

ANÁLISE DO GERENCIAMENTO DE RISCOS DE UM SISTEMA DE CALDEIRA E VASO DE PRESSÃO - ESTUDO DE CASO

Michel Marcos de Oliveira (UTFPR)

michel_cwb@yahoo.com.br

Rodrigo Eduardo Catai (UTFPR)

catai@utfpr.edu.br

roberto sertá (UTFPR)

roberto.serta@gmail.com

Christiane Wagner Mainardes (UTFPR)

chriswm@terra.com.br

Maria Regina da Silva Oliveira Canonico (UTFPR)

canonico@utfpr.edu.br



O presente artigo pretende avaliar as condições de segurança de um sistema de caldeira e vaso de pressão de uma empresa de pequeno porte, localizada na região metropolitana de Curitiba. O estudo foi organizado em duas fases, sendo a primeira composta pela verificação do atendimento à Norma Regulamentadora número 13 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), utilizando a ferramenta de check-list de verificação e a segunda composta pela aplicação da ferramenta de Análise Perigos de Operabilidade (Hazop), a fim de identificar possíveis desvios operacionais no sistema. Como resultado da primeira fase, dos 82 itens avaliados referentes a caldeiras e vasos de pressão, 28 não atendem as exigências legais estabelecidas na referida NR, estando, deste modo, a empresa susceptível às sanções legais caso ocorra uma fiscalização pelo órgão competente. No processo da segunda fase do trabalho, identificou-se três pontos vulneráveis (Nós) na operação do sistema, podendo tais desvios estar relacionados a fatores como falha do operador e condições de conservação dos equipamentos e das tubulações.

Palavras-chaves: Sistema de Caldeira e Vaso de Pressão. Gestão de Riscos. Check-List NR-13. Hazop

1. Introdução

Nas indústrias de processos, comumente caldeiras e vasos de pressão fazem parte de seu aparato tecnológico, sendo necessários para a produção de calor e pressão, sendo imprescindíveis em grande parte dos processos de transformação primária, seja esta física ou química. Posto tal necessidade, deve ser enfatizado que os referidos equipamentos são, normalmente, de grande porte e geram condições de altas temperaturas e pressão. Tais condições são elementos que por si podem originar acidentes e, ainda, se somado à falta de atenção e importância ao atendimento aos preceitos de segurança, podem elevar o grau de seriedade destes acidentes.

Avaliação realizada por Pires (2005) alerta para o tema da segurança do trabalho nas indústrias brasileiras, cuja evolução tem caminhado a passos lentos, salienta que apesar da edição da Normativa 13 (NR-13), do Ministério do Trabalho e Emprego (BRASIL, 2009), que regulamenta a atividade em caldeiras e vasos de pressão, necessita ainda de ser aplicada pela maior parte das empresas do setor e melhor fiscalizada pelos órgãos competentes e isto tem sido fator de risco aos nossos trabalhadores.

Diante disto, o presente artigo busca avaliar as condições de segurança de um sistema de caldeiras e vasos de pressão, instalado em uma pequena empresa de processo, localizada na região metropolitana de Curitiba – PR. O trabalho foi realizado sob dois aspectos, o primeiro com relação ao sistema utilizado pela empresa, verificar o atendimento das exigências da NR-13 (BRASIL, 2009), e o segundo quanto ao sistema operacional, para identificar possíveis pontos vulneráveis em sua operação, identificar suas causas, descrever as conseqüências e, finalmente propor ações mitigadoras para correção dos desvios apontados.

2. Revisão bibliográfica

Caldeiras e vasos de pressão são equipamentos imprescindíveis para a produção de calor e pressão em grande parte dos processos físicos ou químicos de transformação primária nas indústrias.

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

Em se tratando de caldeiras a vapor, o que chama a atenção são as condições de funcionamento de tais equipamentos, sendo gerados, durante seu processo de funcionamento, altas temperaturas e pressão. Isto posto, conclui-se que tais condições são elementos de riscos para a incidência de acidentes, que muitas vezes podem ser classificados como de grandes proporções.

