

REDUÇÃO DAS OCORRÊNCIAS DE VAZAMENTO DE AMÔNIA NA USINA DE FRIO NA ÁREA DE UTILIDADES – UMA PROPOSTA DE DIRETRIZES NA GESTÃO DE SEGURANÇA EM PROCESSO.

Erick Alves Cerqueira*
Carlos Augusto de Souza**

RESUMO

O respeito e cuidado com o ser humano é um valor cada vez mais inerente a cultura das grandes organizações. Gente e segurança em processo ganha atenção e robustez com o objetivo de eliminação do risco com desenvolvimento técnico e mudança no modo de operar dos equipamentos críticos. Esse trabalho tem o conjunto de diretrizes que balizam tecnicamente sistemas de gestão para segurança em processo de refrigeração industrial com amônia. Foram utilizadas normas nacionais, que são de grande valor técnico, suplementando as diretrizes internacionais.

Indústrias de bebida que possuem unidades em diversos territórios buscam uniformizar o sistema de controle de segurança em processo, absorvendo o que há de melhor na legislação, orientação, norma técnica em cada país e criando a diretriz que norteará o regulamento de segurança da instituição por inteiro, equalizando o nível de segurança mediante gestão e padronização dos requisitos.

* Graduando no curso de Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho pelo SENAI/CIMATEC.

** Professor Orientador. Doutor em Mecânica - Universidade Paris VI, Professor Adjunto SENAI/CIMATEC.

Palavras-chave: Gestão. Processo. Segurança. Amônia.

1 INTRODUÇÃO

A acirrada e crescente competição pela sobrevivência no mercado tem levado as organizações a buscar, cada vez mais, alternativas que possibilitem a redução de custos e aumento de produtividade. Assim, muitas delas buscam automatizar seus processos; no intuito de otimizar seus sistemas de produção, melhorando sua capacidade competitiva.

Para McAfee e Brynjolfsson (2014) o setor produtivo mundial está num processo movido por três forças: o avanço exponencial da capacidade dos computadores, a imensa quantidade de informação digitalizada e novas estratégias de inovação.

Na indústria de bebidas percebemos que ela não enfrenta apenas os desafios externos, como a acirrada competitividade do mercado e a redução no volume do consumo. Um dos seus principais desafios é interno: realizar uma gestão eficiente dos processos produtivos, desde a compra ou produção de matéria prima, até a entrega para o consumidor final.

Este cenário implica na necessidade de modernização dos processos de produção de bebidas, tornando-o mais eficiente, e assim, reduzindo seu impacto em saúde, segurança e meio ambiental de forma sustentável para a empresa. Com isso, a segurança em processo garantindo a produtividade total do equipamento, com estratégia de manutenção interna, e dos trabalhadores que fazem interface com os equipamentos e área produtiva, com base na regulamentação do *Process Safety Management* atribuído a sistemas com líquido refrigerante amônia.

A padronização de uma gestão de segurança em processo, com base em uma legislação específica internacional, sem desatentar da regulamentação nacional é o trabalho proposto com o objetivo de eliminar vazamentos de amônia em uma usina de frio em uma cervejaria, as diretrizes aplicadas serão demonstradas e explicadas. Resultados obtidos também serão apresentados, lembrando que eliminar vazamento está diretamente relacionado a eliminação do risco que os trabalhadores estão expostos no campo.

2. CONCEITOS

Herbert William Heinrich, americano, pioneiro na segurança industrial, na década de 1930, considerava que a maioria dos acidentes tinham como causa o ato inseguro do trabalhador, uma visão comportamental (Heinrich HW, 1959). *Industrial accident prevention: a scientific approach 4th*). Um exemplo clássico é a execução constante de limpeza em um equipamento em funcionamento, onde o operador se expõe ao risco para executar a atividade, assim a causa fica centrada no comportamento do operador, sem considerar a causa fundamental, o que gera sujidade no equipamento e leva ao operador a executar limpeza constante? O que leva a intervenção humana no equipamento?

Em contraposição à tese de Heinrich, James Reason, autor de *Managing the risk of organization acidentes*, 1997, o pesquisador inglês propõe a teoria do acidente organizacional, onde a causa fundamental dos acidentes é organizacional, como consequência das tomadas de decisão gerenciais, exemplo de falta de investimentos em segurança, políticas em gestão que priorizam produção, falha na estratégia de manutenção dos equipamentos. Essa questão é chamada de causa latente, que permanece por muito tempo, incubada na organização, com manifestação rápida da causa na pior forma: O acidente. Exemplo: Equipamento possuindo folga em eixo de acionamento, manutenção não feita por falta de recurso ou priorização da produção, leva ao operador a intervir por diversas vezes no equipamento, em uma dessas intervenções operador é acidentado.

Gestão de segurança de processo (PSM - *Security process managing*) é uma ferramenta de prevenção e controle de qualquer substância definida como produto químico altamente perigoso (HHCs - *Highly Hazardous Chemicals*) pela a OSHA. A aplicação das diretrizes de segurança em processo sugeridas pelo OSHA é aplicável no sistema de refrigeração com amônia pela condição de risco na manipulação desse químico.

Amônia tem sido uma escolha popular de refrigerante em instalações industriais, como armazéns frigoríficos, fábricas de processamento de alimentos e fábricas de produtos químicos. Agora, com o aumento da atividade regulatória em refrigerantes de fluoro carbono (HCFCs e HFCs), ainda mais interesse cresceu com a amônia como refrigerante.

No entanto, o desafio para manipulação desse fluido refrigerante é o alto risco para a saúde, e sua liberação representa uma ameaça significativa para o trabalhador. Portanto, ele precisa ser gerenciado adequadamente.

Embora existam muitas leis de segurança e ambientais sobre amônia, neste artigo, toma como base, orientação, padrão de Gerenciamento de Segurança de Processo (PSM) da OSHA (29 CFR 1910.119) e seus requisitos.

A OSHA entende processo como “qualquer atividade que envolva um produto químico altamente perigoso, incluindo qualquer uso, armazenamento, fabricação, manuseio ou movimentação no local de tais produtos químicos, ou combinação dessas atividades. Para os fins desta definição, qualquer grupo de recipientes que estejam interconectados e recipientes separados que estejam localizados de forma que um produto químico altamente perigoso possa estar envolvido em uma liberação potencial deve ser considerado um único processo.

