

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Gabriel de Paula Fortini

TÉCNICA DE ANÁLISE DE RISCO - HAZOP

Taubaté – SP

2011

Gabriel de Paula Fortini

TÉCNICA DE ANÁLISE DE RISCO - HAZOP

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de engenharia civil e ambiental da Universidade de Taubaté.

Orientador: Prof. João Alberto Bajerl

Taubaté – SP

2011

GABRIEL DE PAULA FORTINI
Técnica de análise de risco - Hazop

Monografia apresentada para obtenção do certificado de especialização em engenharia de segurança do trabalho do departamento de engenharia civil e ambiental da Universidade de Taubaté.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. _____

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Prof. _____

Universidade de Taubaté

Assinatura _____

Dedico este trabalho a todas as pessoas que me apoiaram em minha caminhada, sempre me incentivando e ajudando nos momentos difíceis. Em especial à minha família, Plinio Julio Fortini, Gilmara de Paula Fortini e Rafael de Paula Fortini.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos mestres do curso de especialização em engenharia de segurança do trabalho da Unitau, que compartilharam seu tempo e conhecimento comigo e meus colegas de classe para que pudéssemos nos tornar mais conscientes com a saúde e bem estar dos trabalhadores, de forma a melhorar a qualidade de vida das pessoas.

RESUMO

As indústrias de processos, as quais incluem: óleo e gás; química e petroquímica; bebidas e alimentos; biocombustíveis; metais e mineração; papel e celulose; e fármacos, são considerados em sua maioria instalações com riscos maiores, capazes de graves acidentes, como Bhopal. Com a intenção de reduzir os riscos de *design* e operabilidade dentro destas instalações é recomendada a realização de uma análise de risco, como análise preliminar de riscos (APR) e/ou Hazop. O presente trabalho tem por objetivo mostrar como é estruturado o estudo de operabilidade e perigos (Hazop) e sua aplicação em uma planta simples.

Palavras-chave: Hazop. Indústrias de Processos. Análise de Risco

ABSTRACT

Process industries, which include: oil and gas, petrochemical and chemical, food and beverages; biofuels, metals and mining, pulp and paper, and pharmaceuticals, are considered mostly systems with hazards, capable of serious accidents, such as Bhopal. With the intention to reduce the risk of *'design'* and operability within these facilities is recommended to carry out a hazard analysis, can be APR or Hazop. This paper aims to show how Hazop is structured and its application in a simple plant.

Key words: Hazop, Process Industries. Risk Analysis.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 Palavras-guia básicas e seus significados.	23
Quadro 2 Palavras-guia relacionadas com local, ordem ou tempo.	23
Quadro 3 Exemplo de matriz palavra-guia/elemento para um processo de exemplo.	25
Quadro 4 Palavras guia derivadas típicas.	28
Quadro 5 Sumário de questões chave para cada desvio.	31
Quadro 6 Trabalho seqüencial 1.	34
Quadro 7 Trabalho seqüencial 2.	34
Quadro 8 Trabalho seqüencial 3.	35
Quadro 9 Trabalho seqüencial 4.	35
Quadro 10 Trabalho seqüencial 5.	36
Quadro 11 Trabalho seqüencial 6.	37
Quadro 12 Trabalho seqüencial 7.	38
Quadro 13 Trabalho seqüencial 8.	39
Quadro 14 Trabalho seqüencial 9.	39
Quadro 15 Trabalho seqüencial 10.	40
Quadro 16 Trabalho seqüencial 11.	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Procedimentos do estudo Hazop.	15
Figura 2 Primeiros passos no estudo HAZOP: exemplo de um sistema (P&ID simplificado)	17
Figura 3 Primeiros passos no estudo Hazop: definindo as partes para estudo.....	18
Figura 4 Conceitos de mudança de caminho.	20
Figura 5 Desvios aplicados à mudança de caminho.	20
Figura 6 Exemplo de mudança de estado para um tarefa de montagem.	21
Figura 7 Exemplos de elementos em uma parte.	22
Figura 8 Método Elemento primeiro aplicado a matriz palavra-guia.....	26
Figura 9: Procedimento de exame elemento primeiro.....	27
Figura 10: Método palavra-guia primeiro aplicada à matriz de palavras-guia.	28
Figura 11: Aplicação das palavras-guia aos caminhos de mudança.....	29
Figura 12: Passos lógica no processamento de cada desvio.....	30
Figura 13 Diagrama simplificado de transferência de ácido em um reator pressurizado.....	33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
1.1 OBJETIVO	10
2 REVISÃO DA LITERATURA	11
2.1 HISTÓRICO.....	12
2.2 APLICAÇÃO	13
2.3 TÉCNICAS DE ESTUDO.....	14
2.4 DEFINIR O SISTEMA	16
2.5 DEFINIDO AS PARTES DE ESTUDO.....	17
2.6 CONCEITO DE MUDANÇA DE CAMINHO	19
2.7 IDENTIFICANDO ELEMENTOS	21
2.8 GERANDO DESVIOS	23
2.9 PROCEDIMENTO PARA EXAME DA PALAVRA-GUIA	25
2.9.1 MÉTODO ELEMENTO (PARÂMETRO) PRIMEIRO.....	25
2.9.2 MÉTODO PALAVRA-GUIA PRIMEIRO	27
2.10 DERIVAÇÕES DE PALAVRAS-GUIA.....	28
2.11 PROCEDIMENTO DE ESTUDO	29
3 METODOLOGIA	32
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 HAZOP DE UMA OPERAÇÃO CONTÍNUA	33
4.2 PONTOS A MARCAR NO PROCEDIMENTO DE EXAME	42
4.3 IDENTIFICANDO CAUSAS	42
4.4 'CHECKLISTS'.....	43
4.5 DISCUSSÃO LIVRE DE FALHAS	43
4.6 CONSEQÜÊNCIAS MENORES.....	43
4.7 ESTIMATIVAS DE RISCOS	43
5 CONCLUSÃO	45
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho serão abordados os princípios da técnica de análise de risco conhecida como Hazop a fim de divulgá-la, tornando-a mais comum dentro de empresas que desejam prevenir acidentes e obter melhores resultados de suas operações. Na REVISÃO DA LITERATURA define-se indústria de processos, acidentes industriais maiores e a técnica de análise de risco Hazop. A METODOLOGIA descreve as fontes utilizadas para elaborar o trabalho. Em RESULTADOS E DISCUSSÕES é mostrada a técnica aplicada a uma operação de transferência. A CONCLUSÃO clara e objetiva enfatiza a importância da utilização de técnicas de análise de risco para obter-se uma maior segurança nas indústrias.