Estudos apontam que na quase totalidade dos acidentes com caldeiras poderiam ser evitados se as empresas tivessem observado as exigências mínimas legais, estabelecidas pela NR-13 (BRASIL, 2009). Assim cabe lembrar a filosofia e preceitos citados por Cardella (1999), os avanços tecnológicos proporcionados pela visão cartesiana, em destaque as elevadas

velocidades, temperaturas, pressão, onde o homem se limitou em evoluir a técnica, ampliou as condições de riscos de acidentes, e por outro lado, descuidou-se da questão prática da segurança, presos a conceitos subjetivos, que levam a acreditar que acidentes dificilmente acontecem, ou quando acontecem são fatos isolados, um infortúnio.

A vida útil do equipamento é outro aspecto importante que deve ser respeitado. Neste contexto Bazzo (1995) observa que a estrutura do material pode sofrer alterações pela sua exposição ao superaquecimento, sendo que o risco de acidente tende a aumentar na proporção que diminuem a tensão admissível do material e a espessura de sua parede. Bazzo (1995) destaca ainda que a segurança será preservada se o equipamento receber atenção permanente com relação à pressão durante seu uso, sendo importante a adoção de medidas de correção ou apenas modificação na pressão de trabalho da instalação.

Para Bazzo (1995) as causas de maior frequência de acidentes envolvendo explosão de caldeiras são: a elevação da pressão de trabalho acima da pressão máxima de trabalho permitida (PMTP), o superaquecimento excessivo e/ou modificação da estrutura do material, a ocorrência de corrosão ou erosão do material e a ignição espontânea, a partir de nevas ou gases inflamáveis remanescentes no interior da câmara de combustão.

Os vasos de pressão são amplamente utilizados em indústrias de processo, onde os materiais sofrem transformações físicas e ou químicas, ou ainda em alguns casos podem ser armazenados ou distribuídos, por meio da utilização dos referidos equipamentos. Desta forma, por muitas vezes existem condições de grande risco, devido ao manuseio de fluidos inflamáveis, tóxicos, explosivos ou em elevadas pressões ou temperaturas, condições para as quais qualquer falha pode resultar em um acidente grave ou mesmo em um desastre de grandes proporções (Telles, 1996).

A NR-13 (BRASIL, 2009), define vaso de pressão como equipamentos que contenham fluídos sob pressão interna ou externa. Conforme a referida norma, em seu anexo IV, os vasos de pressão são classificados em categorias segundo o tipo de fluído, considerando basicamente seu estado físico (sólido, líquido e gasoso), toxicidade e temperatura. Outro aspecto considerado na categorização é o potencial de risco, que consiste na determinação do produto “P.V.”, onde “P” é a pressão máxima de operação em MPa⁽²⁾ e “V” o seu volume geométrico interno em m³. Deste modo, pode-se concluir que os vasos de pressão da categoria “I” oferecem os maiores riscos associados, enquanto que, os da categoria “V” apresentam os menores riscos.

Cardella (1999) define que o Sistema de Gestão de Risco ou simplesmente Gestão de Riscos com conjunto de instrumentos que a organização utiliza para planejar, operar e controlar suas atividades no exercício da Função Controle de Riscos, com o objetivo de manter os riscos abaixo dos valores tolerados. Ainda segundo o autor são instrumentos do sistema de gestão como princípios, políticas, diretrizes, objetivos, estratégias, metodologia, programas, sistemas organizacionais e sistemas operacionais.

Os eventos imprevistos e indesejáveis sempre farão parte da rotina das empresas, neste contexto Barbosa Filho (2008) ressalta que para evitar ou prevenir a probabilidade de sinistralidade, a gestão da empresa deverá incorporar a filosofia de prevenção e controle de acidentes. Tendo como propósito o gerenciamento de riscos através de um esforço coletivo que deverá envolver empresa e trabalhadores.

Entre as diversas técnicas que podem ser utilizadas na identificação de riscos Cicco (2003) destaca o uso do *check-list*, utilizado com grande frequência. Segundo Faria (2009) *check-list* ou lista de verificação, é composto por uma série de perguntas relativas ao sistema em análise, seu objetivo é verificar a ocorrência de não-conformidades e conformidades que poderiam colocar em risco o trabalhador, ou causar dano material ou prejuízos ao meio ambiente. Assim o principal objetivo do *check-list* é identificar os riscos através de uma avaliação padrão em uma atividade em andamento, sendo o nível de detalhamento determinado de acordo com a necessidade ou risco da atividade.