A amônia é considerada um alto perigo para a saúde porque é corrosiva para a pele, os olhos e os pulmões, segundo as diretrizes de HHCs da OSHA. A exposição a 300 partes por milhão (ppm) é imediatamente perigosa para a vida e a saúde. A amônia também é inflamável em concentrações de aproximadamente 15% a 28% por volume no ar. Quando misturado com óleos lubrificantes, sua faixa de concentração de inflamáveis é aumentada. Ele pode explodir se for liberado em um espaço fechado com uma fonte de ignição presente, ou se um recipiente contendo amônia anidra for exposto ao fogo. A amônia tem um baixo limiar de odor (20 ppm), o que facilita a percepção e implicará na maior facilidade de detecção (NR 15: NR 15 - NORMA REGULAMENTADORA 15 ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. Brasília, 1978. 10 p).

Conforme nota técnica 03/DSST/SIT, Brasília, 18 de março de 2004, por definição, os sistemas de refrigeração por amônia consistem de uma série de vasos e tubulações interconectados, que comprimem e bombeiam o refrigerante para um ou mais ambientes, com a finalidade de resfriá-los ou congelá-los a uma temperatura específica.

O fluido refrigerante somente é adicionado ao sistema quando da ocorrência de vazamento ou drenagem. A quantidade e pressão de amônia nos sistemas varia em função da demanda de carga térmica do processo em que o sistema está aplicado.

Os processos de refrigeração variam bastante, assim como os agentes refrigerantes. Porém, os princípios básicos continuam sendo a compressão, liquefação e expansão de um gás em um sistema fechado.

Ao se expandir, o gás retira o calor do ambiente e dos produtos que nele estiverem contidos. De uma forma simplificada, podem-se perceber três componentes distintos nos sistemas de refrigeração: o compressor, o condensador e o evaporador. O compressor é geralmente constituído por uma bomba dotada de um tubo de aspiração e compressão, possuindo um dispositivo que impede fugas de gás e entrada de ar atmosférico. Situado entre o evaporador e o condensador, aspira a amônia evaporada e a encaminha ao condensador sob a forma de um vapor quente sob pressão elevada. O condensador é formado geralmente por uma série de tubos de diâmetro diversos, unidos em curvas, podendo ser dotados exteriormente de hélices que garantem um mais perfeito aproveitamento das superfícies de contato. É resfriado por uma corrente de água em seu exterior. Nas pequenas instalações, o resfriamento é normalmente feito pelo próprio ar atmosférico. A amônia gasosa vinda do compressor liquefaz-se ao entrar em contato com a temperatura fria do condensador, sendo em seguida encaminhada para um depósito, de onde passará ao evaporador. O evaporador consiste geralmente de uma série de tubos, as serpentinas, que se encontram no interior do ambiente a ser resfriado. A amônia sob forma líquida evapora-se nesses tubos, retirando calor do ambiente na passagem ao estado gasoso. Sob a forma gasosa, volta ao condensador pelo compressor, fechando assim o ciclo.

Com isso, o fluxograma dos sistemas onde as diretrizes da OSHA foram aplicadas são:

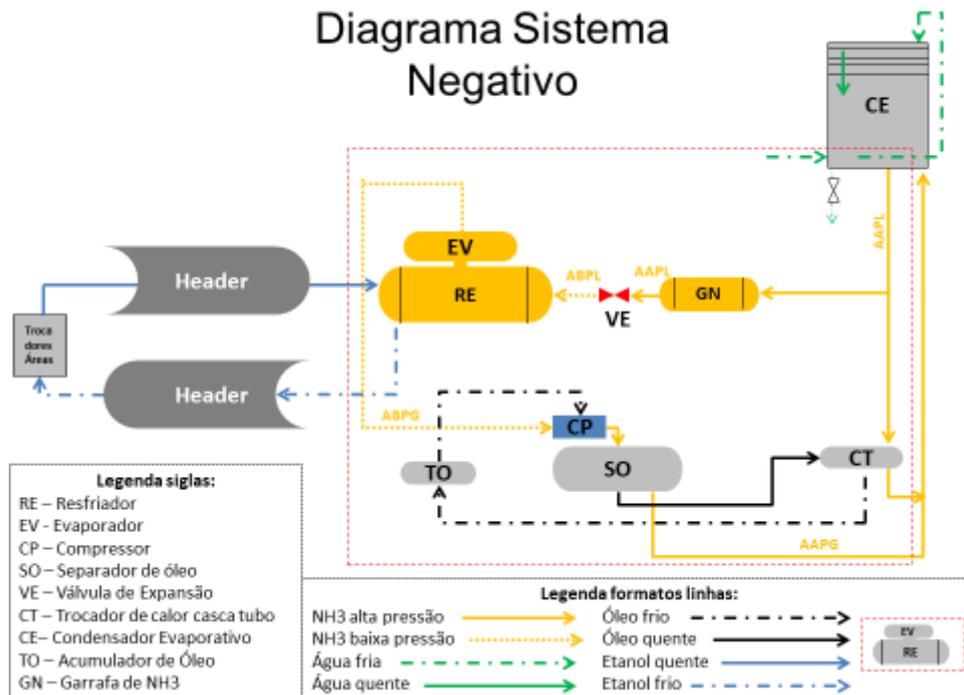


Figura 1: *Process Flow Diagram negativo.*
 Fonte: Autor (2020).

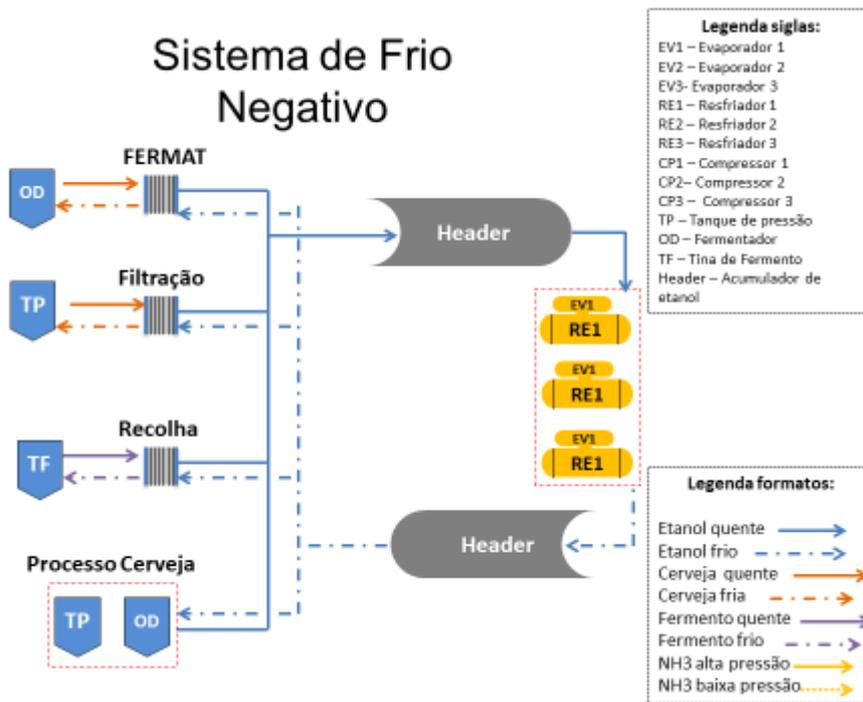


Figura 2: *Process Flow Diagram negativo continuação.*
 Fonte: Autor (2020).

