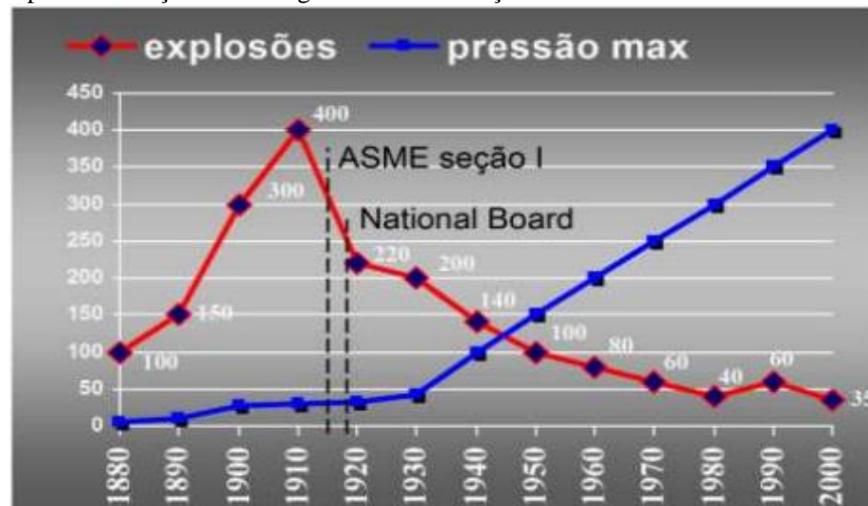
Fonte : Serviço Federal de Inspeção do Trabalho – MTE

Conforme BRASIL (2008), a NR 13 possui apenas 2% da distribuição percentual de itens constantes dos autos de infração e notificações, por Norma Regulamentadora, durante as análises de acidentes do trabalho fatais realizadas pela SEGUR/RS, agosto de 2001 a dezembro de 2007 e 7% dos embargos e interdições no mesmo período.

Destaca-se que os dados disponíveis, mostrados nas figura 3.3 e 3.4 relativos a NR 13, são restritos ao estado do Rio Grande do Sul, oriundos de inspeção de auditores-fiscais e não são estatísticas de acidentes.

Nos Estados Unidos, a National Board of Boilers and Pressure Vessel Inspectors, fundada em 1919, fornece estatísticas documentadas de acidentes de Calderias e Vasos de pressão que ocorreram nos Estados Unidos, como visualizada na figura 3.5.

Figura 3.5- Impacto da secção I do código ASME e fundação do National Board



Fonte : National Board of Boilers and Pressure Vessel Inspectors (2013)

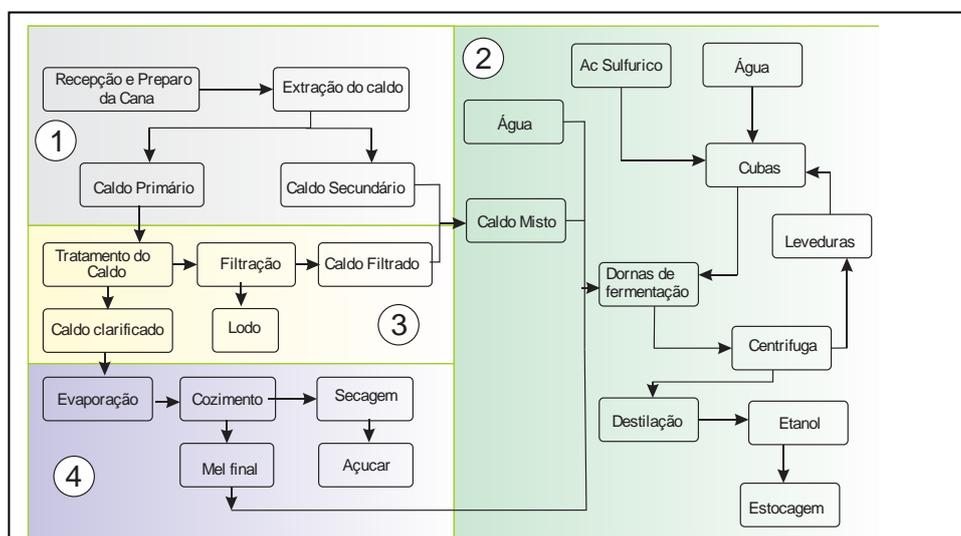
O gráfico da figura 3.5 mostra o forte impacto destes dois fatos na ocorrência de explosões de caldeiras, a despeito do aumento da criticidade (pressão) de suas condições operacionais (linha azul) e da quantidade de equipamentos instalados nos EUA entre os anos de 1880 e 2000.

O item 3.4 apresenta os equipamentos do processo produtivo sucroalcooleiro sintetizados na figura 3.6.

3.4 Equipamentos do Processo Produtivo Sucroalcooleiro

O processamento da cana de açúcar em uma usina típica pode, resumidamente, ser sintetizada na figura 3.6

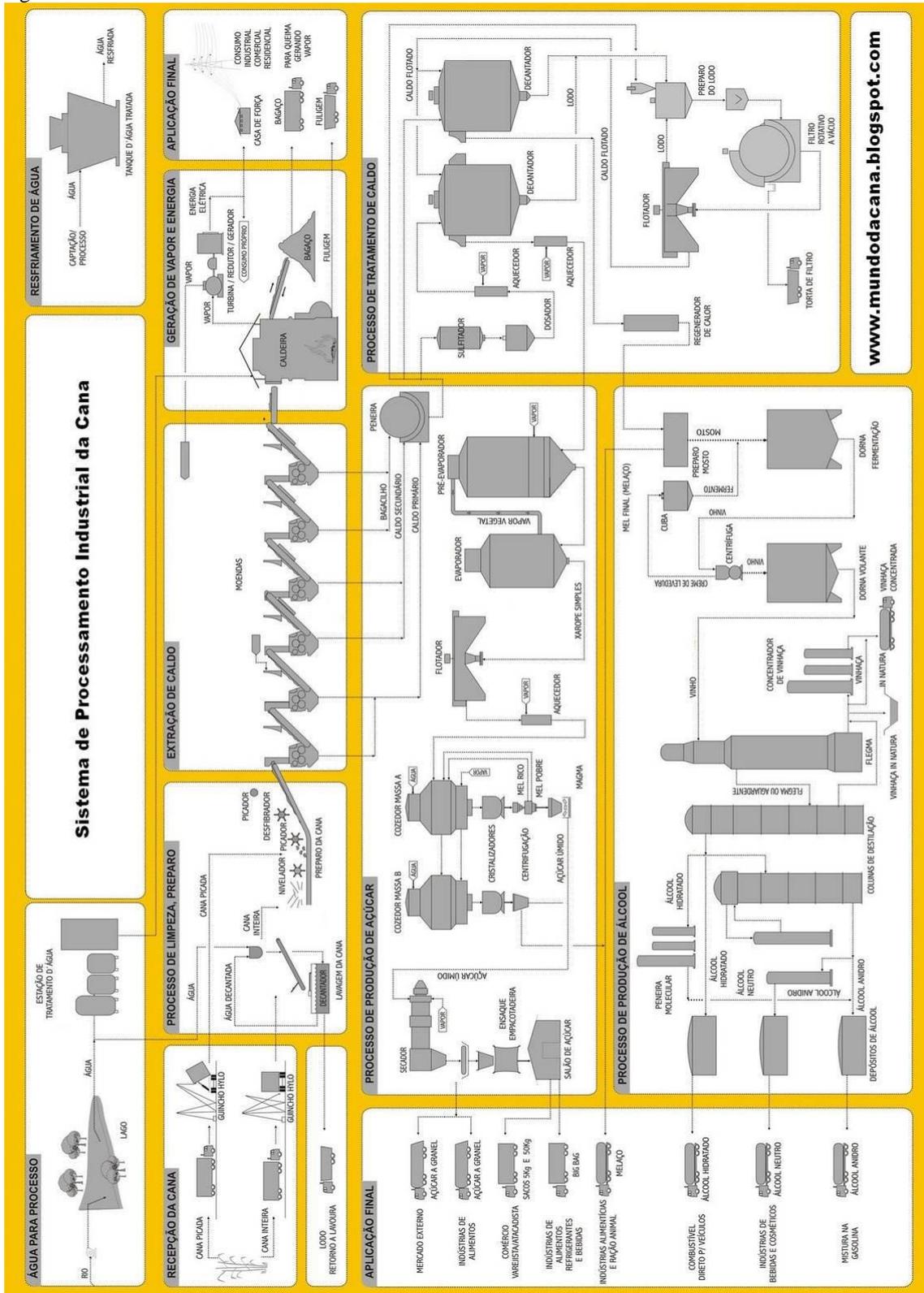
Figura 3.6- Processo produtivo da cana-de-açúcar