Recomenda-se o uso do *check-list* na fase preliminar de análise de riscos, e quando necessário, os resultados obtidos através de sua aplicação podem subsidiar o emprego de técnicas consagradas, como Análise Preliminar de Riscos (APR), ou Hazop. Deste modo, o *check-list* aplicado de forma isolada ou associado a outras técnicas, apresenta-se como uma boa alternativa, por sua praticidade e objetividade.

A palavra Hazop deriva da união de parte das palavras inglesas *Hazard* (perigo) associado à *Operability* (operabilidade). Segundo Cardella (1999) Hazop é uma técnica de identificação de perigos durante a operação de um processo que consiste em identificar desvios de variáveis em relação a valores estabelecidos como normais. O Hazop tem como objetivo os sistemas e o foco são os desvios das variáveis de processo como vazão, pressão, temperatura, viscosidade, composição e componentes.

Aguiar (2009) destaca que a técnica de Hazop, por ser uma metodologia estruturada com o objetivo de identificar desvios operacionais, pode ser aplicada durante a fase de projeto de novos sistemas/unidades de processo quando já está disponível os fluxogramas de engenharia e de processo da instalação ou no momento de modificações ou ampliações de sistemas/unidades de processo que estão em operação. Também pode ser uma ferramenta a ser usada na revisão geral de segurança de unidades de processos já em operação. Logo, a técnica Hazop pode ser aplicada em qualquer estágio da vida de uma instalação.

A aplicação do Hazop se dá através de (i) identificação dos denominados “Nós”, que são os prováveis pontos críticos do sistema, podendo estes, ser indicados em um fluxo; (ii) determinação das palavras-guia, ou seja, aquelas capazes de abranger os possíveis desvios do sistema avaliado; e (iii) avaliação dos desvios e proposição de alternativas mitigadoras. Conforme Cardella (1999) as palavras-guia mais utilizadas são:

- a) Nenhum (para variáveis que podem ter mais de um sentido);
- b) Reverso (para variáveis que podem ter mais de um sentido);
- c) Mais (acréscimo do parâmetro);
- d) Menos (decréscimo do parâmetro);
- e) Componente a mais (não previsto inicialmente);
- f) Mudança na composição; e
- g) Outra condição operacional.

3. Metodologia

O presente estudo foi realizado em uma empresa de pequeno porte, localizada na região metropolitana de Curitiba, cujo quadro funcional é composto de 25 trabalhadores, sendo 18

lotados diretamente no processo produtivo, destes 05 são responsáveis pela operação do sistema de caldeira e vaso de pressão, seguindo um cronograma de produção pré-estabelecido e escala de trabalho, os demais estão lotados em funções administrativas, de comercialização e logística.

A empresa em seu processo produtivo utiliza sistema de caldeira a vapor e vaso de pressão do tipo autoclave, com frequência mínima de uso de 4 vezes semanais. A caldeira a vapor utilizada no sistema produtivo da empresa possui as seguintes características técnicas:

- a) Marca: Bornia; Tipo: Flamotubular Vertical; Modelo: V04; Ano de Fabricação: 1988 (estimado); Produção de Vapor: 200 kg/h; Pressão (kgf/cm²): (i) Projeto: 7,0; (ii) Trabalho: 7,0 e (iii) Prova 10,5;
- b) Combustível: Lenha; Tipo de Fornalha: Circular interna; Equipamento de combustão: Grelha Plana/fixa em seções; Tiragem: Chaminé de 300 mm; Chaminé: Metálica, com altura de 6 metros;
- c) Bomba d'água: 3 cv; Manômetro: Tamanho 4" e marcador variando de 0 - 10 kgf/cm²; e Válvula de segurança – Modelo DN 25 BSP SpiraxSarco.