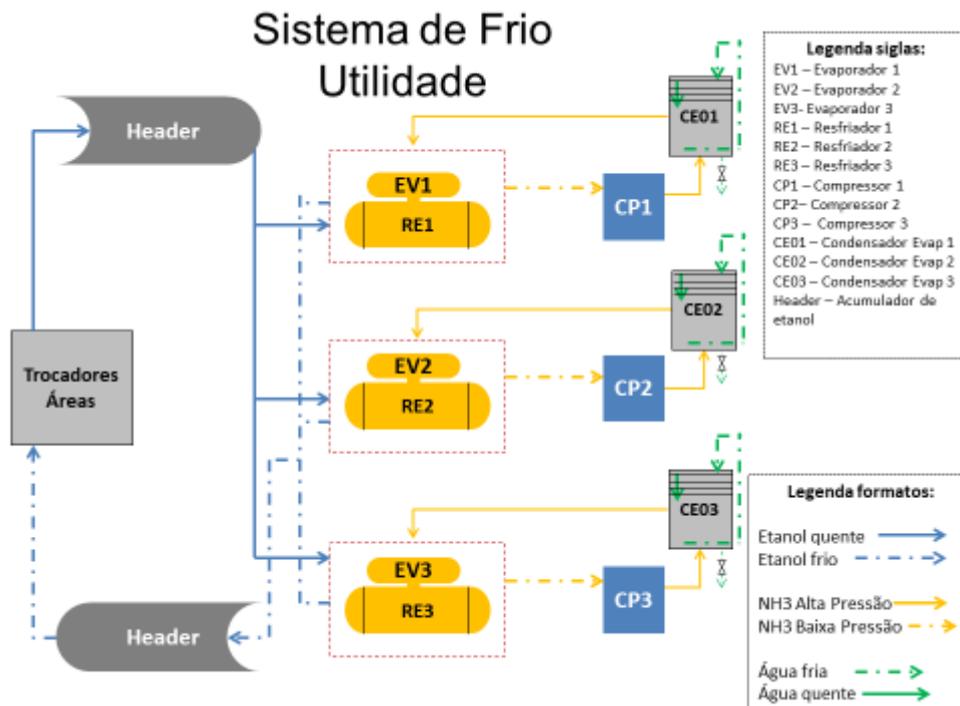


Figura 3: *Process Flow Diagram negativo continua 2.*
 Fonte: Autor (2020).

3. CONCEITO DAS DIRETRIZES OSHA

Finalmente chegamos a esclarecer as diretrizes alinhadas, distribuídas em blocos que seguem como orientação as OSHA 29 CFR 1910.119, bem como legislação nacional, que têm como objetivo único a redução de vazamentos em um sistema de refrigeração por amônia. Os itens a seguir carregam os tópicos e esclarecimentos sobre a aplicação de cada um deles,

3.1 Válvulas de Alívio de Pressão (PRV)

A amônia quando misturada ao ar atmosférico pode formar mistura inflamável a qual pode resultar na formação de uma atmosfera explosiva. O Limite Inferior de Explosividade (LIE) e o Limite Superior de Explosividade (LSE) desta mistura são respectivamente 16% e 25%. Estes valores expressos em Partes Por Milhão (ppm) são respectivamente 160.000ppm e 250.000ppm. O estudo de área classificada buscará identificar os locais onde poderá ocorrer uma fuga de amônia e sua mistura com a atmosfera, resultando na formação de uma atmosfera explosiva.

3.2 Detectores de amônia.

Sala de máquinas deve possuir um sistema fixo de detecção de amônia, com a função de se um alerta antecipado no caso da ocorrência de um vazamento de amônia. O sistema de detecção de amônia deverá ser operado, mantido e calibrado seguindo as instruções do fabricante por pessoal capacitado para executar estas tarefas. Os operadores deverão ser treinados na operação e funcionamento do sistema. Caso a calibração do sistema seja executada por pessoal interno, estes técnicos deverão possuir capacitação para realizar estas tarefas, bem como deverá existir um procedimento para a calibração do equipamento.

Uma boa prática é inserir no sistema de gerenciamento de manutenção os eventos de manutenção referentes ao sistema de detecção de amônia

Os novos sistemas de detecção de amônia deverão possuir 3 níveis de detecção e alarme, o que significa que estes equipamentos devem ser capazes de gerar saídas de alarme para no mínimo 3 diferentes valores de concentração de amônia no ar. Para cada um destes níveis de amônia detectados devem estar relacionados distintos alarmes visuais e sonoros, bem como ações para tratar a emergência detectada.

Para fins de melhor entendimento dos valores constantes utilizados na tabela acima é interessante observar os valores referentes à exposição humana à amônia estabelecidos por diversos organismos ligados à saúde e higiene ocupacional.

Valor estabelecido	ppm	g/cm ³
Limite de Tolerância (NR15)	20	14
TLV - TWA (ACGIH)	25	17
TLV - STEL (ACGIH)	35	24
IDLH (NIOSH)	300	219
IPVS		

Tabela 1: Valores referentes à exposição humana à amônia.
Fonte: Autor (2020)

Com relação à saúde ocupacional temos estabelecido no Brasil o valor do Limite de Tolerância (LT) para a amônia no anexo 11 da NR15, onde também é definido o grau de insalubridade como médio, quando ocorrer a esta caracterização. O valor do LT definido é de 20 ppm, considerando uma jornada de 48 horas semanais, sendo definido tomando como referência valores estabelecidos por organismos de outros países e que foram ajustados para uso no Brasil. Quanto à exposição aguda e resposta à emergência não existem valores fixados por

legislação nacional, portanto usamos valores internacionalmente reconhecidos. Um resumo dos valores relacionados à exposição ocupacional e exposição aguda no ambiente de trabalho é mostrado na Tabela acima.