- 1) Extração: o caldo da cana é separado de sua parte fibrosa. As fibras são direcionadas a caldeira e utilizadas como combustível para a geração de vapor. O vapor aciona geradores elétricos, os quais produzem eletricidade para consumo próprio e comercialização do excedente. O caldo é direcionado para o setor denominado tratamento do caldo.
- 2) Tratamento do caldo : os processos de fermentação ou destilação do caldo de cana-de-açúcar exigem cuidados que garantam a qualidade e evitem problemas nas etapas posteriores do processo. Os objetivos do tratamento do caldo são a eliminação de impurezas grosseira, a máxima eliminação de partículas coloidais, a preservação de nutrientes e a minimização de contaminantes microbianos.
- 3) Fabricação de Açúcar: o processo de fabricação do açúcar inicia-se pela sulfitação, que é a operação de adição de enxofre ao caldo no setor de tratamento, e completa-se com as operações de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem, esta realizadas na fábrica de açúcar.
- 4) Fabricação do etanol: após a correção do pH e separação do lodo, o caldo segue para grandes reservatórios chamados de dornas de fermentação. Após a etapa de fermentação, o caldo segue para a destilaria, onde ocorre a separação do etanol hidratado da vinhaça nas colunas de destilação. O etanol segue finalmente para armazenamento.

Os equipamentos utilizados no processo na indústria sucroalcooleira em análise podem ser ilustrados resumidamente através da figura 3.7.

Figura 3.7 Sistema de Processamento Industrial de Cana



Fonte: <http://mundodacana.wordpress.com/category/processo-industrial-da-cana/>. Acessado em 14/10/2014

A figura ilustra secções de produção e seus equipamentos do processo.

4. METODOLOGIA DE PESQUISA

Nesta secção são apresentados os aspectos metodológicos, seus procedimentos, as etapas de pesquisa desenvolvidas neste trabalho e a caracterização da unidade sucroalcooleira estudada, a fim de responder as indagações da pesquisa e atingir os objetivos deste estudo.

4.1 Metodologia Científica

A metodologia científica baseia-se em um conjunto de técnicas e processos para gerar credibilidade à pesquisa, resolvendo problemas através de um respaldo sistemático; funciona como um instrumento entre o pesquisador e o problema da pesquisa, auxiliando assim para que o mesmo consiga atender aos objetivos da pesquisa, Miguel (2012). De acordo com o autor, a pesquisa se dá através da motivação por um processo investigativo; geralmente é estimulada por um problema de difícil resolução, envolvendo uma situação problemática de elevada complexidade servindo como uma motivação por parte do pesquisador.

Do ponto de vista de sua finalidade a pesquisa é exploratória, pois o intento é estudar o tema da pesquisa de forma a prover subsídios para uma posterior fase quantitativa e, em relação ao ponto de vista do local de realização, trata-se de um estudo de campo, pois tem como finalidade proceder à observação de fatos, à coleta de dados, à análise e interpretação desses dados baseado em uma fundamentação teórica consistente, Miguel (2007).

O desenvolvimento do conhecimento em um campo, ou área, pode passar por diferentes objetivos que dependem do volume e da maturidade do conhecimento existente. Em sua fase inicial, com pouca base teórica, o estudo tem necessariamente o objetivo exploratório - conforme Gil (1999).

A metodologia utilizada neste trabalho é de cunho exploratório e descritivo. Este tipo de estudo – *survey* - caracteriza-se pela indagação direta ao universo cujo comportamento se deseja conhecer, afirma Gil (1999). Esta etapa é realizada através de uma verificação direta na empresa estudada. O recorte temporal é transversal, restrita à pesquisa de 2013.

O universo da pesquisa é uma unidade de produção sucroalcooleira, na qual foram verificadas *in situ* as condições da aplicação e conformidade da Norma Regulamentadora 13 (NR 13) – adequada ao modelo de estudo de caso. Caracteriza-se como uma das oito unidades de um grupo transnacional que opera 21 milhões de toneladas de cana por ano estando entre os maiores processadores de cana no Brasil e entre os líderes globais no comércio e

distribuição e açúcar. A unidade foi adquirida pelo grupo em 2010 e está localizada no interior do estado de São Paulo. A Usina é certificada pela Bonsucro®, uma organização multilateral com foco na sustentabilidade social, ambiental e econômica da produção de cana. A usina também é qualificada pela Agência de Proteção Ambiental (EPA, sigla em inglês) para exportar etanol para os EUA. A unidade, signatária do Protocolo Agroambiental do Setor Sucroenergético, recebeu o Selo Verde (Governo de São Paulo), que identifica produtores de energia elétrica gerada de forma limpa e sustentável a partir do bagaço e da palha da cana-de-açúcar. A usina possui ainda capacidade instalada de 12 MW para geração de energia.

A empresa sucroalcooleira disponibilizou acesso a inspeções realizadas em 91 equipamentos do processo e permitiu a verificação da aplicação da norma através da lista de verificação – apêndice I. Os dados foram assim obtidos através de fontes primárias (pesquisa de campo) e secundárias (legislação, pesquisa bibliográfica e documentos pertinentes as inspeções realizadas). A pesquisa de campo deve merecer grande atenção, pois devem ser indicados os critérios de escolha da amostragem, a forma pela qual serão coletados os dados e os critérios de análise dos dados obtidos, segundo Miguel,(2012). Neste trabalho, a amostra da pesquisa de campo foi a totalidade dos equipamentos normatizados pela NR 13 da planta industrial. A análise dos dados obtidos constitui-se no tema central da seção 5 – Coleta e Análise dos Dados.

A tabela 4.1- Enquadramento Metodológico ilustra a metodologia utilizada.

Tabela 4.1 Enquadramento Metodológico

Fonte de Dados	Primárias e Secundárias
Tipo de Pesquisa	Exploratória
Origem dos Dados	Pesquisa Bibliográfica
	Pesquisa Documental
	Pesquisa de Campo
Objetivos	Exploratório
Recorte Temporal	Transversal
Utilização dos Resultados	Aplicado
Enfoque	Qualitativo
Tratamento	Qualitativo

Os apêndices I a IV são os instrumentos de coleta de dados da pesquisa. Estas listas de verificação, apêndices I e II (*check-list*) foram preenchidas pelo autor, que possui qualificação exigida pela norma para intervenção em equipamentos sob pressão.

Na definição do tema, observou-se uma manifestação de desordem, algo fora de lugar, conforme Miguel (2012). O setor sucroalcooleiro percebe, pelo senso comum, inadequação ao atendimento da legislação relativa aos equipamentos do processo; daí decorrem os tópicos desenvolvidos na secção 1.

Na revisão bibliográfica, foram desenvolvidas duas vertentes : a) equipamentos do processo e b) gerenciamento de riscos. Em a) a quantidade de trabalhos relativos a aplicação da norma verificou-se escassa e em b) usou-se a Norma ISO 12100 como referencia ao tema. Decorreram as secções 2 e 3 destas revisões.