Está classificada, segundo a NR-13 (BRASIL, 2009), item 13.1.9 como sendo de categoria "B", pois não se enquadra nas categorias "A" (pressão de operação $\geq 19,98$ kgf/cm²) e "C" (pressão de operação $\leq 5,99$ kgf/cm²), e está instalada em ambiente externo com cobertura.

O vaso de pressão utilizado no sistema produtivo da empresa é do tipo autoclave, encontra-se instalado em ambiente externo com cobertura e possui as seguintes características técnicas:

- a) Marca: Bitont; Modelo: Horizontal; Capacidade: 2.500 litros; Diâmetro interno: 800 mm; Comprimento: 5.000 mm;
- b) Pressão (kgf/cm²): (i) Trabalho: 4,5; (ii) MPTA: 5,0 e (iii) Prova 7,5;
- c) Temperatura usual: 151°C; Controle de alimentação: Manual, com registro de esfera;
- d) Manômetro: Record, variando de 0-10 kgf/cm²; Eliminador de ar: Sarco, 14 bar; e Válvula de alívio: Miple ½".

Segundo o anexo IV da NR-13 (BRASIL, 2009), o vaso de pressão enquadra-se na Classe de Fluido "C" (vapor de água); Categoria "T"; e Grupo de Potencial de Risco "1" (P.V ≥ 100).

Para fins do presente estudo aplicou-se ferramentas de gerenciamento de riscos, organizadas em duas fases de avaliação, sendo, a primeira composta pela aplicação de um *check-list* de verificação de atendimento à NR-13 (BRASIL, 2009), voltado à identificação de possíveis não conformidades, segundo as exigências legais estabelecidas nesta NR, aplicadas à caldeiras e vasos de pressão. Na segunda fase foi aplicada a ferramenta de Análise Perigos de Operabilidade (Hazop), de modo a identificar possíveis desvios operacionais no sistema de caldeira e vaso de pressão, considerando apenas a operação do sistema avaliado, ou seja, não foram consideradas componentes da avaliação, as etapas de projeto e instalação do referido sistema; e a segunda composta por um conjunto de caldeira e vaso de pressão foi avaliado de maneira única, considerando a operação dos dois equipamentos supracitados como sistema objeto de avaliação.

3.1 Primeira Fase de Avaliação - *Check-list*

O *check-list* foi desenvolvido com base nas exigências legais estabelecidas na NR-13 (BRASIL, 2009), sendo adotados no questionário apenas os itens aplicáveis à caldeira e vaso de pressão em questão, segundo seu enquadramento legal, ou seja, Classe, Categoria e Grupo, conforme apresentado no item 3.1 do presente trabalho. Para a caldeira o *check-list* foi composto por 48 questões, enquanto que, para o vaso de pressão foi composto por 34 questões, perfazendo um total de 82 questões aplicadas ao sistema em avaliação. O questionário foi respondido por um dos sócios da empresa e responsável pela coordenação do seguimento operacional. De modo complementar foi utilizada a documentação disponível dos referidos equipamentos.

Apresenta-se na tabela abaixo modelo dos *check-list* aplicados, para verificação de atendimento da NR-13 (BRASIL, 2009):

Controle conforme NR-13

Questão adaptada do item da NR-13

Atendimento ao item

Observações

ITEM	DESCRIÇÃO	SIM	NÃO	OBSERVAÇÕES
13.1.4a	Possui válvula de segurança com pressão de abertura ajustada em valor igual ou inferior a PMTA ⁽³⁾ ?	X		
13.1.4b	Possui instrumento que indique a pressão do vapor acumulado?	X		Manômetro.

Tabela 01 – Modelo de *check-list* aplicado

3.2 Segunda Fase de Avaliação – Hazop

Nesta fase a sequência de operações do sistema foi registrada e posteriormente avaliada, identificando-se os pontos de maior vulnerabilidade na operação do sistema. Embora empírica, a avaliação nesta etapa considerou, principalmente, fatores que poderiam contribuir de forma decisiva em um provável desvio, sendo estes:

- a) Operações manuais;
- b) Estado de conservação do equipamento;
- c) Manutenção do equipamento;
- d) Habilitação/Capacitação do operador;
- e) Capacidade de controle de parâmetros (temperatura e pressão); e
- f) Sistemática de operação.

