



ecl2ES'17

ATAS
III ENCONTRO
CIENTÍFICO DA I2ES

2 DE JUNHO DE 2017

I2ES 

Unidade de Investigação e Inovação em
Economia e Sociedade | ISLA Santarém

ISLA
Santarém

**INVESTIGAÇÃO DE METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO DE RISCOS,
APLICADOS A SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO POR AMONÍACO
INQUIRY OF METHODOLOGIES OF EVALUATION OF RISKS, APPLIED
THE SYSTEM OF REFRIGERATION FOR AMMONIA**

Ana Catarina Russo¹, Rui Veiga²

¹ISLA Santarém; ²ISLA Santarém

rveiga.sht@gmail.com; catarinarusso2@hotmail.com

Resumo

O desenvolvimento da refrigeração mecânica remonta aos primeiros anos da revolução industrial. O amoníaco refrigerante continua a ser o mais, largamente utilizado em sistemas de refrigeração industriais para processar e preservar a maioria dos alimentos e bebidas. Do ponto de vista operacional, o amoníaco é geralmente aceite como o refrigerante mais eficiente e de baixo custo. O amoníaco, com símbolo químico NH₃ é estável quando armazenado e utilizado em condições normais de armazenamento e manuseio. Acima de 450°C, pode se decompor, libertando azoto e hidrogénio. É facilmente detetado a partir de pequeníssimas concentrações (5 ppm) no ar pelo seu cheiro característico, é um gás irritante para olhos e pele, variando com o tempo e nível de exposição, podendo ocorrer lesões corporais severas. Este apresenta risco moderado de incêndio e explosão exposto ao calor, no entanto quando exposto a óleos e outros materiais combustíveis aumenta o risco de incêndio. A maior preocupação a nível de segurança surge nos derrames, fugas e explosões que podem ocorrer neste tipo de centrais de refrigeração. A investigação teve por base a aplicação de duas metodologias diferentes, FMEA e HAZOP, de modo a verificar o grau de aplicabilidade à central de frio, assim como verificar o nível de falhas e qual o método mais eficaz indicando potenciais pontos de melhoria.

Palavras-chave: amoníaco, risco, avaliação de riscos, segurança.

Abstract

The development of mechanical refrigeration dates back to the early years of the industrial revolution. Refrigerant ammonia continues to be the most widely used in industrial refrigeration systems to process and preserve most food and beverages. From an operational point of view, ammonia is generally accepted as the most cost-effective and efficient - an important benefit for industry consumers, it is an effective soda like lower operating costs and represents a lower cost of food. Ammonia, with chemical symbol NH₃, is stable when stored and used under normal conditions of storage and handling. Above 450 ° C, it can decompose, releasing nitrogen and hydrogen. It is easily detected from very low concentrations (5 ppm) in the air due to its characteristic smell, it is an irritating gas for eyes and skin, varying with the time and level of exposure and severe personal injury can occur. This presents moderate risk of fire and explosion exposed to heat, however when exposed to oils and other combustible materials increases the risk of fire. The biggest safety concerns arise in the spills, leaks and explosions that can occur in this type of cooling plants. The research was based on the application of two different methodologies, FMEA and HAZOP, in order to verify the degree of applicability to the cold plant, as well as to verify the level of failures and the most effective method indicating potential improvement points.

Keywords: ammonia, risk, risk assessment, safety.

1. INTRODUÇÃO

A investigação foca-se na central de frio de uma empresa de produtos vegetais ultracongelados. É aqui, na central, que se encontram compressores, bombas e

separadores de líquido responsáveis pelo transporte do fluido aos evaporadores e condensadores na qual possibilita o efeito de refrigeração.

Não obstante, o amoníaco puro apresenta um elevado risco para a saúde, sendo altamente tóxico. Em caso de derrame ou fuga, poderão surgir efeitos desastrosos para os trabalhadores. A gestão de riscos permite a melhoria contínua da segurança e saúde no trabalho, assim como o desempenho da empresa e minimiza os acidentes relacionados com o trabalho assim como doenças profissionais. As metodologias para a avaliação de riscos, aplicadas de modo geral, à central de frio da indústria são: FMEA (Análise de modo e efeito de falha) e HAZOP (hazard and operability study). São dois métodos totalmente diferentes, contudo permitem a identificação e prevenção de erros de processo. Quanto mais eficazmente estas ferramentas forem aplicadas mais vantagens e aspetos positivos produzirá à organização.