1.1 Objetivo

O objetivo do presente trabalho é mostrar como a aplicação de uma técnica de análise de risco como o Hazop a uma planta da indústria de processos pode reduzir os riscos e prevenir acidentes.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A indústria de processos adiciona valor aos materiais através de mistura, separação, conformação ou reações químicas, e envolve grandes setores da economia das quais se destacam: óleo e gás; química e petroquímica; bebidas e alimentos; biocombustíveis; metais e mineração; papel e celulose; e fármacos.

Sua evolução em todo o mundo, principalmente após a Segunda Guerra Mundial, tornou-se de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e para a vida moderna, uma vez que diariamente utiliza-se os mais diversos tipos de produtos e materiais, nos quais estão presentes em uma grande variedade de substâncias químicas.

Pela grande diversidade de produtos no mercado, bem como a existência de processos cada vez mais complexos, e ainda, o armazenamento e o transporte das substâncias químicas, os trabalhadores destas indústrias estão expostos aos mais diferentes tipos de perigos.

A ocorrência de algumas catástrofes, principalmente nas décadas de 70 e 80, como Flixborough (1974), Seveso (1976), Cubatão (1984), Cidade do México (1984), Alasca (1989), Baía da Guanabara (200) e Toulouse (2001) fizeram a indústria de processos buscar, em todo o mundo, mecanismos para evitar acidentes industriais maiores.

O método tradicional de identificação de perigos, utilizado desde os princípios da tecnologia industrial era o de se implantar uma fábrica e esperar para ver o que ocorria, ou seja, deixar que os acidentes ocorressem para só então tomar alguma atitude a respeito. Este tipo de método até poderia ser admissível antigamente, quando as dimensões do risco eram limitadas, mas de maneira alguma são concebíveis atualmente, em que a evolução é grande, em função de maquinários, equipamentos e do próprio desenvolvimento do homem, os acidentes podem acarretar consequências graves, como Bhopal (com mais de 2000 mortes) ou

Flixborough (28 mortos), denominados pela Organização Internacional do Trabalho (OIT) como acidentes industriais maiores.

Visando uma operação mais segura destas indústrias aplica-se vários códigos de prática, normas e boas práticas de engenharia baseados na ampla experiência e conhecimento prático de profissionais especializados, itens extremamente valiosos para a segurança do trabalho, porém não suficientes para antecipar possíveis desvios de projeto. Dessa forma, suplementá-los com uma antecipação imaginativa dos desvios possíveis, principalmente quando estes novos projetos envolvem uma nova tecnologia, é uma ferramenta importante para atingir níveis aceitáveis de segurança.

O estudo de perigo e operabilidade (Hazop) é, em essência, o procedimento de estudo que toma uma descrição total do processo e questiona sistematicamente cada parte dele para descobrir como eventuais desvios das intenções de projeto ou de operação poderiam ocorrer, e decide se estes desvios podem se constituir em perigos.

2.1 Histórico

Em 1963, a divisão de químicos orgânicos pesados da Imperial Chemical Industries (ICI) desenvolvia uma planta para a produção de fenol e acetona a partir do cumeno, nome comercial dado ao isopropilbenzeno. Naquele tempo, o departamento de engenharia focava no custo mínimo de capital e foram retirados do *'design'* todos os recursos não essenciais. Acreditava-se que tinham retirado itens demais. Era um tempo quando método de estudo, e em particular, exame crítico estavam em evidência. Exame crítico é uma técnica formal de examinar uma atividade e gerar alternativas perguntando: O que é alcançado? O que mais poderia ser alcançado?

O gerente de produção, K.W. Gee decidiu verificar se a técnica de exame crítico poderia ser aplicada ao *'design'* da planta de fenol a fim de elucidar quaisquer deficiências em aberto e encontrar melhores formas de investir o dinheiro extra disponível. Uma equipe foi formada e durante o ano de 1964 eles se encontraram

três dias por semana por quatro meses, examinando os diagramas da planta de fenol, linha por linha. Descobriu-se muitos riscos potenciais e problemas operacionais não previstos anteriormente. Após algumas tentativas, modificou-se a técnica para o que se conhece hoje como Hazop.