A pesquisa de campo, neste estudo de caso restrita a uma unidade do setor sucroalcooleiro, permitiu a verificação de cerca de uma centena de equipamentos e análises para gerenciamento dos riscos envolvidos; os quais são debatidos na secção 5.

As conclusões, limitações e sugestões são debatidas na secção 6.

5. COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

Esta secção sintetiza o estudo de caso pela coleta e análise de dados, recorrendo a revisão bibliográfica apresentada nas secções 2 e 3 para caracterizar os equipamentos, suas operações e seus riscos associados. Dos dados obtidos, foi aplicada a ferramenta Matriz de Risco para classificação do risco e conseqüente planejamento de adequações.

5.1 Dados Gerais

Para coleta de dados, realizada entre outubro e dezembro de 2013, foram adotados e adaptados os instrumentos referenciados no trabalho de Campos (2011), configurados na tabela 5.1.

Tabela 5.1 : Instrumentos de Coleta de Dados

DADOS COLETADOS		
Apendice	Instrumento de Coleta	Universo
I	Check list Caldeira	1
II	Check list Vasos de Pressão	91
III	Questionário Caldeira	11
IV	Questionário Vasos de Pressão	27

Para a caldeira foram adaptados *check-list* (apêndice I) e questionário (apêndice III); procedimento idêntico ao aplicado a vasos de pressão: *check-list* (apêndice II) e questionário (apêndice IV). Esta sistemática de separar os instrumentos de coleta por caldeira e vasos deve-se a questões técnicas e operacionais, como preconizado pela NR 13; pois os operadores de caldeira e vasos possuem currículos e cursos de capacitação distintos. Um operador de caldeira não tem permissão para operar um vaso de pressão, assim como um operador de vasos de pressão não deve operar uma caldeira. As inspeções, registros de segurança e demais procedimentos são distintos para caldeira e vasos de pressão.

Foram analisados as Caldeiras e os Vasos de pressão separadamente, por terem – na NR 13 – itens específicos de aplicação. Os *check-lists* de caldeiras e vasos de pressão foram aplicados pelo autor, em consulta aos documentos disponíveis e em verificação direta em cada

equipamento listado na análise prévia dos equipamentos da planta. Os questionários foram aplicados a 38 operadores. Foi elaborada uma tabulação das não-conformidades de cada setor, aplicada uma categorização de risco sobre o item não-conforme e analisado sob a ótica da Gerência de Risco, conforme a matriz de risco da figura 3.2.

O estudo de caso foi realizado numa unidade sucroalcooleira do interior do estado de São Paulo. A planta industrial é caracterizada pelos 11 setores listados na tabela 6.2 e produz etanol e açúcar, além de gerar energia elétrica para consumo próprio e vender o excedente, sistema conhecido por co-geração.

Por cinco anos consecutivos, o acesso aos operadores deu-se através dos cursos exigidos pela NR 13:

- a) Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras, curso de certificação com carga horária de 40 h,
- b) Treinamento de Segurança na Operação de Vasos de Pressão, curso de certificação com carga horária de 64 ,
- c) Cursos anuais de reciclagem aos operadores já certificados .

Nestes cursos, ministrados pelo autor, foram debatidas as não conformidades constatadas entre a teoria apresentada no curso e a prática diária dos operadores. A coleta de dados para o estudo de caso deu-se entre outubro e dezembro de 2013.

Foi realizada uma listagem dos equipamentos da planta abrangidos na Norma Regulamentadora 13 (NR13), a qual indicou 11 setores, com a quantidade de equipamentos de cada setor resumida na tabela 5.2.

Tabela 5.2 Distribuição de equipamentos por setor

Setor	Vasos de Pressão	Caldeiras	Total
Tratamento de Caldo	28	0	28
Fabrica de Açúcar	11	0	11
Fermentação	5	0	5
ETA	3	0	2
Difusor	12	0	12
Caldeira	6	1	7
Casa do Gerador	4	0	4
Laboratório de microbiologia	1	0	1
Filtro de Lodo	2	0	2
Destilaria	16	0	16
Oficina Mecânica	4	0	4
Total	91	1	92

A tabela 5.2 lista os setores da planta industrial, conforme denominado administrativamente e seus respectivos equipamentos. Observa-se a existência de apenas uma caldeira no setor denominado Caldeira; os demais equipamentos do setor são vasos de pressão auxiliares ao funcionamento deste gerador de vapor. Setores auxiliares, como oficina mecânica e laboratório de microbiologia, foram incluídos no estudo, pois são também sujeitos à norma. Na etapa seguinte foram aplicados os instrumentos de coleta de dados na caldeira – item 5.2 - e nos vasos dos setores – item 5.3.

A subsecções 5.2 e 5.3 apresentam os resultados da caldeira e dos vasos de pressão, respectivamente.

5.2 Caldeira

A caldeira destina-se a produzir vapor a partir do rejeito fibroso do setor de extração de caldo (Difusor). Trabalha ininterruptamente durante o período da safra, com os operadores revezando-se em 3 turnos diários. As inspeções obrigatórias previstas na NR 13 da caldeira são realizadas no período de entressafra, por empresas especializadas, as quais assumem a responsabilidade técnica. A caldeira em questão é do tipo aquatubular, com produção nominal de vapor de 200 ton/h à pressão de 33 kgf/cm². Estes parâmetros a habilitam a produzir vapor para geração de energia elétrica no setor denominado Casa do Gerador. O vapor não aproveitado nesta operação é enviado aos processos dos demais setores.

A caldeira é operada remotamente através de uma rede de comunicação industrial na sala de controle (denominada “painel”), onde os operadores interagem com um sistema supervisório que controla automaticamente o funcionamento da caldeira dentro de faixas pré-estabelecidas. Esta automação possui sistema de segurança que desliga automaticamente o equipamento em condições críticas de segurança (*trip*).

Do instrumento de coleta de dados (*check list* para verificação de caldeiras -apêndice I) não se encontraram não-conformidades que representem riscos classificados como médio ou graves. Em relação ao questionário apresentado e as entrevistas realizadas com os 19 operadores do setor Caldeira, depreendeu-se:

1- Você fez o Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras antes do iniciar os trabalhos na caldeira?

Os operadores contratados após a colocação em marcha do equipamento não receberam o treinamento de segurança obrigatório em operação de caldeira antes do início das atividades laborais, em desacordo à NR13.

2- Fez o estágio prático na caldeira após o treinamento? Por quanto tempo?

Os estágios não foram registrados formalmente em 100 % dos operadores. Exatamente como os operadores dos demais setores, operadores iniciantes recebem, informalmente, designações de tarefas básicas, consideradas menos perigosas pelos operadores mais experientes. Do questionário depreende-se que o operador iniciante recebe a orientação de observar as tarefas e após algumas semanas realiza-las sob supervisão. Sómente após determinado tempo, variável de 3 a 6 meses para cada combinação de operador e supervisor de turno, aquele recebe a autorização informal para operar equipamentos sem supervisão direta. Assim, apesar de não existir formalmente, a supervisão de estágio configura-se na prática. Item classificado como de baixo risco.

3- Frequentemente você recebe informações das condições físicas e operacionais da caldeira?

Todos relataram receber informações na troca de turno sobre as condições de segurança do equipamento, com os principais itens anotados manualmente num diário. Quanto aos parâmetros operacionais, relataram que após assumirem o controle da caldeira ajustavam os parâmetros ao turno. Indagados do motivo de tal ajuste, foram unânimes em relatar que cada turno tem seus parâmetros próprios de operação. Os operadores não possuíam parâmetros operacionais de referência: cada turno de trabalho operava a caldeira de acordo com o líder de turno - profissional mais antigo e respeitado pela equipe. Conquanto não seja uma violação a norma, esta característica demonstra uma falta de padronização na operação que compromete a eficiência do equipamento. Para aprofundar a análise foi solicitado aos 3 turnos de trabalho que elencassem os parâmetros dentro de uma escala de importância e os valores de referência de cada parâmetro. Houve divergência quanto a posição na lista dos parâmetros e aos seus valores de referência. A unanimidade foi quanto ao parâmetro mais importante e seu valor de referência: a umidade do bagaço da cana e o valor de 50 % de umidade.