Com relação a estes valores é importante conhecer a definição e aplicação de cada um:

a) Limite de Tolerância (LT): Definido no item 15.1.5 da NR15 como "a concentração ou intensidade máxima ou mínima, relacionada com a natureza e o tempo de exposição ao agente, que não causará danos à saúde do trabalhador, durante a sua vida laboral". Pelo que já foi apresentado, fica claro que este valor se destina a caracterizar a insalubridade de um ambiente de trabalho.

b) TLV - TWA: Conforme (10) "É a concentração média ponderada no tempo, para uma jornada normal de 8 horas diárias e 40 horas semanais, à qual, acredita-se que a maioria dos trabalhadores possa estar repetidamente exposta, dia após dia, durante toda a vida de trabalho, sem sofrer efeitos adversos à saúde", sendo o termo traduzido como Limite de Exposição - Média Ponderada pelo Tempo.

c) TLV -- STEL: Também conforme (10) " É um limite de exposição média ponderada em 15 minutos, que não deve ser ultrapassado em nenhum momento da jornada de trabalho, mesmo que a concentração média ponderada (TWA) em 8 horas esteja dentro dos limites de exposição-média ponderada (TLV-TWA)", sendo o termo traduzido como Limite de Exposição - Exposição de curta duração.

d) IDLH: É um acrônimo para *Immediately Dangerous to Life or Health* e que possui definições diferentes e complementares por parte da *US National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH)* e da *Occupational Safety and Health Administration (OSHA)*, sendo a definição adotada pela OSHA mais abrangente por considerar outros riscos que podem ser perigosos à vida ou que podem diminuir as condições de que um indivíduo abandone o local onde está estabelecida a atmosfera IDLH. No Brasil este termo foi traduzido como Imediatamente Perigoso à Vida e a Saúde (IPVS) e conforme [p.~56] (11) "refere-se à exposição respiratória aguda, que supõe uma ameaça direta de morte ou consequências adversas irreversíveis à saúde, imediatas ou retardadas, ou exposição aguda aos olhos que impeça a fuga da atmosfera perigosa.". Pode ser entendido como o nível máximo de exposição durante 30 minutos do qual o indivíduo poderá escapar sem perda da vida ou danos à saúde conforme acima definidos.

3.3 Evitar e Reduzir vazamentos de amônia

Para que se possa operar e manter o SRA de forma adequada é necessário que sejam instaladas válvulas de bloqueio na entrada e saída dos equipamentos do SRA, tais como nas linhas de entrada e saída de condensadores, evaporadores, vasos de pressão, compressores, bombas e linhas de grande comprimento.

As válvulas adequadas para uso nas linhas de amônia precisam apresentar uma confiabilidade nas funções de impedir a passagem do fluido quando estiverem fechadas, não permitir vazamentos para a atmosfera e oferecer a mínima dificuldade possível a passagem do fluido. Dentre os vários tipos existentes de válvulas, as que melhor atendem a estas solicitações, são as do tipo globo, as de passagem reta e as angulares.

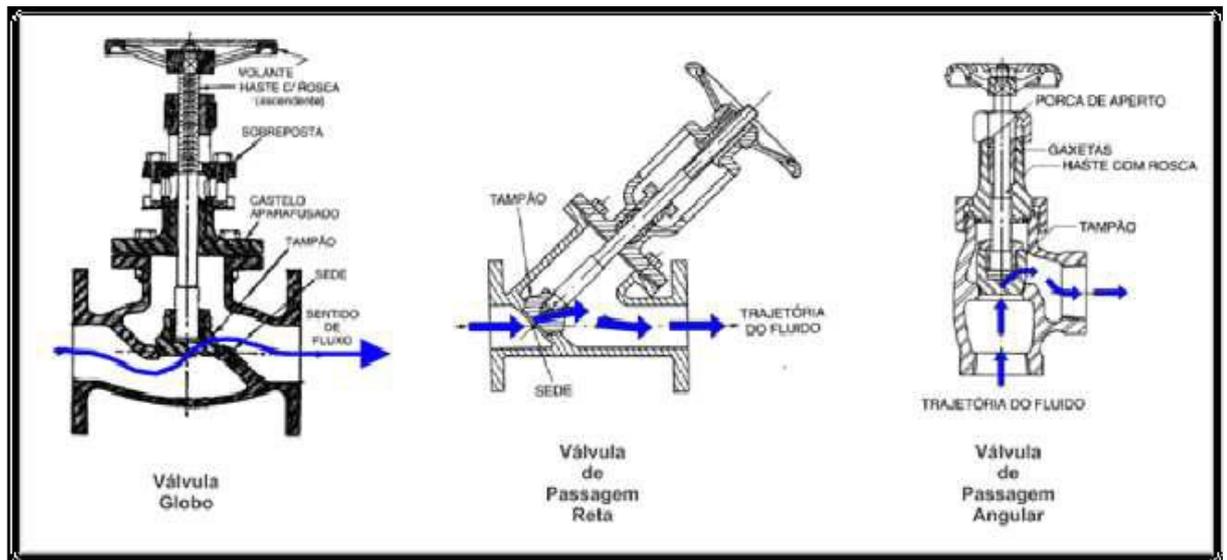


Figura 4: Válvulas de uso em sistemas com amônia.

Fonte: Autor (2020)

A posição correta de montagem destas válvulas na tubulação é no sentido contrário ao fluxo do fluido, de forma que a pressão da linha force o “levantamento” do tampão. Desta forma evitamos que uma pressão excessiva impeça a abertura da válvula. Outra vantagem é que montadas desta forma, a pressão fica contida antes da válvula (montante) e, com isso o risco de vazamento pela haste e gaxeta é minimizado.



Figura 5: corte em válvula de uso em sistema em amônia.
Fonte: Autor (2020)

Quando se utiliza válvula do tipo globo em linhas que operam com o fluido em duas fases, é recomendável instalar a mesma deve ser montada de forma que sua haste de acionamento fique na posição horizontal, isto evita que quando a mesma estiver fechada possa ocorrer a formação de bolsões de líquido à montante da válvula, que quando liberados no momento da abertura da válvula possam vir a causar ruído e variação na vazão do fluido decorrentes da aceleração do líquido à altas velocidades. Esta posição de montagem também evita o acúmulo de sujeira na sede de vedação, sendo mostrada na Figura.