2.2 Aplicação

O estudo de operabilidade e riscos (Hazop) é uma metodologia de análise de riscos que foi desenvolvida para identificar riscos e problemas operacionais em plantas de processos industriais, os quais, apesar de aparentemente não apresentarem riscos imediatos, podem comprometer a produtividade e a segurança da planta. Apesar de ter sido desenvolvido originalmente para análise qualitativa de riscos e problemas operacionais principalmente quando da utilização de novas tecnologias, onde o conhecimento sobre a operacionalidade das mesmas é escasso ou inexistente, esta técnica tem sido efetivamente utilizada em qualquer estágio da vida útil de plantas industriais.

A técnica de análise de riscos Hazop orienta a realização de um estudo eficiente, detalhado e completo sobre as variáveis envolvidas no processo. Através da utilização do Hazop, é possível identificar sistematicamente os caminhos pelos quais os equipamentos que constituem o processo industrial podem falhar ou ser inadequadamente operado, o que levaria a situações de operação indesejadas. Este tipo de estudo deve ser usado no estágio de exame detalhado, quando informações bem definidas estiveram disponíveis para o processo.

O Hazop atualmente tem sua maior aplicação em projetos de novas unidades industriais e em ampliações de unidades já existentes, principalmente devido a algumas imposições legais. A publicação, em 1991, pela OIT do guia para Prevenção de Acidentes Maiores faz referência ao Hazop como uma das técnicas adequadas para conseguir acessar os riscos. No estado de São Paulo é recomendado pela Cetesb em sua Norma Técnica P4.261 – Manual de orientação para elaboração de estudos de análise de riscos, de Maio de 2003.

Os principais propósitos do Hazop são:

- Identificar e estimar os perigos de um processo ou operação planejado.
- Identificar problemas significativos de operação e qualidade.
- Identificar problemas práticos associados com operações de manutenção.

Problemas operacionais ou de qualidade podem ser um propósito opcional dependendo da companhia e sua aplicação. Entretanto, o guia do *'European Process Safety Centre'* (EPSC) reporta que uma pesquisa dos membros descobriu que mais de 90% dos entrevistados incluíram problemas significativos de operabilidade no escopo da pesquisa. Questões de qualidade de produto e fontes de downtime também podem ser definidas como objetivos do estudo.

Operações de manutenção incluindo isolação, preparação e remoção para manutenção são áreas importantes de estudo, pois elas freqüentemente criam perigos, como também problemas operacionais.

Então é importante decidir o escopo e objetivos de cada Hazop. Os objetivos e escopo devem ser definidos e acordados para evitar perda de foco ou confusão na abordagem do estudo.

2.3 Técnicas de Estudo

Os procedimentos compreendidos no Hazop são quatro seqüências de etapas mostradas à Figura 1:

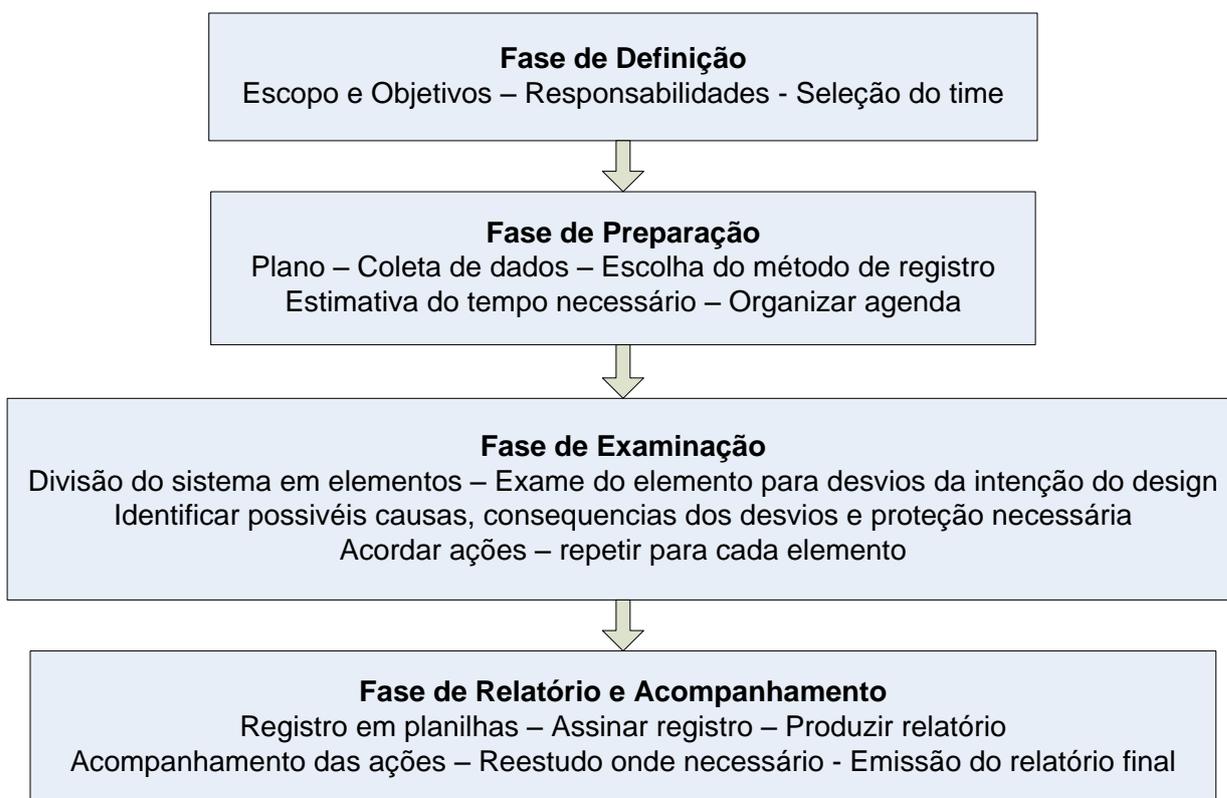


Figura 1 Procedimentos do estudo Hazop.