Os pontos identificados como sujeitos a desvios de operação e, conseqüentemente, promotores de riscos, perigos, perdas produtivas e danos patrimoniais foram denominados “Nós”, sendo estes, ponto de partida para a aplicação das palavras-guia, onde são atribuídas as possíveis causas dos desvios, associadas as suas conseqüências esperadas. Para cada desvio identificado foram propostas ações mitigadoras, visando à eliminação das possíveis conseqüências atribuídas a este. Na tabela abaixo apresenta-se o modelo utilizado para a aplicação da técnica Hazop.

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
Parâmetro: Pressão					
Nó: 01					
Palavra Guia	Desvios	Causa	Deteção	Conseqüências	Providências

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
Mais	Pressão	•Alimentação excessiva da fornalha.	•Manômetro	•Risco de acidente; e •Danos ao equipamento.	•Capacitação do operador.

Tabela 02 – Modelo do Hazop aplicado

A operação do sistema é realizada de modo empírico por 05 operadores que se revezam na atividade segundo as escalas de trabalho, não sendo seguido nenhum manual ou protocolo oficial de operação.

O processo industrial dura em média 03 horas, considerando partida, operação e parada do sistema, neste período o funcionário responsável pela operação acompanha o funcionamento em tempo integral e verifica constantemente os requisitos operacionais, tais como: (i) nível de água da caldeira; (ii) pressão de trabalho da caldeira; e (iii) pressão do vaso de pressão.

A etapa de parada do sistema inicia-se com a interrupção da alimentação da fornalha da caldeira, sendo posteriormente realizada a liberação do vapor acumulado no sistema através da abertura do registro de descarga. Os vapores gerados são destinados a um pequeno tanque de descarte.

4. Resultados

4.1 Primeira Fase - *Check-list*

Na primeira fase foram avaliados 82 itens contemplando caldeira e vaso de pressão, organizados em 5 grupos fundamentados na NR-13 (BRASIL, 2009), sendo: (I) Disposições Gerais; (II) Instalação; (III) Segurança na Operação; (IV) Segurança na Manutenção; e (V) Inspeção de Segurança.

Dentre os itens avaliados, apenas 48 ou 65%, atendem às exigências legais estabelecidas na NR-13 (BRASIL, 2009), podendo ser destacado o grupo 13.2 - Instalação da Caldeira a Vapor, onde dos 10 itens avaliados, 06 ou 40% não estavam conformes de atendimento neste grupo.

Na caldeira em avaliação foi constatada a inexistência de sistema auxiliar de alimentação de água, independente do sistema principal, caracterizando assim o não atendimento do item 13.1.4d da NR-13 (BRASIL, 2009), *check-list* I - Caldeira e, portanto, constituindo risco grave e iminente, previsto na referida NR. Deste modo, se constatado por agente de fiscalização, amparado pelos critérios técnicos, poderá resultar em interdição do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento, e determinar ainda providências para a correção das situações de risco.

Além da possibilidade de interdição supracitada, todos os 17 itens não conformes são passíveis de autuação pelo Ministério do Trabalho e Emprego.

Caldeira				
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Conforme	Não Conforme	% de Atendimento
13.1 Disposições Gerais	12	9	3	75
13.2 Instalação de Caldeiras a Vapor	10	4	6	40

13.3 Segurança na Operação de Caldeiras	5	2	3	40
13.4 Segurança na Manutenção de Caldeiras	6	4	2	67
13.5 Inspeção de Segurança de Caldeiras	15	12	3	87
Total	48	31	17	65

Tabela 03 – Resultados da Avaliação – *check-list* Caldeira

O resultado da avaliação realizada para o vaso de pressão foi similar ao da caldeira, tendo em vista que dos 34 itens ou 68% atendem às exigências legais. O grupo 13.7-Instalação do Vaso de Pressão apresenta o resultado menos favorável, podendo-se observar apenas 38% de atendimento neste grupo.

Não foram identificados riscos enquadrados como graves e iminentes, porém, todos os 11 itens fora de conformidade estão sujeitos à aplicação de penalidades sob fiscalização do órgão competente.