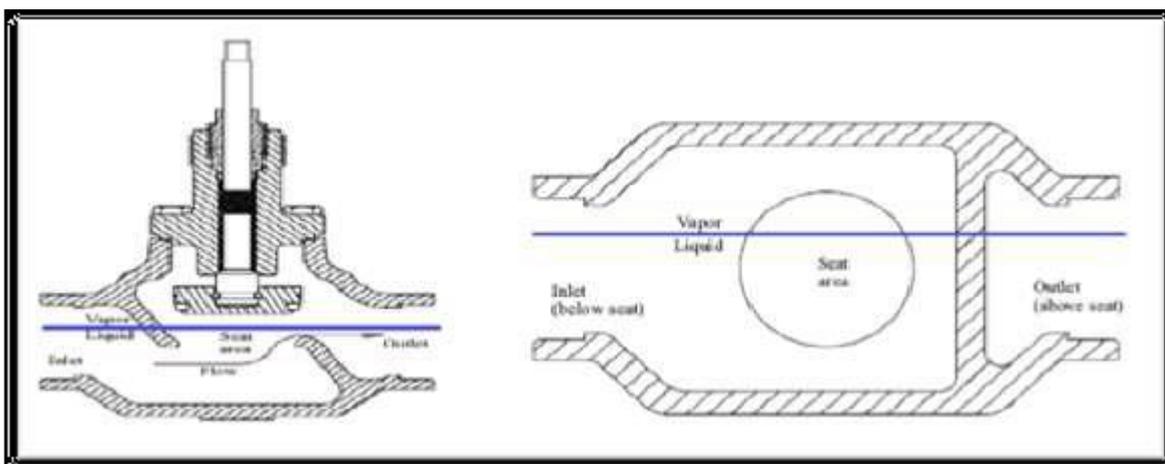


Figura 6: corte em válvula de uso em sistema em amônia.
Fonte: Autor (2020)

3.4 Process Hazard Analysis (PHA)

O PHA é um estudo da instalação completa da amônia que é realizado em um único documento pelo coordenador do PSM da planta em conjunto com os operadores, e que abrange cada um dos equipamentos e seus elementos que a compõe. Esta análise é sempre realizada sob a ótica dos perigos que podem surgir na operação e permite um conhecimento aprofundado de cada um dos riscos, desde a situação para a qual ocorre, a possível consequência, a forma como é possível reduzir ou elimina-os e termina com uma classificação do mesmo, que dependendo de qual seja, desencadeia uma ação contingente, melhoria ou correção. Esses riscos podem ser de: O mais óbvio (Exemplo: colocar uma válvula de segurança com uma pressão de alívio maior do que a do projeto do recipiente). Aquelas que não foram levadas em consideração por serem correlativas a outra ação ou elemento (Exemplo: amônia líquida confinada em uma tubulação pelo fechamento de válvulas nas extremidades). O impacto que uma má seleção de um componente pode ter (Exemplo: válvula de segurança com conexões correspondentes às existentes, mas com pouca capacidade de descarga). Consequências de erros humanos Consequências por localização da instalação.

3.5 Sistema de Emergência para desligamento dos Compressores

Os equipamentos, em especial compressores, que operam com amônia, devem possuir sistema de desligamento automático em caso de alta pressão. Equipamento deverá operar sob camadas de proteção, como exemplo alarmes, PSV e desligamento automático do equipamento.

O desligamento automático também deve ser testado anualmente, com o objetivo de garantir o funcionamento em caso de sinistro.

3.6 Sala de Máquinas.

O material de construção de paredes e portas da sala de máquinas deverão ser construídos com materiais e técnicas certificados para garantir resistência ao fogo de pelo menos uma hora.

As portas de acesso a sala de máquinas devem ser do tipo de fechamento automático por mola. A função é que se mantenham fechadas de forma autônoma para que um eventual fogo não possa ingressar na sala ou sair da mesma utilizando

a abertura da porta. A forma de funcionamento e função são análogas às portas corta-fogo existentes em prédios comerciais e residenciais.

A folga entre as tubulações elétricas e de utilidades que penetram em salas que são construídas como resistentes à fogo devem ser preenchidas com selantes resistentes à fogo com resistência igual ou maior a resistências projetada da sala, a fim de que estas folgas não funcionem como pontos fracos na proteção contra incêndio. Na Figura 8 é mostrado um exemplo de penetrações em uma sala que foram seladas com material isolante resistente à fogo.



Figura 7: Isolamento do sistema em amônia.
Fonte: Autor (2020)

3.7 Resposta a Emergência

Verificar se o plano de resposta a emergências no SRA está contemplado no Plano de Ação Emergencial (PAE), devem estar identificadas potenciais situações de emergência no SRA, e para cada um dos cenários previstos deve existir um processo coordenado de ações, considerando os impactos na saúde e segurança das pessoas, interna e externamente à unidade. Portanto este plano deve apresentar, para cada cenário de emergência, as respectivas ações para evitar a ocorrência dos possíveis impactos negativos. Informações sobre os riscos relacionados à amônia e resposta a emergência.

O plano de resposta a emergência deve ser utilizado para identificar potenciais situações de emergência e frente a estas definir um processo coordenado de resposta as estas situações. O plano de resposta a emergência deve considerar os impactos na saúde e segurança das pessoas, interna e externamente à unidade.

Portanto este plano deve apresentar, para cada cenário de emergência, as respectivas ações para evitar a ocorrência dos possíveis impactos negativos.

O treinamento das equipes de resposta a emergência deve capacitar as mesmas para executar as ações previstas no plano de resposta a emergência, considerando os cenários e ações constantes do mesmo. Os simulados anuais de treinamento também só atingem seu propósito se estiverem baseados na reprodução de cenário e ações previstas no plano de resposta a emergência.

3.8 Gestão de Equipamento Desativado

O equipamento desativado deve estar totalmente limpo de poeiras e desconectado do sistema e sua entrada e saída devem estar tamponadas para evitar a entrada e armazenamento descontrolado de substância perigosa. A parte elétrica também deve estar totalmente desconectada do sistema de alimentação, para evitar que gere alguma carga ou uma energização indevida.

Antes da desmontagem dos equipamentos, suas entradas e saídas devem ser fechadas e desconectada a parte elétrica, uma empresa terceira deve ser acionada para fazer a limpeza completa do equipamento e descontaminação do mesmo, após isso a empresa deve emitir um laudo para que o equipamento possa ser desacoplado do sistema, sem risco de gerar acúmulo de substância perigosa.