Fonte: *'Practical Hazops, trips and alarms.'* 2004.

O básico de cada fase está claro na Figura 1, mas há outros pontos importantes sobre cada fase que precisam de maiores esclarecimentos. A melhor abordagem é, provavelmente, aprender a fase de exame primeiro, nos levando ao centro do procedimento de estudo. As outras atividades suportam a preparação do estudo e depois tentam confirmar um adequado acompanhamento e manter registros de longa data.

A base do Hazop é o exame da 'palavra guia' nas partes da planta ou sistema para encontrar possíveis desvios da intenção do 'design'. Este é um método indutivo, pois induzimos modificações nas condições pretendidas de trabalho e testamos em nossas mentes para checar se estas mudanças produzem algum efeito problemático.

2.4 Definir o Sistema

O primeiro passo é dividir toda a planta em operações, unidades ou sistemas que serão alvo do estudo. Em uma planta de processo seria similar a uma operação unitária, um estágio de processo ou uma operação de linha. Pode ser que todo o estudo Hazop seja dedicado a uma unidade ou sistema.

Exemplos de processo incluem:

- Uma coluna de destilação
- Um evaporador ou concentrador
- Uma plataforma de gás offshore ligada a uma unidade central de processamento

Em outros ramos da indústria o sistema seria:

- Unidade de Forja ou montagem robótica
- Sistema de Transporte num armazém
- Plano de emergência para evacuação de uma plataforma de gás.

Uma vez que o sistema e os limites do escopo forem acordados, o procedimento de exame começa com uma descrição geral do processo e os aspectos operacionais para certificar que o grupo de estudo esteja familiarizado com as operações e objetivos. É particularmente importante definir a intenção dos modos operacionais como *'starting-up'*, reciclagem, *'on-line'*, *'shutting down'* e purga. Cada modo de operação pode apresentar seus próprios problemas e o grupo necessitará decidir qual extensão cada modo será estudado.

2.5 Definido as Partes de Estudo

O próximo passo é subdividir o sistema em partes ou equipamentos de maneira que a função pretendida e operação de cada parte possam ser adequadamente definidas. O guia EPSC usa o termo seção quando se refere a partes de um processo contínuo em equivalência a passo ou estágio num processo batelada.

Os diagramas na Figuras 2 e 3 fornecem um exemplo. A Figura 2 representa uma versão bem simplificada do P&ID para um reator de oxonação comumente usado como primeiro estágio de plantas de produção de butanol.

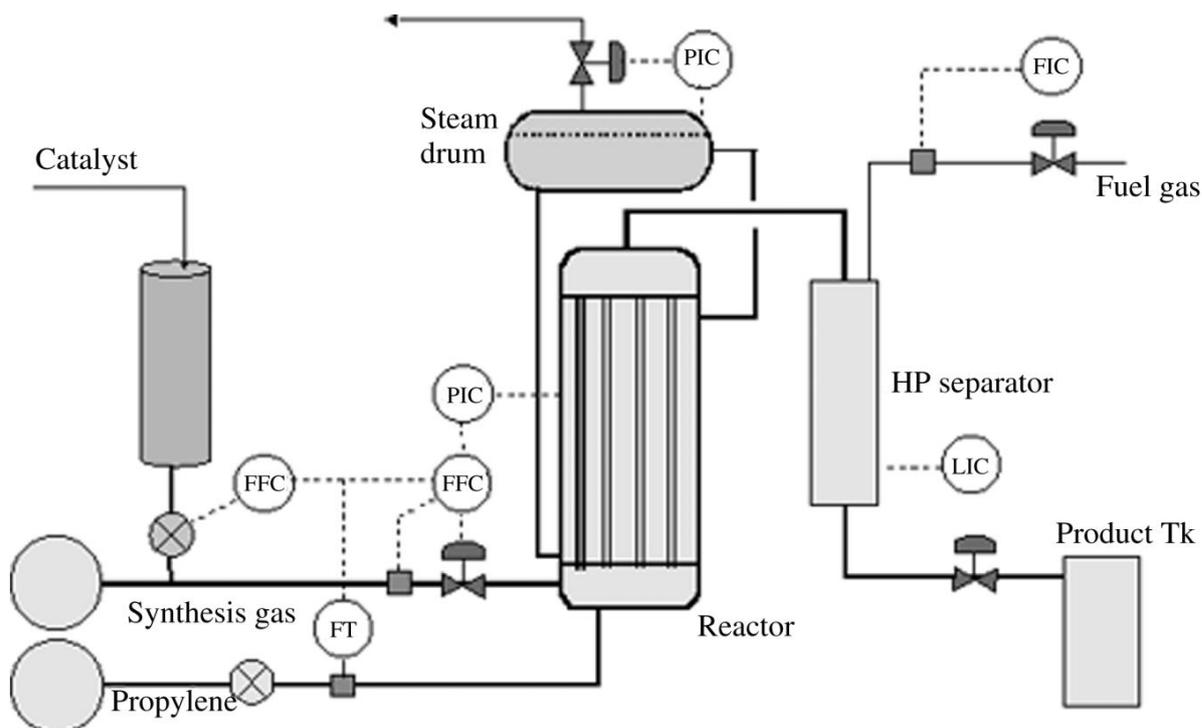


Figura 2 Primeiros passos no estudo HAZOP: exemplo de um sistema (P&ID simplificado)