1.1 Objetivos

Realizar o estudo de duas metodologias diferentes, um método quantitativo e outro qualitativo aplicados ao sistema de refrigeração.

- 1º Avaliar os riscos com o método FMEA;
- 2º Avaliar os riscos com o método HAZOP;
- 3º Verificação de métodos, aplicabilidade e comparação;
- 4º Conclusões da investigação realizada.

2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizado um estudo com dois diferentes métodos, uma análise quantitativa e uma análise qualitativa, FMEA e HAZOP, respetivamente. O método FMEA assenta no estudo das falhas dos componentes de um equipamento ou sistema através duma análise específica. Começa com um diagrama do processo, com inclusão de todos os componentes que podem, eventualmente, falhar e afetar a segurança do sistema. Exemplos típicos são os mecanismos de transmissão, de controlo, válvulas, bombas, entre outros.

Este consiste na análise de dados para cada falha de componente ou conjunto de componentes e o desenvolvimento das diferentes recomendações. Na FMEA são consideradas as falhas desde o planeamento até a execução do próprio projeto, com o objetivo de evitar falhas do processo, tendo como base as não conformidades do produto, bem como as especificações do projeto. O método avalia a severidade de cada

falha relativamente ao impacto causado aos operadores, sua probabilidade de ocorrência, e sua possibilidade de detecção. Com base nestas três informações, o método FMEA leva à anteposição de quais modos de falha provocam os maiores riscos ao cliente e que, portanto, são dignos de maior atenção (PUENTE et al, 2002).

De acordo com Fernandes e Rebelato (2006) as etapas para a execução de FMEA são:

- a) Identificar modos de falha (eventos que resultam em redução da função e dos objetivos de desempenho do sistema) conhecidos e potenciais;
- b) Identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua respetiva severidade ou gravidade sob o ponto de vista do usuário;
- c) Identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a sua probabilidade de ocorrência;
- d) Identificar os meios de controle atuais do modo de falha e sua probabilidade de detecção (probabilidade de que a falha seja constatada antes que o produto chegue ao cliente);
- e) Avaliar o Nível de Prioridade de Risco (NPR) de cada modo de falha;
- f) Avaliar se o patamar do NPR é aceitável ou não;
- g) Em caso de NPR em nível inaceitável, definir medidas para a eliminação ou redução do NPR. Isto é conseguido por meio de ações que aumentem a probabilidade de detecção ou reduzam a probabilidade de ocorrência da falha;
- h) Definir os responsáveis pela implantação das melhorias, a acompanhar a implantação e recalcular o NPR;
- i) Se o novo NPR estiver em nível ainda inaceitável, deve-se replanear novas medidas de melhorias.

Para determinar-se o risco associado a cada modo de falha multiplica-se a pontuação da severidade (S), pela ocorrência (O) e pela detecção (D).

O método HAZOP é uma técnica indutiva e qualitativa de identificação de riscos e problemas operacionais, assente na utilização de palavras de referência, a partir das quais são analisados os desvios ao processo operacional e aos parâmetros pré-definidos. Estima consequências das falhas, identificando, na sequência, as causas, a partir das quais é possível determinar as medidas de prevenção (Freitas, 2003). O principal objetivo de um estudo de perigos e operabilidade é investigar de forma

minuciosa e metódica cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências. Uma vez verificadas as causas e as consequências de cada tipo de desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para evitar o problema de operabilidade da instalação. O HAZOP foca-se nos problemas de segurança, indo ao encontro da identificação dos perigos que possam colocar em risco os operadores e os equipamentos da instalação, assim como os problemas de operabilidade, que embora não sejam perigosos, podem causar perda de produção ou podem afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo. Portanto, o HAZOP identifica tanto problemas que possam comprometer a segurança da instalação como aqueles que possam causar perda de continuidade operacional da instalação ou perda de especificação do produto. A partir daí são definidos quais as variáveis de processo (fluxo, temperatura, viscosidade, pressão, entre outros.) que deverão ser analisadas ao longo das reuniões de HAZOP. De seguida são apresentadas as palavras guias mais utilizadas em estudos de HAZOP (Diniz *et al.*,2006). A Tabela 2 apresenta exemplos possíveis de associações das palavras-guia com os parâmetros.