3.9 Sinalização

A identificação das tubulações deve atender a legislação local, se existente, e no mínimo deve conter as seguintes informações:

1. Corpo do marcador – identificação do fluido - "AMÔNIA"
2. Estado físico - LIQ; VAP; ou ambos
3. Nível de pressão - por exemplo, ALTO (> 70 psi)
4. Abreviação do sistema a que pertence a tubulação – Exemplo: AAPL (Amônia Alta Pressão Líquida)
5. Seta direcional (para a direção do fluxo)

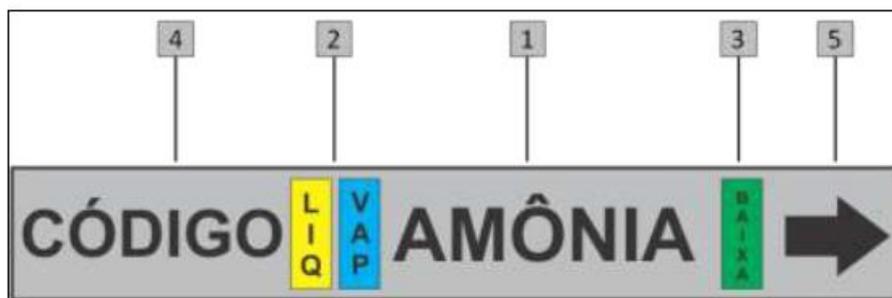


Figura 9: Exemplo de tag para identificação de tubulação.
Fonte: Anexo 13-NR15 (2020)

Para maiores informações sobre identificação de tubulações do sistema de refrigeração por amônia recomenda-se consultar a publicação *Guidelines for Identification of Ammonia Refrigeration Piping and System Components*. International Institute of Ammonia Refrigeration - IIAR. 2014 (6)

3.10 Gestão de Equipamentos em Standby

Os equipamentos stand-by devem estar nas mesmas condições dos equipamentos em operação, pois em caso de emergência devem estar aptos a serem acionados, para eles o plano de manutenção deve ser mantido e executado conforme o manual do fabricante.

3.11 Inspeção técnica

Os métodos de inspeção podem incluir vários testes não destrutivos (END) ou categorias:

O propósito do item Integridade Mecânica (IM) do PSM, é manter os equipamentos do Sistema de Refrigeração por Amônia (SRA) operando conforme as especificações de projeto e instruções do fabricante ao longo de sua vida útil. São considerados equipamentos críticos do SRA os compressores e bombas de amônia, as tubulações de amônia, os evaporadores, os condensadores, os sistemas de alívio de pressão, os vasos de pressão, os sistemas de controle e os detectores dispositivos de alarme.

Uma vez que as tubulações são consideradas equipamentos críticos, é necessário implementar e manter um programa de inspeção das mesmas e tratamento das anomalias identificadas. Para tanto é necessário, entre outros passos, que se identifiquem os mecanismos que levam este sistema à falha. Com a

identificação destes mecanismos é possível determinar as técnicas de inspeção mais adequadas, quais os componentes devem ser inspecionados e quando estas inspeções devem ser realizadas. Portanto, é necessário selecionar os mecanismos de falha que podem ocorrer num SRA, sendo esta seleção baseada tanto na verificação da existência das condições necessárias para que um dado mecanismo se instale, como também na análise do histórico de falhas que mais afetam as tubulações dos SRA e os mecanismos associados a estas falhas.

3.12 Manutenção

O programa de manutenção preventiva adotado além de a manutenção do equipamento é capaz de garantir efetivamente que a revisão e calibração sejam realizadas de cada instrumento no período em que a legislação local o dispõe, garantindo que realmente funciona. Todos os transmissores e alarmes de pressão de temperatura, sensores fixos de presença de amônia e portáteis, transmissores de nível, medidores de vazão, sistemas de detecção de perda e sistemas de ventilação devem estar cobertos por estratégia de manutenção. As placas de identificação legíveis e em conformidade com o plano de calibração de precisão o período exigido por lei.

3.13 Equipamentos de Proteção Pessoal (PPE)

A mascarás facial deverão estar protegidas contra pragas e higienizadas. Devem ser disponibilizadas em locais de fácil acesso.

As máscaras Autônomas e os macacões devem estar próximos a Utilidade. Devem estar protegidas contra pragas e em local de fácil acesso. Devemos ficar atentos a validade dos cartuchos da máscara facial de amônia. Depois de rompido o lacre terá uma validade de 6 meses. Uma boa prática e colocar no cartucho a data da validade. Se não houver o rompimento do lacre está validade será de acordo com o que está descrito no cartucho. Deverá ser realizado um check nas máscaras uma vez por mês e registrado. Para os EPCs, eles deverão ter um acompanhamento mensal na própria unidade. Para os macacões, deverá ser realizado um teste anual. Com uma empresa externa e com o laudo dos testes realizados.

3.14 Treinamentos

Risco de NH₃ está incluído na integração de segurança da unidade para todos os empregados próprios, está incluído na integração de segurança da unidade com todos os visitantes e prestadores de serviços. Integração de segurança detalhada de cada departamento. Treinamento específico em NH₃ está incluído na matriz de treinamento da planta. Os operadores de vasos com NH₃ possuem o treinamento de "operação de unidades de processo" mais o estágio supervisionado, conforme itens da NR-13 e são autorizados. Há uma lista dos funcionários autorizados a entrar afixada na entrada da casa de máquinas e supervisão.

3.15 Gestão de Contratadas

Pessoas que trabalham na área onde existem equipamentos com amônia, mas não fazem parte do corpo operacional da unidade. Portanto, não requer conhecimento profundo de instalações da amônia, mas dos perigos que ela gera, como agir em caso de perceber o cheiro ou ver uma fuga, sabendo qual alarme soará em caso de vazamento de amônia e como proceder. Também é importante que compreendendo como agir no caso de ser afetado por um vazamento de amônia, onde PPE é encontrado, lavagem dos olhos, etc.

3.16 Permissão de trabalho

Na execução de trabalho com abertura de linha de amônia, sendo ele geral altura ou quente, necessário a emissão da permissão de trabalho, por profissional treinado, e empregado direto, seguido do acompanhamento do responsável pela área. Válida apenas e sem possibilidade de extensão por um único turno. Caso a atividade se prologue, necessário uma nova permissão de trabalho, considerando a avaliação cauteloso dos riscos envolvendo substâncias perigosas.

4 Metodologia do trabalho

Temos como ponto de partida, uma Utilidades com aproximadamente 50 anos, em uma cervejaria, mas isso não nos permite trabalhar com menos segurança, ponto em risco a vida dos trabalhadores ou a qualidade do processo de fabricação de cerveja.

Com o objetivo de manter os processos de geração de energia e fluidos sob controle foram seguidas as diretrizes listadas anteriormente e então, analisado a

evolução do indicador incidentes envolvendo vazamentos de amônia, à medida que as diretrizes são melhor aplicadas na área.

Para cada um dos itens aplicados de maneira correta e efetiva, entendemos que os incidentes tendem a reduzir e o nível de segurança física e psicológica melhoram.

Com conhecimento claro de cada um dos blocos apresentados, abertos em questões que só serão respondidas como OK e NOK, para nortear a execução a acompanhamento do questionário sugerido.