Vaso de Pressão				
Grupo	Nº de Itens Avaliados	Conforme	Não Conforme	% de Atendimento
13.6 Disposições Gerais	8	6	2	75
13.7 Instalação de Vasos de Pressão	8	3	5	38
13.8 Segurança na Operação de Vasos de P.	4	2	2	50
13.4 Segurança na Manutenção de Vasos de P.	5	5	0	100
13.5 Inspeção de Segurança de Vasos de P.	9	7	2	78
Total	34	23	11	68

Tabela 04 – Resultados da Avaliação – *check-list* Vaso de Pressão

4.2 Segunda Fase – Hazop

Foram identificados 03 Nós no sistema avaliado, sendo o primeiro localizado na alimentação de água da caldeira, o segundo na alimentação de vapor do vaso de pressão e o terceiro no controle de saída do sistema. Para o Nó 01 o possível desvio identificado diz respeito à baixa (palavra guia “menos”) vazão de água, enquanto que, para os Nós 02 e 03 identificou-se a possibilidade de desvios associados à pressão de vapor, variando entre baixa (palavra guia “menos”) e alta (palavra guia “mais”).

Além dos parâmetros avaliados relativos ao 03 Nós, foi identificado o risco de choque elétrico na 2ª etapa de operação do sistema. Para maior segurança e de acordo com normas vigentes, fios e cabos elétricos devem ser protegidos por eletrodutos, de maneira que não seja possível acessar partes energizadas do sistema elétrico.

Nas tabelas 05, 06 e 07 estão apresentadas as análises dos Nós 1, 2 e 3 respectivamente, sendo expostas as possíveis causas geradoras dos desvios e suas consequências, assim como proposto ações corretivas para cada desvio avaliado.

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
Parâmetro: Vazão de Água					
Nó: 01					
Palavra Guia	Desvio	Causas	Deteção	Consequências	Providências
Menos	Vazão	<ul style="list-style-type: none"> Falta de água no reservatório (RA); Falha da bomba elétrica; 	<ul style="list-style-type: none"> Visor de Nível da caldeira (VN); e Visual (vazamento de água). 	<ul style="list-style-type: none"> Danos à caldeira; Risco de acidente no caso de retorno da água com a caldeira em funcionamento 	<ul style="list-style-type: none"> Instalação de medidor de vazão; Instalação de um sistema de alarme de baixo nível de água;

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
		<ul style="list-style-type: none"> Falta de energia; Vazamento ou entupimento no sistema de alimentação (RA+E1);e Falha do operador. 		(para as situações em que a água esteja muito abaixo do nível mínimo de operação); <ul style="list-style-type: none"> Comprometimento do processo produtivo; Gastos com manutenção corretiva;e Atraso na produção. 	<ul style="list-style-type: none"> Instalação de entrada de água auxiliar na caldeira, com alimentação manual (bomba manual); Elaboração de procedimento operacional (manual); Capacitação do operador; Manutenção periódica preventiva do sistema (RA+E1); e Elaboração de procedimento de emergência em caso de acidente.

Tabela 05 – Hazop aplicado – Nó 1

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
Parâmetro: Pressão (Vapor)					
Nó: 02					
Palavra Guia	Desvio	Causas	Deteção	Consequências	Providências
Menos	Pressão	<ul style="list-style-type: none"> Vazamento ou entupimento na tubulação de alimentação; e Falha do operador no controle de pressão da caldeira (água e combustível) 	<ul style="list-style-type: none"> Manômetro da caldeira (M-1); Manômetro do vaso de pressão (M-2); e Visual (vazamento de vapor). 	<ul style="list-style-type: none"> Risco de acidente em caso de ruptura ou vazamento, ocasionando projeção de vapor; Comprometimento do processo produtivo; Gastos com manutenção corretiva;e Atraso na produção. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboração de procedimento operacional (manual); Manutenção periódica preventiva da tubulação de alimentação; Capacitação do operador; e Elaboração de procedimento de emergência em caso de acidente.
Mais	Pressão	<ul style="list-style-type: none"> Excesso de alimentação da caldeira (combustível);e Registro do vaso de pressão (RE-1) fechado durante operação da caldeira (falha do operador). 	<ul style="list-style-type: none"> Manômetro da caldeira (M-1); Manômetro do vaso de pressão (M-2); e Visual, posição do registro do vaso de pressão (RE-1). 	<ul style="list-style-type: none"> Risco de acidente (explosão); Comprometimento do processo produtivo; Gastos com manutenção corretiva; e Atraso na produção. 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboração de procedimento operacional (manual); Substituição do registro RE-1 (manual) por registro com controle automático; Capacitação do operador; e Elaboração de procedimento de emergência em caso de acidente.