Parâmetros (Variáveis)	Palavra-Guia	Desvio
Fluxo	Nenhum Menos Mais Reverso Também	Nenhum Fluxo Menos Fluxo Mais Fluxo Fluxo Reverso Contaminação
Pressão	Menos Mais	Pressão Baixa Pressão Alta
Temperatura	Menos Mais	Temperatura Baixa Temperatura Alta
Nível	Menos Mais	Nível Baixo Nível Alto
Viscosidade	Menos Mais	Viscosidade Baixa Viscosidade Alta
Reação	Nenhum Menos Mais Reverso Também	Nenhuma Reação Reação Incompleta Reação Descontrolada Reação Reversa Reação Secundária

Tabela 3 - Exemplos de parâmetros, palavras-guia e desvios

Fonte: Aguiar,2014.

3. RESULTADOS

No que refere a FMEA, foi realiza uma análise do sistema na qual foram hierarquizados os diversos componentes relativos à central de frio de amoníaco como se pode observar na tabela 3. Os componentes apresentados são alguns dos mais importantes e essenciais. Foi compreendido o sistema de modo a perceber o seu funcionamento. Conhecidas as funções foram realizados os levantamentos de modos de falha de cada componente. O modo potencial de falha é a forma como a disfuncionalidade de demonstra. Em efeitos dos modos potenciais de falha, foram descritas as consequências dos efeitos potenciais negativos, quer em rendimento do componente quer no sistema. Já no que diz respeito à causa do modo potencial de falha foram descritas as causas mais presumíveis que estiveram na origem do seu surgimento. Quanto mais graves são os efeitos dos modos de falha, mais precisas e desenvolvidas são as causas de falha identificadas. Para cada potencial modo de falha é calculado o índice de gravidade, frequência e detetabilidade. Estes índices estimam os modos de falhas potenciais existentes indicando o valor de RPN (Risk Priority Number), que é o produto destes três índices. Os valores resultantes de RPN mais elevados serão priorizados de modo a atuar de imediato na problemática, no entanto com este resultado permite a quantificação e verificação de amplitude relativamente a cada falha realizando uma ordenação de prioridades de ações a desenvolver de modo a reduzir ou minimizar os efeitos que determinadas falhas poderão originar.

COMPONENTE (FUNÇÃO)	POTENCIAL MODO DE FALHA	POTENCIAL EFEITO DE FALHA	GRA	POTENCIAIS CAUSAS DE FALHA	FREQ	CONTROLO ATUAL DE DETEÇÃO	DET	RPN	AÇÃO PREVENTIVA RECOMENDADA	RESP. & PRAZO
Compressor (Aspirar e Comprimir os gases)	Avaria de motor elétrico	Paragem do grupo do compressor, no de baixa pressão, de alta continua a trabalhar, inverso já não acontece	5	rolamentos	2	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	2	20	stock peças e revisão periódica	Manutenção / 15,08,17