4- Você recebeu ou recebe informações de segurança para a realização das atividades da caldeira?

Todos relataram afirmativamente : os turnos realizam DDS (diálogo diário de segurança) - evento realizado no início do turno pelo supervisor onde, em torno de cinco minutos , um tema de segurança previamente escolhido é debatido pelo grupo de operadores.

5- Quais são os principais dispositivos de segurança que a caldeira possui e para que servem?

Todos foram unânimes em apontar as Válvulas de Segurança e o Manômetro. A automação com o recurso de desligamento (*trip*) sob parâmetros críticos não fora citada por nenhum operador. A resposta a este item corresponde identicamente ao descrito no material impresso (apostila) do curso teórico de capacitação; o qual não descreve os sistemas supervisórios implementados no setor sucroalcooleiro em caldeiras do sistema de co-geração elétrica. Assim, depreende-se que a resposta ao item é incompleta.

6- Quais equipamentos de proteção individual você utiliza para trabalhar na caldeira?

Foram listados: capacete com jugular, óculos de segurança, protetor auricular, luvas, uniformes com faixa reflexiva, calçado de segurança. Confrontado com o exigido pelo Serviço Especializado em Segurança e Medicina do Trabalho (SEESMT), a listagem foi compatível em 100% dos itens.

7- Você conhece os riscos que esta atividade oferece? Relate-os.

Relataram queimaduras, quedas, torções, intoxicação com produtos químicos. Nenhum operador relatou risco de explosão e incêndio. Indagados sobre o risco de explosão, responderam com a configuração da caldeira aquatubular: o rompimento da tubulação de vapor apagaria a combustão, caso as 3 válvulas de segurança falhassem, conforme instruído no curso teórico.

6.3 Vasos de Pressão

Na tabela 6.3 : Classificação de Riscos, observa-se a listagem das não-conformidades à Norma Regulamentadora 13 (NR 13), as colunas de Probabilidade e Gravidade e a

consequente Classificação de Risco, aplicada conforme modelo de matriz de risco apresentada na seção 3.2.

Tabela 6.3 Classificação de Risco dos Vasos de Pressão

Item não-conforme	Probabilidade	Gravidade	Classificação do Risco
1- Plaqueta de identificação do fabricante	A	I	Baixo
2- Identificação de TAG (n° do vaso)	A	I	Baixo
3- Relatório de inspeção	A	I	Baixo
4- Prontuário	A	I	Baixo
5- Memorial de cálculo	A	I	Baixo
6- Projeto de instalação do vaso	A	I	Baixo
7- Operadores sem estagio	A	II	Baixo
8- Certificado de realização de teste hidrostático	B	II	Médio
9- Testes hidrostáticos sem supervisão de Profissional Habilitado	B	II	Médio
10- Válvula de Segurança	C	IV	Alto
11- Manômetro	C	IV	Alto

A classificação de risco, alocada na coluna de mesmo nome, segue critério da ferramenta de classificação de risco denominada Matriz de Risco, discutida na seção 3.2. Para a combinação de probabilidade baixa (A) e gravidade baixa (I) o risco é classificado como baixo. Ilustram esta classificação a ausência de plaqueta e identificação do fabricante, não apresentação ou disponibilização de relatórios de inspeção, prontuários, projetos de instalação e memorial de cálculos; assim como os relativos a documentação do estagio obrigatório dos operadores.

Para a combinação de média probabilidade (B) com gravidade maior (II) , o risco recebeu a classificação média - caso das não-conformidades : Certificado de realização de teste hidrostático e Testes hidrostáticos sem supervisão de Profissional Habilitado .

A combinação de maior probabilidade de ocorrência (C) e maior gravidade (III) , recebe a classificação Alto.

Estes itens não conformes, da Tabela 6.3, foram verificados em todos os equipamentos da planta- exceto reservatórios de ar comprimido da oficina mecânica. Os tópicos seguintes

listam as não conformidades da tabela 6.3 e esclarecem, para cada item, a classificação de risco adotada.

1. Plaqueta de identificação do fabricante: o objetivo da plaqueta é identificar o fabricante e fornecer as informações básicas para operação do equipamento. O fabricante estava identificado na documentação arquivada, a plaqueta originalmente existia e tinha sido extraviada ou, em alguns casos, recoberta por camada de tinta. As informações para operação dos equipamentos estão disseminadas e disponíveis na sala de operação. Assim, conclui-se que a plaqueta não está disponível, mas a possibilidade de acidente – e sua gravidade- pela ausência da plaqueta é classificada como baixa.

2. Identificação de TAG (nº do vaso): os vasos não se encontram corretamente identificados. Constatou-se, *in loco*, marcas e identificação não formal dos equipamentos- informação compartilhada por todos os operadores de campo. A operação é monitorada pela sala de controle e os operadores da sala permanecem em contato via rádio com os de campo. Classificada como de baixo risco.

3. Relatório de inspeção: os operadores relatam inspeções e manutenção no período da entressafra . A norma solicita que os relatórios se incorporem à documentação do equipamento e fiquem a disposição de operadores e da fiscalização do MTE. Este item foi declarado não conforme pela indisponibilidade do documento. Classificada como de baixo risco .

4, 5, 6. Prontuário, Relatório de inspeção, Memorial de cálculo e Projeto de instalação do vaso: a documentação dos equipamentos - obrigatória pela norma - não fica disponível para consulta dos operadores. Supervisores de turno garantiram a existência dos prontuários, porém não garantiram sua atualização e incorporação pleno das inspeções realizadas. Assim, conclui-se que o prontuário e documentos não estão disponíveis, mas a possibilidade de acidente – e sua gravidade- pela ausência destes é classificada como baixa.

7. Operadores sem estágio: Tal como ocorre com os operadores de caldeira, os estágios não foram registrados formalmente em 100 % dos operadores. Operadores iniciantes recebem, informalmente, designações de tarefas básicas, consideradas menos perigosas pelos operadores mais experientes. Do questionário depreende-se que o operador iniciante recebe a

orientação de observar as tarefas e após algumas semanas realiza-las sob supervisão, num processo semelhante a um estágio.

8, 9. Certificado de realização de teste hidrostático e Testes hidrostáticos sem supervisão de Profissional Habilitado: tais itens foram classificados como de médio risco. Os questionários aplicados relatam a realização de testes hidrostáticos sem supervisão de profissional habilitado em com valores de pressão aplicados sem embasamento em manual, informação de fabricante ou de outra referencia técnica. Há uma aparente deturpação da finalidade do teste hidrostático; este é utilizado como ferramenta para identificação de vazamentos possíveis e não como teste de integridade estrutural. As consequências destas operações na vida útil do equipamento não foram consideradas como relevantes pelos operadores. O risco destes itens é considerado como médio, pela combinação de probabilidade e consequência.

10, 11. Válvula de Segurança e Manômetro:

Os itens 10 e 11 são relativos a dispositivos de segurança obrigatórios e por terem sido classificados como riscos graves, receberam uma análise pormenorizada para cada setor, conforme mostrado na tabela 6.4.