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Gás síntese com o catalisador adicionado são alimentados em um reator 'plug flow'. Gás propileno é alimentado no reator e uma reação contínua ocorre enquanto a mistura flui pelos tubos. A reação é exotérmica e a refrigeração é fornecida com um sistema fechado de circulação de água para um reservatório de vapor. O produto resultante é alimentado para um estágio de separação onde produtos mais pesados

são condensados e os gases mais leves são retirados para purificação e utilizados como combustível. Os detalhes do processo não são importantes para ilustração, mas o reator normalmente estaria apresentado em uma forma quase completa de P&ID com todos os detalhes de tubulação e de forma clara a função dos instrumentos mostrados.

A Figura 3 mostra como algumas partes podem ser escolhidas para que o procedimento de estudo possa ser aplicado eficientemente a cada parte.

- Escolhe-se pequenas partes onde o sistema é complexo ou os perigos podem ser altos.
- Escolhe-se partes maiores onde o sistema é simples ou se o perigo for pequeno.

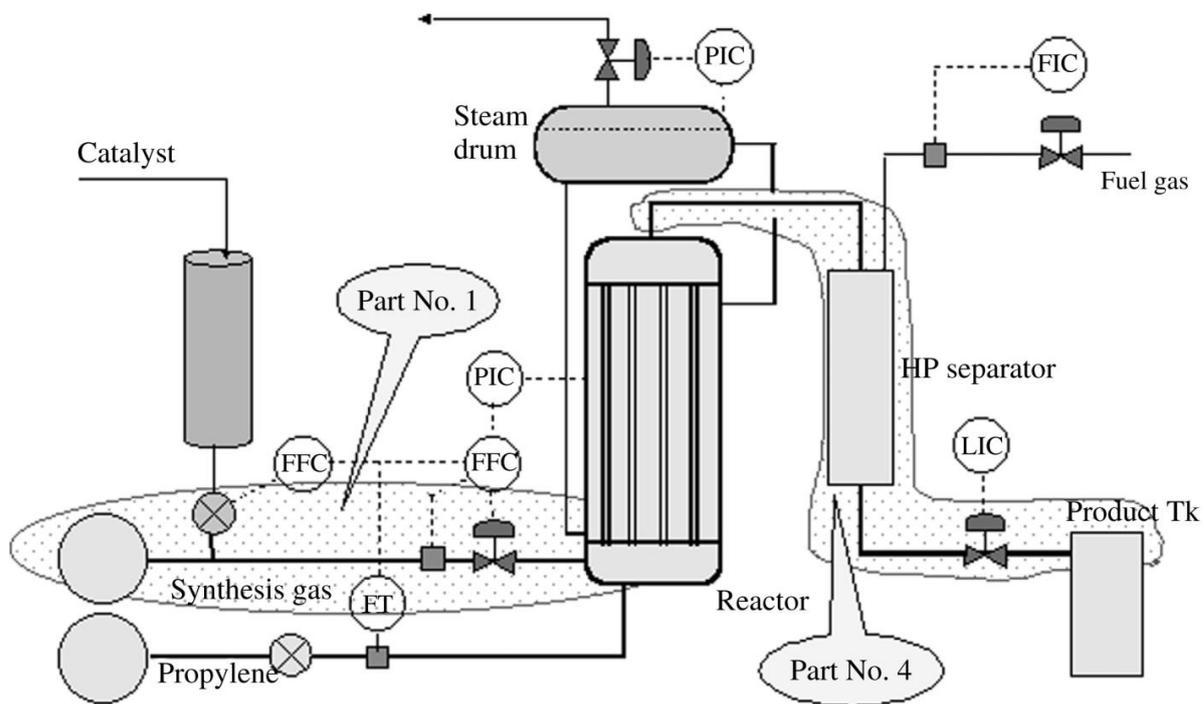


Figura 3 Primeiros passos no estudo Hazop: definindo as partes para estudo.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Escolher a forma correta é importante porque cada parte irá tomar tempo para estudo e como consequência isto influencia a duração e profundidade do trabalho de estudo:

- Pequenas partes: com muitas partes pequenas, o estudo irá se tornar lento e tedioso. É também um ponto fraco do método Hazop que a interação entre as partes é fácil de perder. Então se as partes têm uma interação muito forte pode ser melhor tratá-las como uma parte só.
- Partes maiores: com partes maiores, o estudo será mais rápido e ajudará a encontrar interações. Mas partes maiores têm como consequência o risco de detalhes importantes da parte não sejam considerados.

Definir como as partes são selecionadas para o estudo é bem feito por um líder de grupo de estudo com experiência em Hazop, ajudado por uma pessoa com melhor conhecimento do processo. Entretanto a seleção de partes pode ser assessorada utilizando o conceito de 'mudança de caminhos'.

2.6 Conceito de Mudança de Caminho

Tipicamente, uma parte do estudo irá incluir a transferência de material da origem ao destino. A função de parte pode então ser visto como:

- Entrada de material de uma fonte
- Realizar uma atividade no material
- Produto entregue ao destino.

Manuais de estudo da ICI e AECI descrevem este escopo típico como a mudança de caminho. É fácil reconhecer uma mudança de caminho adequada porque se torna prático aplicar desvios à operação. A Figura 4 mostra um modelo genérico para o conceito de mudança de caminho.