ATAS III ENCONTRO CIENTÍFICO I2ES

Válvulas pneumáticas (cortar ou abrir NH3 ou óleo)	Avaria no sistema de ar na válvula	Aumento de pressão no circuito e obstrução de setores que devem estar ligados. Paragem de sistema	10	Válvulas de corte no circuito de ar	2	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	3	10	Verificação e Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
Válvulas Motorizadas (Abrem e fecham de 0% a 100% conforme indicação do automato)	Anomalia elétrica e mecânica	aumento do nível de líquido	10	Fusíveis queimados	2	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	3	60	Stock peças e revisão periódica	Manutenção o/ 15,08,17
Sensores de temperatura e pressão (medição de pressão e temperatura)	Avaria no sensor	Não é visualizado o valor de temperatura e pressão. Confunde o sistema e iminente paragem do mesmo	9	Excesso de tensão	4	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	4	14 4	Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
Bomba de Amoníaco (responsável por bombear amoníaco líquido em todo o sistema nomeadamente evaporadores)	Avaria na bomba	Paragem da bomba ou funciona com fuga ou ruído	10	Anomalia no variador de frequência	5	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	3	15 0	Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
Bomba de óleo (Bombear o óleo para lubrificar o compressor)	Anomalia de turbina	O fluxo não corre, compressor para insuficiência de lubrificação	7	Rolamento gripado	3	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	2	42	Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
Depósitos de amoníaco (Reservatório de gás e líquido de amoníaco existente na instalação)	Fissura em uma soldadura	Se esta anomalia ocorrer na parte superior do depósito onde existe o gás é uma fuga de gás; se ocorrer na parte inferior há fuga de líquido ou derrame	10	Excesso de pressão no tanque	1	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	3	30	Visualização diária; Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
Condensadores (Fazer a mudança de estado gasoso para líquido)	Rompimento de correias	A turbina de ventilação deixa de trabalhar e o arrefecimento do amoníaco é deficiente	8	Negligência técnica	2	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	2	32	Visualização diária; Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17

Evaporadores (Retirar calor a uma determinada matéria)	Falha na abertura automática na válvula de aspiração	O gás que deveria ser aspirado é insuficiente, e não fornece o valor de pressão do LP	8	Anomalia para Electroválvulas	3	Alarme program a SKT, Alarme via SMS	2	48	Manutenção preventiva	Manutenção o/ 15,08,17
---	--	---	---	-------------------------------	---	--------------------------------------	---	----	-----------------------	------------------------

Tabela 4 -Aplicação de FMEA

Fonte: Autora

No estudo de HAZOP, apresentado na tabela 4. são estabelecidas falhas e possíveis consequências que poderão afetar o sistema na central de frio de amoníaco.

É apresentado o desvio analisado a partir de palavras-guia ligadas diretamente a um parâmetro de processo. É avaliada a causa, detecção e consequência para cada desvio que foi apresentado. Além de identificar os riscos, causas e consequências faz-se referência a ações a tomar antes que o acidente aconteça. Com esta metodologia pode-se verificar o que poderá ser realizado para eliminar a causa do desvio ou mesmo minimizar as consequências esperadas. Correspondente aos vários desvios e causas, são apresentadas ações de melhoria, dos quais requerem mais atenção, tratando-se de amoníaco.

Palavra-Chave	Desvio	Causas	Deteção	Consequências	Providência
<i>Mais</i>	Mais Fluxo	Líquido de NH ₃ :. Irregular funcionamento das bombas e variadores de frequência	São enviados SMS de todos os erros existente	O sistema irá funcionar fora de regime normal podendo parar por excesso	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Menos</i>	Menos Fluxo	Óleo: Irregular funcionamento da bomba e variador de frequência	São enviados SMS de todos os erros existente	Insuficiência e perca de capacidade	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Mais</i>	Mais pressão	Temperatura exterior (mais temperatura no exterior mais pressão no sistema	São enviados SMS de todos os erros existente	Rotura de tubagem	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.