Tabela 6.4 – Tabela de Riscos Graves em Vasos de Pressão

Riscos Graves e Iminentes – RGI		Válvula de segurança		Manômetro	
		Conforme % (qtd)	Não-conf. % (qtd)	Conforme % (qtd)	Não-conf. % (qtd)
Setor	Nº Vasos				
Tratamento de Caldo	28	68 (19)	32 (9)	71(20)	29 (8)
Fábrica de Açúcar	11	27 (3)	73 (8)	27 (3)	73 (8)
Fermentação	5	0 (0)	100 (5)	0 (0)	100 (5)
ETA – Estação de Trat. Água	2	0 (0)	100 (2)	0 (0)	100 (2)
Difusor	12	25 (3)	75 (9)	25 (3)	75 (9)
Caldeira	7	43 (3)	57 (4)	57 (4)	43 (3)
Casa do Gerador	4	0 (0)	100 (4)	0 (0)	100 (4)
Filtro de Lodo	2	0 (0)	100 (2)	0 (0)	100 (2)
Destilaria	16	0 (0)	100 (16)	0 (0)	100 (16)
Oficina Mecânica	4	100 (4)	0 (0)	100 (4)	0 (0)
Total	91	35 (32)	65 (59)	55 (50)	45 (41)

A tabela 6.4 mostra a presença (conformidade), ausência (não-conformidade) de válvula de segurança e manômetro em percentual e valores absolutos de vasos de cada setor.

As não-conformidades elencadas como graves (RGI – Risco Grave e Iminente) da tabela 6.3, foram a ausência da válvula de segurança e de manômetro. A classificação de – RGI, indicada na NR 13, deve-se a combinação de possibilidade e consequências : a válvula de segurança funciona aliviando a pressão do interior do equipamento e deste modo, evitando sobre pressão – causa de ruína estrutural com graves consequências. O manômetro indica a pressão no interior do vaso e sua ausência configura operação não segura, pois uma súbita alteração do parâmetro de pressão pode causar consequências graves, mesmo com a presença de válvula de segurança.

Em relação ao questionário apresentado e as entrevistas realizadas com os 27 operadores, depreendeu-se :

1- Você fez o Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo antes do iniciar os trabalhos com este equipamento?

Assim como ocorre com a Caldeira, os operadores contratados após a colocação em marcha do equipamento não receberam o treinamento de segurança obrigatório antes do início das atividades laborais, em desacordo à NR13. Todos relataram que fizeram o curso após o início de seus trabalhos no setor; a contradição à NR 13 encontra-se no setores que operam equipamentos de Categoria I e II- preparo do caldo e destilaria- os quais requerem operadores com curso e estágio.

2- Fez o estágio prático após o treinamento? Por quanto tempo?

Respostas similares com o que ocorre na Caldeira. Os operadores iniciantes recebem, informalmente, designações de tarefas básicas, consideradas menos perigosas pelos operadores mais experientes. Do questionário depreende-se que o operador iniciante receba a orientação de observar as tarefas e após algumas semanas realiza-las sob supervisão. Somente após determinado tempo, variável de 3 a 6 meses para cada combinação de operador e supervisor de turno, aquele recebe a autorização informal para operar equipamentos sem supervisão direta. Assim, apesar de não existir formalmente, a supervisão de estágio configura-se na prática.

3- Frequentemente você recebe informações das condições físicas e operacionais do equipamento?

Todos relataram receber informações na troca de turno sobre as condições de segurança do equipamento, com os principais itens anotados manualmente num diário. Confrontados sobre os parâmetros operacionais (vazão, pressão, temperatura, nível,..) em cada turno relataram seguir parâmetros operacionais idênticos, independentes do turno. As condições operacionais, segundo os operadores vão se deteriorando com o prosseguimento da safra e, na entressafra, os equipamentos recebem manutenção e inspeções como testes hidrostáticos. Do check-list dos vasos de pressão (apêndice II), o item do teste hidrostático sob supervisão de PH constou como não conformidade. Indagados dos procedimentos adotados para os testes e inspeções da entressafra, os operadores confirmaram a realização de testes hidrostáticos sem supervisão de Profissional Habilitado e com valores de pressão acima dos preconizados. Existe uma aparente confusão entre teste de estanqueidade e teste hidrostático, sendo ambos empregados sem maiores cuidados ou supervisão. Estes ensaios são realizados pelos próprios supervisores e operadores, sem orientação de PH, com valores normalmente acima do indicado comumente e no período da entressafra – o qual é caracterizado pelo extenso rol de manutenções realizados em tempo escasso.

4- Você recebeu ou recebe informações de segurança para a realização das atividades com este equipamento?

Sim, sem exceção, todos os setores da planta realizam DDS (Diálogo Diário de Segurança), que é um evento realizado no início do turno pelo supervisor onde, em torno de cinco minutos, um tema de segurança previamente escolhido é debatido pelo grupo de operadores.

5- Quais são os principais dispositivos de segurança que o equipamento possui e para que servem?

Todos foram unânimes em apontar as válvulas de segurança e o manômetro. A automação com o recurso de desligamento (“trip”) sob parâmetros críticos não fora citada por nenhum operador. A resposta a este item corresponde identicamente ao descrito no material impresso (apostila) do curso teórico de capacitação, o qual não descreve os sistemas supervisórios implementados no setor sucroalcooleiro em equipamentos do processo. Assim, depreende-se que a resposta ao item é incompleta.

6- Quais equipamentos de proteção individual (EPIs) você utiliza para trabalhar com este equipamento?

Foram listados: capacete com jugular, óculos de segurança, protetor auricular, luvas, uniformes com faixa reflexiva, calçado de segurança. Confrontado com o exigido pela SEESMT, a listagem foi compatível em 100 % dos itens.

7- Você conhece os riscos que esta atividade oferece? Relate-os

Relataram queimaduras, incêndio, explosão, quedas, torções, intoxicação com produtos químicos, cortes, asfixia.

Do questionário aplicado aos operadores, destacam-se pontos de interesse, os quais foram apresentados como relatados abaixo e obtiveram confirmação dos questionados.

- Todos os operadores possuem escolaridade mínima de 1º grau e em todos os turnos de trabalho há operadores com o curso de Operador de Unidades do Processo; porém, nem todos os operadores receberam esta capacitação logo após a admissão e sim durante os primeiros meses de trabalho-contradizendo a Norma.
- O estágio prático obrigatório não estava documentado ou registrado de nenhuma forma. Todavia existe um procedimento na prática laboral diária com os recém admitidos recebendo supervisão direta dos mais experientes e só obtendo autorização de operação de equipamentos após comprovação, pela chefia imediata, de sua proficiência .
- Os operadores afirmam que as placas de identificação dos equipamentos foram retiradas durante período de manutenção (devido a pintura) e não foram repostas ou foram pintadas e não estão visíveis.
- Dos operadores questionados, todos afirmaram serem importantes a válvula de segurança e o manômetro para operação segura do equipamento. Em consideração aos riscos que a atividade oferece, foram relatados superficialmente como riscos químicos, físicos, ergonômicos, biológicos.

Todos afirmaram receber orientações operacionais e de segurança, com a utilização constante de todos os EPI indicados ao setor.

- A ausência de manômetro e/ou válvula de segurança em vasos é considerado Risco Grave e Iminente. Foi observado a ausência de um ou ambos em todos os setores da planta industrial- exceto oficina de manutenção. Na possível fiscalização pelo MTE, a unidade ficaria impossibilitada de produzir devido a interdição dos equipamentos dos setores produtivos.
- Nos equipamentos que possuíam manômetro, este não possuía certificado de calibração.
- Os prontuários, projetos de instalação e manuais não estavam disponíveis para os operadores do setor. Supervisores afirmaram que os prontuários existiam, mas ficavam arquivados no setor administrativo.
- Os reparos de maior complexidade são realizados na entressafra por empresas externas, as quais detêm a responsabilidade técnica e apresentam a documentação requerida para a administração. Na manutenção durante a safra, realizada pela equipe própria, os documentos requeridos, e apresentados, são os relativos à segurança principalmente NR-10, NR 33 e NR 35.
- Não há registro de teste hidrostáticos executados em equipamentos operados a vácuo.