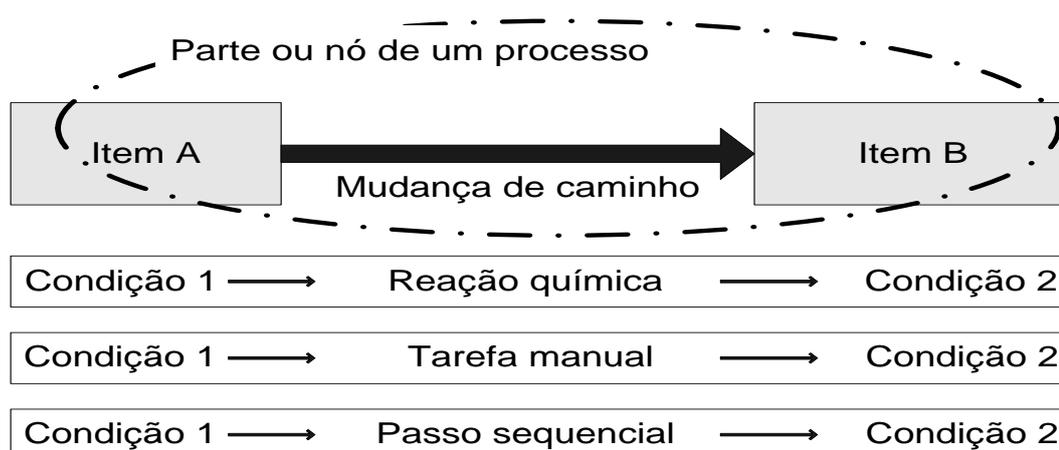


Figura 4 Conceitos de mudança de caminho.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Movimentos físicos de A para B ou condições de mudança de uma substância em outra, ambas se qualificam como mudanças. Um passo simples de uma operação de manufatura em batelada produz uma nova localização ou nova condição. (No trabalho de controle batelada estas são freqüentemente chamadas mudanças de estágio.) A realização da atividade para criar esta mudança é a mudança de caminho, e é onde os desvios da intenção do 'design' serão aplicados para exame. A Figura 5 mostra os desvios aplicados à mudança de caminho e pergunta por possíveis causas e conseqüências.

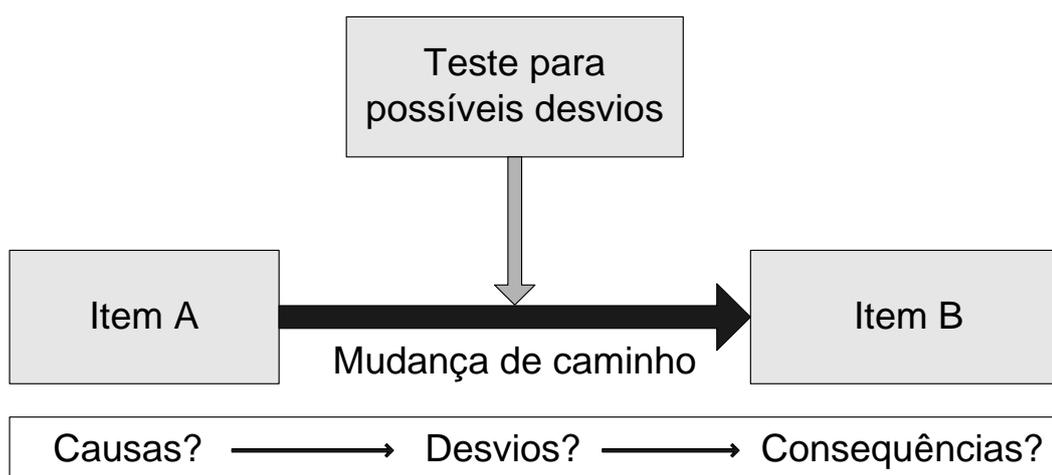


Figura 5 Desvios aplicados à mudança de caminho.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Como forma de exemplo utilizou-se um passo operacional na montagem de um cortador rotativo de grama (Figura 6). A mudança de caminho é fixar a lâmina ao eixo do cortador.

Na Figura 6, a mudança de caminho é destinada ao cortador. A tarefa de fixação da lâmina é a mudança de estado e com o tamanho errado de noz causa o desvio. Os elementos envolvidos nesta operação são o trabalhador, a lâmina e a noz, sendo os elementos da tarefa que são passíveis de desvios.