<i>Menos</i>	Menos pressão	Linha de gás quente: dificulta as descongelações dos evaporadores	São enviados SMS de todos os erros existente	Os evaporadores não são descongelados e se a avaria persistir dá-se a colmatagem dos evaporadores por excesso de gelo	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Mais</i>	Mais temperatura	Condensadores: Subdimensão e temperatura exterior	São enviados SMS de todos os erros existente	Falta de capacidade e irregular desempenho do sistema, este entra em limitação.	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Menos</i>	Menos temperatura	Óleo: O sistema se estiver abaixo de 10.°C não inicia.	São enviados SMS de todos os erros existente	Resistência de aquecimento de óleo avariadas.	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Maior</i>	Maior viscosidade	Separador de óleo: Quanto mais alta for a temperatura mais viscoso este se irá tornar	São enviados SMS de todos os erros existente	Deficiente lubrificação podendo avariar alguns componentes. Perca de pureza.	Mudar filtros de óleo e substituição do mesmo periodicamente.
<i>Menor</i>	Menor Viscosidade	Separador de óleo: Para haver menor viscosidade terá de haver baixa temperatura.	São enviados SMS de todos os erros existente	Deficiente lubrificação podendo causar avaria em alguns componentes. Perca de pureza.	Mudar filtros de óleo e substituição do mesmo periodicamente.
<i>Mais</i>	Mais ar	Válvulas motoras pneumáticas poderão danificar-se devido ao excesso de ar.	São enviados SMS de todos os erros existente	Avaria de válvulas: Se for válvula de óleo para o sistema; Válvula do separador de óleo não arrefece o óleo; válvulas motoras pneumáticas que fazem a passagem de depósito, se não funcionarem bem dá-se um aumento de líquido no depósito	Verificação e reparação das bombas e variador de frequência; Manutenção Preventiva; Verificação diária.
<i>Menos</i>	Menos Ar	Válvulas motoras pneumáticas não funcionam devido a falha elétrica.	São enviados SMS de todos os erros existente	Paragem imediata do sistema	Verificação de tubagem de ar; Verificação de débito do compressor de ar; Verificação de válvulas de ar
<i>Inverso</i>	Retorno de fluxo	NH3: o fluxo ao ser invertido nas bombas de amoníaco vai alterar o regime e vai entrar em falha	São enviados SMS de todos os erros existente	Paragem do sistema. Rotura de tubagem devido à pressão contrária.	Negligência técnica.

Tabela 5 – Aplicação de HAZOP

Fonte: Autora

4. CONCLUSÕES

FMEA e HAZOP são duas ferramentas de aplicação eficaz a serem utilizadas na temática de segurança do trabalho. Por um lado, a FMEA é uma técnica que permite analisar como poderão ocorrer as falhas de um equipamento ou sistema, estimando as taxas de falhas. São determinados os efeitos recorrentes e é possível estabelecer alterações nos sistemas para aumentar a sua confiabilidade operacional de modo apropriado e protegido. Por outro lado, a HAZOP, é uma técnica eficaz para ser utilizada por grupos de trabalho, no estudo dos diferentes modos de falha operacionais identificando a ocorrência de perigos e problemas.

No presente caso em estudo, estas duas metodologias revelaram um elevado grau de aplicabilidade ao processo do sistema de refrigeração. Ambas, indicaram as potenciais falhas de sistema para cada situação descrita. De acordo com FMEA, técnica de avaliação de riscos semi-quantitativa, foi possível fazer a pesquisa dos modos de falha que sucedem ou poderão surgir no processo. Foi possível determinar as diversas causas das falhas bem como estimar os diferentes parâmetros de avaliação. Com o valor dos riscos obtido pela multiplicação dos três índices pode-se priorizar em qual falha se torna necessário um nível de atuação imediato. A técnica qualitativa HAZOP, demonstrou ser clara e concisa, uma metodologia de fácil interpretação, perfeitamente adequada ao processo. As palavras-guia e os possíveis desvios identificam todos os possíveis cenários do processo, garantindo a eficácia e sistematização do trabalho. Além de analisar os perigos e consequentes efeitos esta metodologia releva ser uma ótima ferramenta de avaliação de processo.

REFERÊNCIAS

- DINIS. F.; OLIVEIRA.L.; BARDY.M.;VIEIRA. N. (2006). Técnicas de identificação de perigos: hazop e app. Revisão 1. Rio de janeiro.
- FERNANDES, J. M. R.; REBELATO, M. G. Proposta de um método para integração entre QFD e FMEA. Revista Gestão & Produção , v. 13, n. 2, p. 245-259, 2006.
- FREITAS, L.C. (2003). Gestão da segurança e saúde no trabalho. Edições universitárias lusófonas, volume i, Lisboa.
- PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; FUENTE, D. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. The International Journal of Quality & Reliability Management, v.19, p.137-150, 2002.