Durante a descrição do caso estudado, diversos pontos relevantes sobre a segurança na operação de equipamentos normatizados pela NR 13 foram citados e a análise está inserida em cada resposta.

5.4 Plano de Adequação

A caldeira foi analisada através dos instrumentos de coleta de dados e considerada em conformidade, não sendo necessário nenhuma estratégia de adequação.

Os vasos de pressão analisados necessitam de um plano de adequação. O plano de adequação norteia-se pela classificação dos riscos, priorizando os riscos graves e a seguir os riscos médios e baixos.

O plano consiste em 7 medidas, sendo as de numero 1 e 2 implementadas de imediato para afastar a possibilidade de interdição dos equipamentos por fiscalização do poder público, além de garantir que acidentes catastróficos não ocorram por falta destes dispositivos de segurança.

- 1) Adoção de válvulas de segurança em todos os equipamentos, mantendo-se os certificados de calibração e inspeções atualizados.
- 2) Adoção de manômetros em todos os equipamentos, mantendo-se os certificados de calibração e inspeções atualizados
- 3) Práticas das inspeções na entressafra, sendo a principal a supervisão de um profissional habilitado para evitar usos inadequados de sobrepressão em testes.
- 4) Reconstituição de prontuários
- 5) Reconstituição de plaquetas de identificação
- 6) Disponibilização de prontuários aos operadores
- 7) Treinamento continuado na NR 13, disseminando o conhecimento sobre a norma.

As medidas de 3 a 7 são de implementação de médio prazo por envolver períodos de manutenção, serviços técnicos e de educação continuada. As medidas do plano de adequação são de fácil implantação e com recursos disponíveis a supervisores e gerentes, não se constituindo obstáculo à adequação do norma.

A conclusão do estudo de caso é tratada na secção 6, assim como as limitações da pesquisa e as sugestões de trabalhos futuros.

6. CONCLUSÃO

O presente capítulo apresenta as conclusões desta dissertação, suas limitações e indica algumas sugestões para serem seguidas nos próximos trabalhos.

6.1 Conclusões

Este trabalho analisa a aplicação da Norma Regulamentadora 13 (NR 13) numa unidade sucroalcooleira, objetivando explorar quais possíveis não-conformidades representam risco a segurança operacional e, a partir das informações adquiridas, propor estratégias de adequação.

A apresentação dos dados reflete as condições de adequação à Norma Regulamentadora 13 (NR 13) no objeto estudado: a caldeira não apresenta condição significativa de riscos e atende plenamente a Norma; conquanto, os 91 vasos de pressão analisados possuem diferentes níveis de risco identificados e não atendem a Norma. Em consequência, pode-se afirmar que eventual fiscalização do MTE acarretará a interdição de 91 dos 92 equipamentos, paralisando a produção da unidade.

Neste estudo de caso, a metodologia utilizada propiciou o acesso as não-conformidades da norma, permitindo a classificação dos riscos e uma estratégia de adequação. Esta adequação – fundamentada no gerenciamento de risco- prioriza a redução pelo tratamento imediato daqueles riscos classificados como graves e a implementação das demais sugestões.

O plano de adequação sugerido é baseado em sete medidas:

- 1) Adoção de válvulas de segurança em todos os equipamentos, mantendo-se os certificados de calibração e inspeções atualizados.
- 2) Adoção de manômetros em todos os equipamentos, mantendo-se os certificados de calibração e inspeções atualizados
- 3) Práticas das inspeções na entressafra, sendo a principal a supervisão de um profissional habilitado para evitar usos inadequados de sobrepressão em testes.
- 4) Reconstituição de prontuários
- 5) Reconstituição de plaquetas de identificação
- 6) Disponibilização de prontuários aos operadores
- 7) Treinamento continuado na NR 13, disseminando o conhecimento sobre a norma.

A implementação destas medidas coloca a planta sob conformidade à legislação, diminui a probabilidade e as gravidades de um acidente com os equipamentos regidos pela NR 13; e com custos inferiores ao percebidos quando de paralisação por desconformidade a normas de segurança.

A metodologia científica aplicada neste estudo de caso foi adequada para a obtenção dos objetivos propostos. Investigou-se a norma, obteve-se identificação e classificação dos riscos e propôs-se um plano de adequação. Conclui-se, assim, que os objetivos gerais e específicos propostos neste trabalho foram alcançados.

6.2 Limitações da pesquisa

Conquanto este trabalho tenha obtido importantes contribuições e tenha cumprido os objetivos propostos, é importante salientar as limitações desta pesquisa que podem influenciar a possibilidade de sua utilização como referencia para generalização.

A unidade estudada possui características comuns as demais unidades do ramo ao compartilhar métodos, processos e equipamentos. O plano de adequação obtido neste estudo pode ser aplicado as demais unidades similares por serem itens necessários e obrigatórios; todavia, podem não ser suficientes e outros itens podem ser requeridos para a minimização dos riscos em equipamentos do processo no setor sucroalcooleiro. A aplicação dos instrumentos de coleta de dados utilizados neste estudo faz-se necessária para se ter uma visão completa da NR 13.

Ademais, a pesquisa abordou uma única usina e não é possível inferir que as demais plantas respondam similarmente a esta unidade de estudo, isto é, embora sejam relevantes para o caráter qualitativo exploratório do estudo, não servem como base para conclusões quantitativas. Assim, enfatiza-se não se poder generalizar que as usinas sucroalcooleiras não atendam a NR 13.

6.3 Sugestão de trabalhos futuros

O presente trabalho possibilitou o conhecimento de aplicação da Norma em uma unidade sucroalcooleira; entretanto a possibilidade de generalização no setor sucroalcooleiro deve estar embasada num estudo quantitativo.

Trabalho futuros podem ser focados em demais setores produtivos que são normatizados por equipamentos da NR 13, tais como indústrias químicas, papel e celulose, recauchutagem de pneus, entre outras.

Durante a pesquisa realizada, a NR 13 sofreu alterações. Como fruto de sua alteração, a abrangência da norma foi ampliada com a incorporação das tubulações, tema este não abordado neste trabalho. Um estudo sobre tubulações em usinas é sugerido como tema em futuros trabalhos.

A operação de sistemas complexos e automatizados, como a caldeira analisada, pode ser estudada sob a ótica da eficiência operacional e de segurança num trabalho específico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Disponível em <http://www.abnt.org.br/m3.asp?cod_pagina=929>. Acessado em 12-09-2014.
- ABNT NBR ISO/IEC 31010:2012. **Gestão de Riscos- Técnicas para o processo de avaliação de riscos.** 2012.
- ALMEIDA, A. C. C. *Introdução às boas práticas de engenharia aplicadas à gestão dos sistemas instrumentados de segurança: uma abordagem de SIL.* São Paulo. Disponível em <<http://www.abiquim.org.br> > Acessado em 01 de setembro de 2010.
- ALTAFINI, Carlos Roberto. **Apostila sobre caldeiras.** Caxias do Sul: Universidade de Caxias do Sul, 2002.
- ASME, 2012 – American Society of mechanical Engineers. Disponível em <<https://www.asme.org/>> Acessado em 21-08-2014.
- BAUM, D.; FAULK, N.; JOHN PÉREZ, P. E. Improved integration of LOPA with HAZOP analyses. *Journal of Hazardous Materials*, 173 (1-3), pp. 19-32, 2009.
- BERNSTEIN, Peter L. **Desafio aos Deuses. A Fascinante história do risco .** Rio de Janeiro: Ed Campus - 1992
- BORBA e LIMA. **As Normas Regulamentadoras e a gestão do intertravamento de caldeiras, vãos de pressão e fornos no Brasil.** DEX ENGENHARIA E CONSULTORIA LTDA Disponível em : <http://www.abiquim.org.br/congresso/cong_cd/fullpapers/P171733.doc> Acessado em 3-07-2012.
- CAMPOS, Márcia Aparecida de. **Estudo das instalações e operação de caldeira e vasos de pressão de uma instituição hospitalar, sob análise da NR 13** Monografia apresentada à Diretoria de Pós-graduação da Universidade do Extremo Sul Catarinense- UNESC, CRICIÚMA, Jun 2011.
- CRUZ, C. A. O. Silva, G. M. A. **NR-13: ANÁLISE DO PRÉ-REQUISITO DE 1º GRAU NECESSÁRIO PARA CAPACITAÇÃO DOS PROFISSIONAIS QUE PARTICIPAM DOS TREINAMENTOS DE SEGURANÇA.** Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia.2008
- DE CICCO, F. & FANTAZZINI, M.L. **Introdução à engenharia de segurança de sistemas.** FUNDACENTRO. São Paulo, 4ª ed., 1994.
- ESTEVES et al. **Proposta de Inclusão da Técnica de Inspeção Baseada em Risco na Norma Regulamentadora 13 .IV ENPI - Encontro de Profissionais de Inspeção, Integridade, Corrosão e Deterioração de Equipamentos, Instalações e Obras.** 01 de Junho de 2012. Disponível em <<http://www.eeemba.br/enpi-2012/nr13-plestra>> . Acessado em 6-07-2012
- ECKSTEIN, Carlos Bruno; Jatkoski E; Etter , José Ademar Nucci. **Inspeção Baseada em Risco e NR 13.** Uma Breve Análise de Consistencia. Trabalho apresentado na 6ª COTEQ - Conferência sobre Tecnologia de Equipamentos IEV 2002 - Conferência Internacional sobre