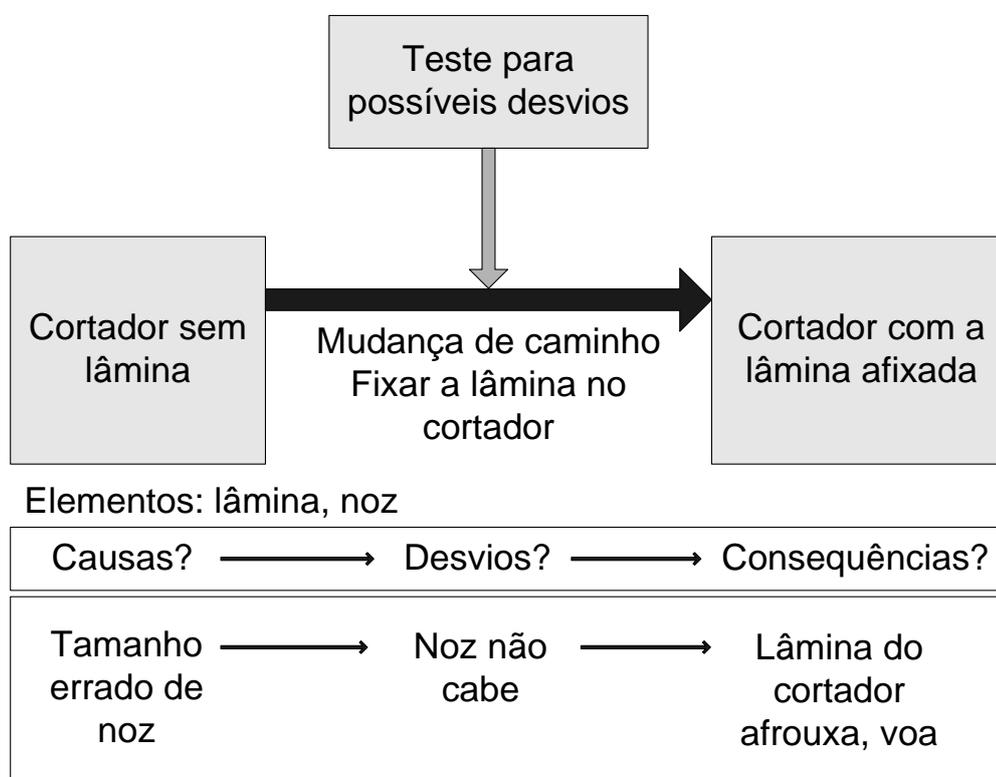


Figura 6 Exemplo de mudança de estado para um tarefa de montagem.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

2.7 Identificando Elementos

Um elemento é definido no IEC 61882 como constituinte de uma parte que serve para identificar os atributos essenciais da parte. O padrão faz a nota que elementos podem incluir atributos como envolvimento de material, atividade de

carregar, o equipamento empregado, etc. O material deveria ser considerado em um senso geral e incluir alguma informação, software, etc.

Qualquer elemento de uma parte pode ser capaz de mudar de destino que irá afetar a operação ou a segurança da parte. É mais fácil enxergar com um processo de exemplo como o mostrado na Figura 7.

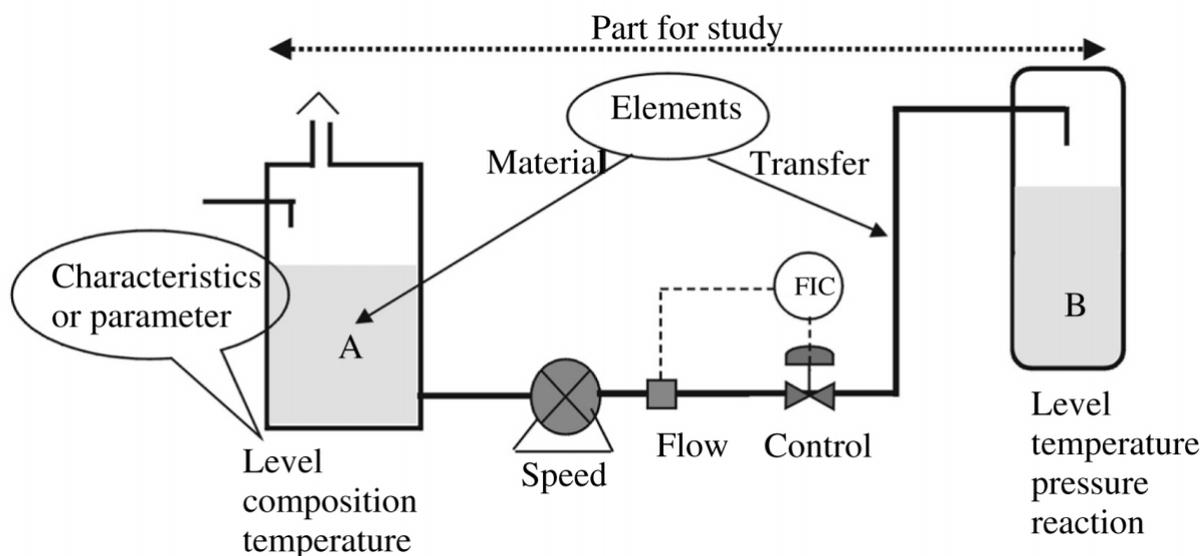


Figura 7 Exemplos de elementos em uma parte.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004

A Figura 7 mostra os elementos de parte como: material em A, a transferência do material de A para B e o material no tanque B. As variáveis do processo como fluxo e pressão são características de elementos particulares. Por exemplo, na operação de transferência, as características são fluxo, pressão e temperatura, e abrasão. Os tanques, tubos, bombas e válvulas são itens.

A notação é mostrada acima e é utilizada na IEC 61882. O nome alternativo dos elementos e suas características são parâmetros. Este termo é largamente usado no trabalho industrial de processamento. Outras palavras algumas vezes usadas aqui incluem propriedade e palavra-chave.

O grupo de estudo HAZOP tem a tarefa de decidir quais elementos são aplicáveis a uma parte particular sob estudo. Esta decisão tem que ser tomada para cada parte, e por sua vez, é essencial neste ponto que a equipe esteja plenamente informada sobre a intenção do projeto para esta peça em questão. Somente quando o grupo entender como supostamente a operação deve trabalhar eles podem decidir quais elementos são relevantes para mudança ou desvio.