Tabela 06 – Hazop aplicado – Nó 2

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão
--

Sistema: Caldeira / Vaso de Pressão					
Parâmetro: Pressão (Vapor)					
Nó: 03					
Palavra Guia	Desvio	Causas	Deteccção	Consequências	Providências
Mais	Pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Não abertura do registro de purga (RE-2) (falha do operador); e • Entupimento do sistema de purga e descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> • Manômetro do vaso de pressão (M-2); e • Visual (saída do purgador sem sinal de vapor). 	<ul style="list-style-type: none"> • Acúmulo de água no vaso de pressão ocasionando perdas produtivas; • Risco de acidente no momento de acionar manualmente o purgador (queima por vapor); • Gastos com manutenção corretiva; e • Atraso na produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de procedimento operacional (manual); • Instalação de saída auxiliar para casos de emergência; • Manutenção periódica preventiva; • Capacitação do operador; e • Elaboração de procedimento de emergência em caso de acidente.
Menos	Pressão	<ul style="list-style-type: none"> • Descarga (RE-3) aberta durante operação (falha do operador); e • Vazamento na tubulação 	<ul style="list-style-type: none"> • Manômetro do vaso de pressão (M-2); e • Visual (vazamento de vapor). 	<ul style="list-style-type: none"> • Risco de acidente no caso de vazamento de vapor; • Gastos com manutenção corretiva; e • Atraso na produção. 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaboração de procedimento operacional (manual); • Manutenção periódica preventiva; • Capacitação do operador; e • Elaboração de procedimento de emergência em caso de acidente.

Tabela 07 – Hazop aplicado – Nó 3

Na análise dos 03 Nós (tabelas 05, 06 e 07) pode-se identificar uma causa em comum relacionada aos desvios: a falha do operador. Esta ocorrência pode ser explicada pelo fato do sistema ser operado de maneira totalmente manual, associado ao elevado número de operadores, ou seja, 05 os quais não possuem o Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras, obrigatório e previsto na NR-13. Este risco pode ser ainda agravado se considerado a não existência de um manual de operação do sistema, sendo este também obrigatório, conforme a referida NR.

Especificamente para o Nó 01 (tabela 05), além das causas supracitadas, deve ser considerada a inexistência de um sistema auxiliar de alimentação de água para a caldeira, devendo ser este independente do sistema principal. Este problema pode ser sanado com a instalação de uma bomba de água auxiliar. De maneira complementar, a instalação de um sistema de alarme para baixo nível de água da caldeira, reduziria consideravelmente o risco de acidentes associados à falha do sistema de alimentação de água e do operador.

As demais possíveis causas de desvios podem ser associadas principalmente às condições de conservação dos equipamentos e das tubulações, pois em avaliação externa dos mesmos, pode-se observar que praticamente em todo o sistema existe um avançado nível de corrosão, comprometendo assim a resistência dos materiais e consequentemente a segurança da operação.

A fim de sanar os problemas identificados, são propostas algumas providências comuns aos 3 Nós avaliados (tabelas 05, 06 e 07), as quais são justificadas a seguir:

- a) Elaboração de procedimento operacional - Além de ser item obrigatório, previsto na NR-13, estabelece a sistematização das operações do sistema, reduzindo o risco de falhas do operador;
- b) Capacitação do operador - O Treinamento de Segurança na Operação de Caldeiras é um dos itens fundamentais na garantia de segurança da operação, pois capacita o operador para atuar utilizando as técnicas adequadas às diversas situações encontradas;
- c) Manutenção preventiva - Está ligada diretamente a redução de riscos de acidentes, pois somente desta maneira é possível antecipar problemas mecânicos do sistema; e
- d) Elaboração de procedimento de emergência - A criação de um roteiro de ação em caso de acidente, detalhando os procedimentos corretos e nomeando responsáveis, contribui sensivelmente a qualidade de atendimento ao acidente, e nos casos mais graves, reduz o risco de morte e sequelas.