Será analisando os valores das medições das ocorrências computadas nas últimas 52 semanas, 12 semanas e 4 semanas, uma análise trimestral, mensal e semana, considerando o valor médio medido no intervalo, então, de um intervalo para o outro, do trimestre, para o mensal, para o semanal ele deve diminuir, no nosso caso de avaliação.

Como ferramenta de investigação também foi utilizada a técnica interrogativa dos 5 porquês, A técnica dos 5 Porquês surgiu na década de 30 e foi criada por Sakichi Toyoda, fundador das Indústrias Toyota. O 5 Porquês é uma ferramenta que consiste em perguntar 5 vezes o porquê de um problema ou defeito ter ocorrido, a fim de descobrir a sua real causa, ou seja, a causa raiz (BENJAMIN, 2009).

O período que analisado nessa trabalho corresponde 01 de agosto de 2019 até 30 de agosto de 2020, pela simples ocorrência do desenvolvimento desse trabalho.

5 Resultados da aplicação

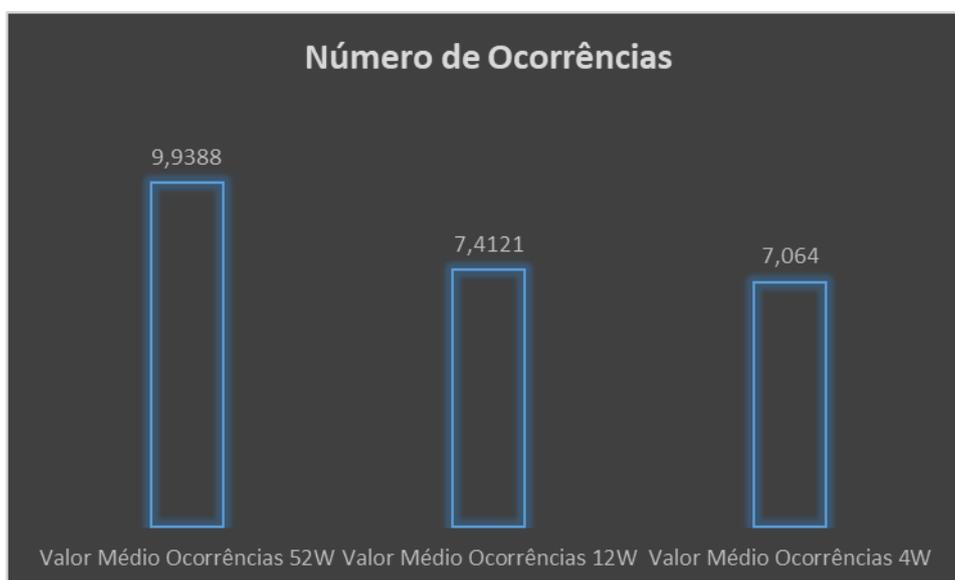
Com a aplicação de um checklist desenvolvido com base nos blocos anteriores das diretrizes da OSHAs e sua aplicação em sistemas com amônia, executamos um monitoramento constante, via sensor de amônia distribuído no interior da casa de máquinas, a medição é instantânea, e armazenado por média horaria.

Com o monitoramento, estratificação em uma análise de avaliação o comportamento, analisando os valores das última 52 semanas, 12 semanas e 4 semanas, uma análise trimestral, mensal e semanal, e investigação com a técnica de 5 porquês da repetitividade, intensidade das ocorrências, e por equipamento, eliminando a causa latente e acompanhando a evolução do indicador de vazamento

de amônia na casa de maquinas das utilidades. Todos os dados utilizados nos gráficos a seguir são do período de 01 de agosto de 2019 até 30 de agosto de 2020.

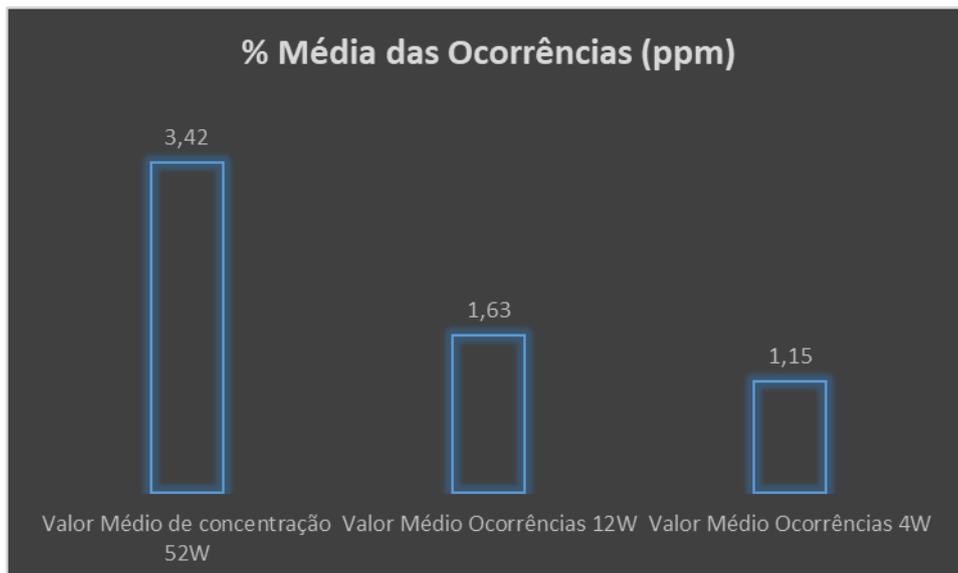
Esse primeiro gráfico mostra a evolução da média de ocorrências de vazamentos monitorados pelos detectores instalados na casa de máquinas em estudo.

É significativa a redução, mas ainda existe o gap da seguinte pergunta: OK, vazamentos reduziram, mas a dimensão do vazamento também precisa ser reduzida.