Avaliação de Integridade e Extensão de Vida dos Equipamentos Industriais. Salvador, Ago, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1994.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

MIGUEL, P. A. C. **Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção e Gestão de Operações**. 2º ed. – Rio de Janeiro: Elsevier : ABEPRO,2012.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul. **Análises de acidentes do trabalho fatais no Rio Grande do Sul: a experiência da Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador – SEGUR**. – Porto Alegre: Superintendência Regional do Trabalho e Emprego do Rio Grande do Sul. Seção de Segurança e Saúde do Trabalhador/SEGUR, 2008.

_____, Portaria GM nº 3.214, de 08 de Junho de 1.978 .

_____, Norma Regulamentadora 13 (NR 13), 2013. Disponível em:
<[http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808147596147014764A4E1D14497/NR-13%20\(Atualizada%202014\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/FF80808147596147014764A4E1D14497/NR-13%20(Atualizada%202014).pdf)>. Acessado em 20-05-2014

OHLWEILER, Davi Roberto **A Inspeção Baseada em Risco como uma Ferramenta no Gerenciamento dos Riscos de Processo**. Disponível em
<http://www.abiquim.org.br/congresso/cong_cd/fullpapers/P171812.pdf>. Acessado em 04/07/2012.

PASSOS, Rômulo Augusto de Souza. **Comparação entre a técnica RBI e a norma NR-13 para a determinação de planos de inspeção para equipamentos mecânicos estáticos**. 8º Encontro Regional de END e Inspeção, Natal-RN, 2010.

PERERA, J. HOLSOMBACK, J. **An integrated risk management tool and process**. Aerospace 2005, IEEE Conference, (ISBN: 0-7803-8870-4, INSPEC Accession Number: 8939524, Digital Object identifier: 10.1109/AERO.2005.1559306):129–136, 2005.

SENAI - SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM INDUSTRIAL. **Treinamento de Segurança na Operação de Unidades do Processo**- Manual do Instrutor- Documento Interno. 1997

SEPÚLVEDA DL, Ramírez J. **Condiciones de seguridad en calderas de vapor de empresas afiliadas a una administradora de riesgos profesionales en Antioquia**, 2009. Rev. Fac. Nac. Salud Pública 2011; 29(2):145-152.

NATIONAL BOARD OF BOILERS AND PRESSURE VESSELS, 2014. Disponível em
<<http://www.nationalboard.org/Default.aspx>> Acessado em 20-08-2014

OSHAS-OCCUPATIONAL HEALTH & SAFETY ADVISORY SERVICES. Disponível em: <<http://www.oshas.org>>. Acessado em 25-10-2014

SOARES et al. **Aplicação da Metodologia de Inspeção baseada em Risco Baseada na API 581** (2008). Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Engenharia de Produção, CEERMA – Centro de Estudos e Ensaio em Risco e Modelagem Ambiental. Disponível em <<http://www.xliiisbpo.iltc.br/pdf/87960.pdf>>. Acessado em 04/07/2012 .

SOARES, Vinícius Barroso. **Análise Crítica das Camadas de Proteção Exigidas pela NR 13 e sua Adequação para Processos de Extração Supercrítica**. 2010. 108 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química, Processos de Separação e Termodinâmica Aplicada). Instituto de Tecnologia, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

SOUZA, Edilson Rocha de. **Uma contribuição à reformulação da norma regulamentadora 13 (NR 13) na perspectiva da adoção de sistema de gestão de segurança e saúde ocupacional**. Natal, RN, 2008.

APÊNDICE I

Check list de avaliação: Caldeira

Dados Gerais	
Período de Avaliação : Outubro a Dezembro-2013	Local : Usina Sucroacoleira
Responsável Pela avaliação : O Autor	

Descrição	Sim	Não	Observações
Possui profissional habilitado para inspeção e supervisão da caldeira?			
A caldeira possui válvula de segurança?			
Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?			
Possui injetor ou outro meio de alimentação de água, (caldeiras à combustível sólido)?			
Possui sistema de drenagem rápida de água, em caldeiras de recuperação de álcalis?			
Possui sistema de indicação para controle do nível de água ou outro sistema que evite o superaquecimento por alimentação deficiente?			
Possui no estabelecimento documentações devidamente atualizada – Prontuário da caldeira?			

Descrição	Sim	Não	Observações
Possui placa com identificações (local visível)? a) fabricante; b) número de ordem dado pelo fabricante da caldeira; c) ano de fabricação; d) pressão máxima de trabalho admissível; e) pressão de teste hidrostático; f) capacidade de produção de vapor; g) área de superfície de aquecimento; h) código de projeto e ano de edição.			
Possui em local visível, a categoria da caldeira? A → $P_{Op} = \text{ou} > 1960 \text{ KPa} (19.98 \text{ Kgf/cm}^2)$; C → $P_{Op} = \text{ou} < 588 \text{ KPa} (5.99 \text{ Kgf/cm}^2)$ e o volume interno é igual ou inferior a 100 litros; B → Todas as caldeiras que não se enquadram em A e C.			
Possui registro de segurança? Livro próprio com páginas numeradas, com nome e assinaturas.			
O registro de segurança está disponível aos operadores, serviço de manutenção e da CIPA?			
Caso a caldeira venha ser considerada inadequada, recebe encerramento formal?			
Quando a caldeira for transferida de estabelecimento, os seus documentos a acompanharão?			
Possui projeto de instalação por profissional habilitado e obedece aos aspectos de segurança, saúde e meio ambiente?			
A caldeira está instalada em Casa de Caldeira ou em outro local específico?			

Descrição	Sim	Não	Observações
Está instalada em ambiente aberto obedecendo afastamento mínimo de 03 (três) metros de outras instalações do estabelecimento?			
Está instalada em ambiente aberto obedecendo afastamento mínimo de 03 (três) metros de depósitos de combustíveis - reservatórios para partida com até 2000 litros de capacidade?			
Está instalada em ambiente aberto obedecendo afastamento mínimo de 03 (três) metros do limite de propriedade de terceiros?			
Está instalada em ambiente aberto com afastamento mínimo de 03 (três) metros do limite com as vias públicas?			
Dispõe de pelo menos 2 (duas) saídas amplas, permanentemente desobstruídas e dispostas em direções distintas (instalada em ambiente aberto)?			
Acesso fácil e seguro, necessário à operação e à manutenção da caldeira, sendo que, para guarda-corpos vazados, os vãos devem ter dimensões que impeçam a queda de pessoas (instalada em ambiente aberto)?			
Possui sistema de captação e lançamento dos gases e material particulado, provenientes da combustão, para fora da área de operação atendendo às normas ambientais vigentes?			