5. Conclusões

Com base nos resultados apresentados na primeira fase *check-list* do presente trabalho, pode-se concluir que a caldeira e o vaso de pressão avaliados apresentam um grande número de irregularidades relacionadas ao não atendimento das exigências legais estabelecidas na NR-13 do Ministério do Trabalho, as quais totalizam 28.

As condições de instalação, operação e manutenção do conjunto caldeira e vaso de pressão não garantem a perfeita utilização do conjunto de equipamentos e coloca em risco iminente os trabalhadores da fábrica e os moradores das proximidades, tendo em vista as proporções envolvidas em um acidente com caldeira e vaso de pressão, principalmente no caso de explosão, podendo haver perdas irreparáveis. Também deve ser considerada a possibilidade de aplicação das sanções legais vigentes, variando de multa, possivelmente de elevado valor, decorrente do grande número de não conformidades encontradas, à interdição do estabelecimento, setor de serviço, máquina ou equipamento, podendo ser este conjunto de penalidades promotor de perdas econômicas consideráveis, ou mesmo evoluir a um quadro financeiro irreversível.

A avaliação de Perigos de Operabilidade (Hazop) do Sistema (caldeira e vaso de pressão), apresentada na segunda fase do item de resultados demonstra que parte dos possíveis desvios identificados no sistema são comuns as não conformidades encontradas na primeira fase de avaliação, tais como: falha do operador, associada a falta de treinamento do mesmo e a inexistência de um manual de operação. Outro aspecto relevante identificado diz respeito ao estado de conservação e manutenção do sistema, sendo estes também possíveis fatores de desencadeamento de desvios.

Isto posto, fica evidente a necessidade de adequação do sistema à NR-13, assim recomenda-se à empresa a criação de um programa visando o atendimento integral da referida norma, bem como a implementação imediata das ações mitigadoras propostas para correção dos possíveis desvios identificados na operação do sistema.

É importante que as medidas propostas sejam implementadas pela empresa, para que esta possa reafirmar seu compromisso com a segurança de seus trabalhadores e da comunidade local, podendo ainda dar continuidade à sua operação em condições adequadas, contribuindo para minimizar os fatores de ocorrência de acidentes envolvendo caldeiras e os vasos de pressão, principalmente de grandes proporções, cumprindo o seu papel social.

Referências

AGUIAR, L.A. Metodologias de Análise de Riscos APP&Hazop. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.saneamento.poli.ufrj.br/ceesa.html>> Acesso em: 24 de Nov. 2009.

BARBOSA FILHO, A.N. Segurança do Trabalho & Gestão Ambiental. 2º ed. São Paulo: Atlas S.A., 2008.

BAZZO, E. Geração de Vapor. 2º ed. Florianópolis: UFSC, 1995.

BRASIL, Ministério do Trabalho. Norma Regulamentadora NR-13. Manual de Legislação Atlas. 63ªed. São Paulo: Atlas S.A., 2009.

BRASIL. Lei Nº 6.514, de 22 de Dezembro de 1977. Da Segurança e da Medicina do Trabalho. Disponível em: <<http://www.planalto.gov.br/CCIVIL/LEIS/L6514.htm>>. Acesso em: 09 de nov. 2009.

BRASIL. Lei Nº 8.213, de 24 de Julho de 1991. Planos de Benefícios da Previdência Social. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L8213cons.htm>. Acesso em: 06 de nov. 2009.

CARDELLA, B. Segurança do Trabalho e Prevenção de Acidentes. São Paulo: Atlas S.A., 1999.

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

FARIA, M.T. Gerência de Riscos: Apostila do Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da UTFPR. Curitiba, 2009.

PIRES, A.M. A Vida Sob Pressão. Revista Proteção. São Paulo, n 162, p. 36-51, jun. 2005.

TELLES, P.C.S. Vasos de Pressão. 2º ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.