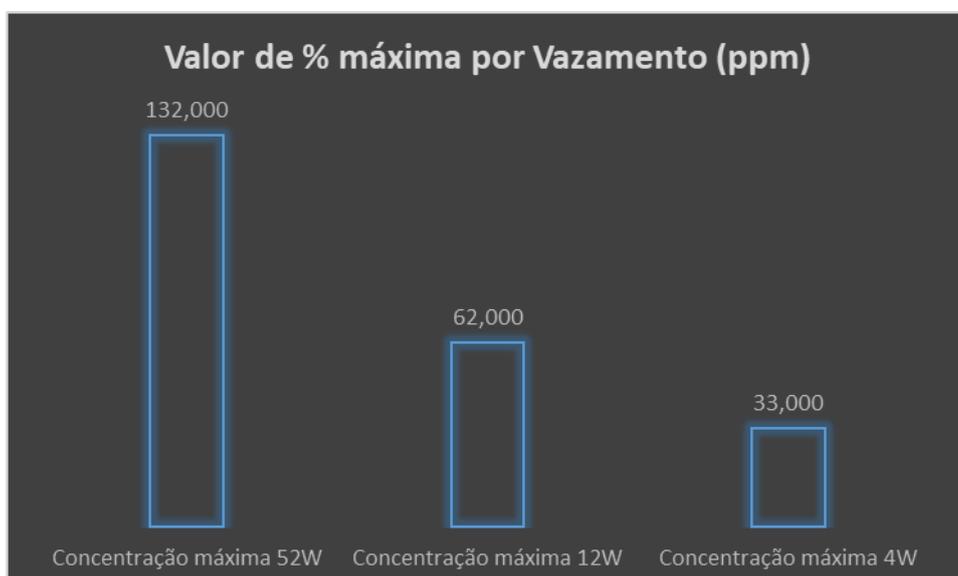
Entender a redução da proporção dos vazamentos é necessário, então para realmente entender se a aplicação leva a redução dos vazamentos e de sua proporção.

O gráfico seguinte demonstra exatamente isso: Ao longo do período em estudo, ocorre a redução da proporção media da concentração identificada nos vazamentos.



Até aqui temos redução no número de vazamento e redução no valor média da concentração dos vazamentos existentes. Considerando os riscos envolvendo amônia, um vazamento de grande proporção pode ser catastrófico, com isso, mesmo sendo a média mais baixa do período pode estar escondendo um vazamento de alta proporção.

Mas ainda ocorrem vazamentos. E se os que ocorrem foram também o suficiente para gerar acidentes graves, catastróficos? Por isso, necessário avaliar que, mesmo dentro das ocorrências existentes, qual é o pior cenário identificado. Por essa razão a análise das piores ocorrências também se faz necessário e representada no gráfico seguinte:



Conclusão

A aplicação das medidas orientadas nas diretrizes da OSHA, sanando as lacunas técnicas existentes na área, executando as ações propostas, percebemos o comportamento dos vazamentos de amônia reduzindo, o número de ocorrências saiu de 9,93, últimas 52 semanas, para 7 nas últimas 4 semanas. Superficialmente falando, já existe uma evolução evidente por redução de número de ocorrências.

Falando de amônia e ocorrências críticas, a concentração liberada no ambiente se faz necessário a análise. Com isso, a média da concentração das ocorrências dentro do mesmo período analisado é importante, e observado a redução 67% da concentração média avaliada no último ano, com a média do último mês. Saímos de uma concentração de 3,42ppm para 1,15ppm.

Sem deixar dúvidas da interface positiva da execução e evolução do dashboard, buscamos entender cada ocorrência, identificando o máximo do ocorrido dentro do intervalo de tempo. Extremamente necessário ter ciência que mesmo com a redução do número de ocorrências e concentração média, havendo uma ocorrência com valor crítico de concentração seria suficiente para uma fatalidade. Então, é observado também a redução do valor máximo de concentração de 132 ppm no último ano, para 33ppm no último mês.

O atingimento do dashboard é refletido no campo com a efetividade das ações. Logo, o bom andamento leva a uma área de risco elevado a um ambiente de risco controlado e pessoas seguras.

Nesse momento temos analisado a redução no número de ocorrências, redução no valor médio da concentração e redução do valor máximo encontrado dentro do período em análise.

A área de utilidades continuou rodando 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem alteração significativa de quebra ou modulação da unidade fabril. O objetivo da implantação das diretrizes, dentro do período de tempo analisado, se mostra efetiva no objetivo de redução dos incidentes envolvendo vazamentos de amônia.

Partimos para um novo desafio: zero vazamentos, zero ocorrências, zero, concentração de amônia na sala de máquinas. Operar sob essa condição é inadmissível e inaceitável.

Parece um desafio inalcançável, mais de um ano atrás, tínhamos números de ocorrências e comportamento humano em que a amônia livre no ambiente era normal, comum, sem nenhuma tratativa.

ASSINATURAS DOS RESPONSÁVEIS

Acadêmico: Erick Alves Cerqueira

Orientador: Carlos Augusto de Souza

Salvador /2021

Bibliografia

BRYNJOLFSSON, ERIK; MCAFEE, ANDREW. **The Second Machine Age**. W. W. Norton & Company. 2014.

COOPER, D. **Improving safety culture: a practical guide**. Londres: Wiley, 1998. 318p.

Reason J. **Managing the Risks of Organizational Accidents**. Aldershot Ashgate 1997 252p.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. N° **03/DSST/SIT**: REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL POR AMÔNIA: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal. Brasília, 2004. 18 p. Disponível em: http://www.segurançanotrabalho.eng.br/manuais_tecnicos/pub_cne_refrigeracao.pdf. Acesso em: 01 jun. 2020.

Occupational Safety And Health Administration. **Hazardous Materials**: list of highly hazardous chemicals, toxics and reactives (mandatory). List of Highly

Hazardous Chemicals, Toxics and Reactives (Mandatory). 1992. Disponível em: https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_id=9761&p_table=standards. Acesso em: 15 out. 2020.

Occupational Safety And Health Administration. **Hazardous Materials:** process safety management of highly hazardous chemicals.. Process safety management of highly hazardous chemicals.. 1992. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.119>. Acesso em: 27 out. 2020.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. N° **03/DSST/SIT:** REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL POR AMÔNIA: Riscos, Segurança e Auditoria Fiscal. Brasília, 2004. 18 p. Disponível em: http://www.segurancaotrabalho.eng.br/manuais_tecnicos/pub_cne_refrigeracao.pdf. Acesso em: 01 jun. 2020.

SERVIÇO ESPECIALIZADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO. **NR 13:** NR13 - CALDEIRAS E VASOS DE PRESSÃO. Brasília, 2014. 57 p. Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-13?view=default>. Acesso em: 12 jul. 2020.

SERVIÇO ESPECIALIZADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E EM MEDICINA DO TRABALHO. **NR 15:** NR 15 - NORMA REGULAMENTADORA 15 ATIVIDADES E OPERAÇÕES INSALUBRES. Brasília, 1978. 10 p. Disponível em: <https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-15?view=default>. Acesso em: 06 jun. 2020.

BENJAMIN, Samuel Jebaraj; MARATHAMUTHU, M. Srikamaladevi; MUTHAIYAH, Saravanan. Scrap loss reduction using the 5-whys analysis. International Journal Of Quality & Reliability Management. Malásia, p. 527-540. 2010.