Descrição	Sim	Não	Observações
Dispõe de iluminação conforme normas vig.?			
Possui sistema de iluminação de emergência caso operar à noite?			
Possui projeto de alteração ou reparo (por prof. Habilitado) quando há modificações nas condições de projeto?			
Possui projeto de alteração ou reparo sempre que compromete a segurança?			
Existe manutenção preventiva ou preditiva dos sistemas de controle?			
Possui relatórios de inspeção?			
<p>O relatório de inspeção contem?</p> <p>a) dados constantes na placa de identificação da caldeira;</p> <p>b) categoria e tipo da caldeira;</p> <p>d) tipo de inspeção executada;</p> <p>e) data de início e término da inspeção;</p> <p>f) descrição das inspeções e testes executados;</p> <p>g) resultado das inspeções e providências;</p> <p>h) relação dos itens da NR 13 ou de outras exigências legais que não estão sendo atendidas;</p> <p>i) conclusões;</p> <p>j) recomendações e providências necessárias;</p> <p>k) data prevista para a nova inspeção da caldeira;</p> <p>l) nome legível, assinatura e número do registro no conselho profissional do profissional habilitado e nome legível e assinatura de técnicos que participaram da inspeção.</p>			

Descrição	Sim	Não	Observações
As inspeções de segurança periódicas, constituídas por exames internos e externos são realizadas dentro dos prazos máximos?			
O relatório de inspeção é encaminhado, num prazo máximo de 30 (trinta) dias, a contar do término da inspeção, à representação sindical da categoria profissional do estabelecimento?			
Quando os resultados da inspeção determinaram alterações dos dados da placa de identificação, a mesma foi atualizada?			
Para caldeiras em ambiente fechado, o "Projeto Alternativo de Instalação" foi apresentado pelo proprietário, para obtenção de acordo com a representação sindical da categoria profissional predominante no estabelecimento?			
A caldeira possui painel de instrumentos instalados em sala de controle (Para categoria A)?			
A caldeira possui Manual de Operação atualizado, em língua portuguesa, em local de fácil acesso aos operadores?			
A caldeira possui Manual de Operação atualizado com procedimentos para situações de emergência; procedimentos gerais de segurança, saúde e de preservação do meio ambiente?			

Descrição	Sim	Não	Observações
Os instrumentos e controles de caldeiras são mantidos calibrados e em boas condições operacionais?			
A qualidade de água é controlada?			
O tratamento de água está de acordo com os parâmetros de projeto?			
A operação e controle da caldeira é realizada pelo operador?			
O operador possui certificado de Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras com comprovação de estágio prático ou experiência na área, comprovada e mínima de 03 anos?			
O operador recebe treinamento permanente (reciclagem/capacitação)?			
As válvulas de segurança são inspecionadas periodicamente e por profissional habilitado?			
As válvulas de segurança são submetidas a testes de acumulação? a) Na inspeção inicial da caldeira; b) Quando forem modificadas ou tiverem sofrido reformas significativas; c) Quando houver modificação nos parâmetros operacionais da caldeira ou variação na PMTA; d) Quando houver modificação na sua tubulação de admissão ou descarga.			

Descrição	Sim	Não	Observações
<p>É realizada inspeção de segurança extraordinária?</p> <p>a) Sempre que a caldeira for danificada por acidente ou outra ocorrência capaz de comprometer sua segurança;</p> <p>b) Quando a caldeira for submetida à alteração ou reparo importante capaz de alterar suas condições de segurança;</p> <p>c) Antes de a caldeira ser recolocada em funcionamento, quando permanecer inativa por mais de seis meses;</p> <p>d) Quando houver mudança de local de instalação da caldeira.</p>			
<p>A empresa possui "Serviços Próprios de Inspeção de Equipamentos"?</p>			
<p>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?</p>			

APÊNDICE II - *Check List* para Verificação – Vasos de Pressão

<i>Check-list</i> para avaliação de Vaso de Pressão				
Vaso N°		Setor :		Classificação :
N°	Descrição	Sim	Não	Observações
1	Possui Válvula (ou equivalente) ajustada à PMTA?			
2	Possui Manômetro (ou equivalente)?			
3	Possui Placa de Identificação do Fabricante?			
4	A categoria do Vaso esta visível?			
5	Possui prontuário fornecido pelo fabricante?			
6	Quando inexistente ou extraviado, prontuário foi reconstituído por PH?			
7	Existe Registro de Segurança em uso?			
8	A documentação esta a disposição para consulta dos operadores?			
9	O vaso está instalado de modo que seus dispositivos estejam acessíveis?			
10	O projeto de instalação contem ao menos a planta baixa, a posição e a categoria dos vasos?			
11	Os vasos de Operação categoria "I" ou "II" possuem manual ou instruções de operação acessíveis em português?			
12	Existem procedimentos de partidas e paradas?			

13	Existem procedimentos e parâmetros operacionais de rotina?			
14	Existem procedimentos documentados para situações de emergência?			
15	Existem procedimentos gerais de segurança, saúde e preservação de meio ambiente?			
16	Os instrumentos são mantidos em boas condições operacionais?			
17	A operação de setor com vasos categoria "I" ou "II" é efetuada por profissionais capacitados conforme Anexo II?			
18	O profissional cumpriu estágio prático supervisionado no setor?			
19	A empresa promove reciclagem dos profissionais em cursos e palestras?			
20	Todas as intervenções (soldas e reparos) em partes sob pressão são seguidas de testes hidrostáticos com supervisão de um PH?			
21	Os sistemas de controle e segurança são submetidos à manutenção planejada?			
22	Os vasos de segurança são submetidos as inspeções inicial, periódica e extraordinária?			
23	As válvulas de segurança são desmontadas, inspecionadas e calibradas no exame periódico?			
24	A inspeção de segurança é supervisionada por Profissional Habilitado-PH?			
25	Após a inspeção é emitido Relatório de Inspeção por Profissional Habilitado e anexado ao prontuário?			

APÊNDICE III - Questionário – Caldeira

Setor: _____

Cargo/Função: _____

Exerce a função desde: _____

Questionário:

1- Você fez o Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras antes do iniciar os trabalhos na caldeira?

2- Fez o estágio prático na caldeira após o treinamento? Por quanto tempo?

3- Frequentemente você recebe informações das condições físicas e operacionais da caldeira?

4- Você recebeu ou recebe informações de segurança para a realização das atividades da caldeira?

5- Quais são os principais dispositivos de segurança que a caldeira possui e para que servem?

6- Quais equipamentos de proteção individual você utiliza para trabalhar na caldeira?

7- Você conhece os riscos que esta atividade oferece? Relate-os.

APÊNDICE IV - Questionário – Vasos de Pressão

Setor: _____

Cargo/Função: _____

Exerce a função desde: _____

Vaso de pressão: _____

Questionário:

1- Você fez o Treinamento de Segurança na Operação de Unidades de Processo antes do iniciar os trabalhos com este equipamento?

2- Fez o estágio prático após o treinamento? Por quanto tempo?

3- Frequentemente você recebe informações das condições físicas e operacionais do equipamento?

4- Você recebeu ou recebe informações de segurança para a realização das atividades com este equipamento?

5- Quais são os principais dispositivos de segurança que o equipamento possui e para que servem?

6- Quais EPIs você utiliza para trabalhar com este equipamento?

7- Você conhece os riscos que esta atividade oferece? Relate-os.