2.8 Gerando Desvios

Um desvio é para ser considerado para um elemento ou parâmetro. Os tipos mais comuns de desvios podem ser listados como uma série de palavras-guia. Uma lista comum de palavras-guia é utilizada para o estudo Hazop em qualquer setor particular de uma indústria, com palavras-guia adicionais disponíveis para ajudar a estimular outras possibilidades nas mentes do grupo.

O sistema de palavra-guia começa com uma série básica de palavras-guia que irão sempre se aplicar a qualquer elemento. As palavras-guia básicas e seus significados genéricos são mostrados no Quadro 1.

Palavra Guia	Significado
NÃO OU NENHUM	Nenhum intenção do 'design' é alcançada
MAIS	Aumento quantitativo
MENOS	Diminuição quantitativa
BEM COMO (MAIS QUE)	Modificação qualitativa ou ocorrência de atividade adicional
PARTE DE	Apenas algumas intenções do 'design' são alcançadas
REVERSO / OPOSTO	Oposto da intenção do 'design'
OUTRO QUE	Substituição completa – tomada por outra atividade

Quadro 1 Palavras-guia básicas e seus significados.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Algumas outras palavras-guia comumente utilizadas são mostradas no Quadro 2.

Palavra-guia	Significado
OUTRO LUGAR	Aplicado a fluxos, transferências, origem e destinos
ANTES/DEPOIS	Relaciona-se com ordem de seqüência
CEDO/TARDE	O tempo é diferente da intenção
MAIS RÁPIDO/MAIS DEVAGAR	O estágio é realizado mais rápido ou mais devagar o tempo pretendido

Quadro 2 Palavras-guia relacionadas com local, ordem ou tempo.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

A palavra-guia básica carece de qualquer sentido real até elas serem combinadas com os elementos ou características dos elementos.



Combina-se palavras-guias com elementos gera uma matriz de desvios, alguns possíveis e outros não. Entretanto fica nas mãos do grupo decidir quais desvios da matriz serão considerados, e a lista de desvios pode ser diferente para cada parte sob estudo. No Quadro 3, vemos um exemplo de matriz para uma simples transferência de fluido visto na Figura 5.

Partes em branco indicam que o desvio é inválido ou difícil de ocorrer. Os Quadros ticados na matriz claramente indicam desvios que terão que ser considerados para esta parte. Outros desvios específicos como os devido ao trabalho de manutenção ou de lavagem irá normalmente estar listada como outros.

Na indústria de processos é uma prática comum ter uma lista para ajudar com as interpretações das palavras-guia básicas aplicadas as condições típicas de processo.

Neste estágio de exame o grupo de estudo estabeleceu uma lista bruta dos possíveis desvios para esta parte particular do processo. Esta lista bruta também servirá para o líder do grupo de estudo com o propósito de encorajar e registrar o progresso do estudo. Deve-se ressaltar que em nenhum ponto esta lista deverá ser considerada fechada. Se quaisquer desvios ocorrerem ao grupo enquanto eles progredirem devem sempre ser permitidos de adicioná-los a lista.

Elemento (Parâmetro)	Palavras-guia							
	NÃO	MAIS	MENOS	REVERSO	PARTE DE	BEM COMO	ANTES/ DEPOIS	OUTRO
Nível Tanque A	X	X	X					
Tanque A Composição		X	X			X		
Fluxo na tubulação	X	X	X	X		X		
Temperatura na tubulação		X	X					
Pressão na tubulação	X	X	X					X
Velocidade da bomba	X	X	X	X				
Abertura da válvula de controle	X	X	X					
Nível Tanque B	X	X						
Tanque B Composição		X	X		X	X		X
pressão Tanque B	X	X	X	X				
Reação Tanque B	X	X	X		X	X		

Quadro 3 Exemplo de matriz palavra-guia/elemento para um processo de exemplo.

Fonte: *'Practical Hazops, trips and alarms.'* 2004.

2.9 Procedimento para Exame da Palavra-Guia

Pode se assumir que os estágios de seleção das partes e a descrição das intenções do *'design'* foram feitas, tendo uma tabela preliminar de parâmetros para considerar, com cada elemento da atividade também identificado.

Há mais uma escolha a ser feita antes de prosseguir. O grupo deve decidir se o estudo irá funcionar melhor utilizando método palavra-guia primeiro' ou método elemento primeiro.

2.9.1 Método elemento (parâmetro) primeiro

O fluxograma na Figura 8 ilustra que este método permite o estudo começar com um elemento (como o material do tanque A) e testar os desvios contra as palavras-guia. Por exemplo, na parte mostrada na Figura 8 o resultado considerará

desvios de nível, depois temperatura, depois composição total no tanque A antes de passarmos a considerar a operação de transferência.

A seqüência na Figuras 8 e 9 permitem o time se concentrar em todos os possíveis desvios de um elemento ou parâmetro antes de passar ao próximo. Este método é provavelmente mais favorecido em Hazop de processos químicos, mas o guia EPSC sugere que pode não ser tão bom quanto o método palavra-guia primeiro quando se tratar de encorajar o pensamento criativo no grupo de estudo.

Elemento (Parâmetro)	Palavras-guia									
	NÃO	MAIS	MENOS	REVERSO	PARTE DE	BEM COMO	OUTRO LUGAR	CEDO/ TARDE	OUTRO	
Tanque A Nível	X	X	X							
Tanque A Composição		X	X			X				
Fluxo na tubulação	X	X	X	X		X				
Temperatura na tubulação		X	X							
Pressão na tubulação	X	X	X						X	

Figura 8 Método Elemento primeiro aplicado a matriz palavra-guia.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

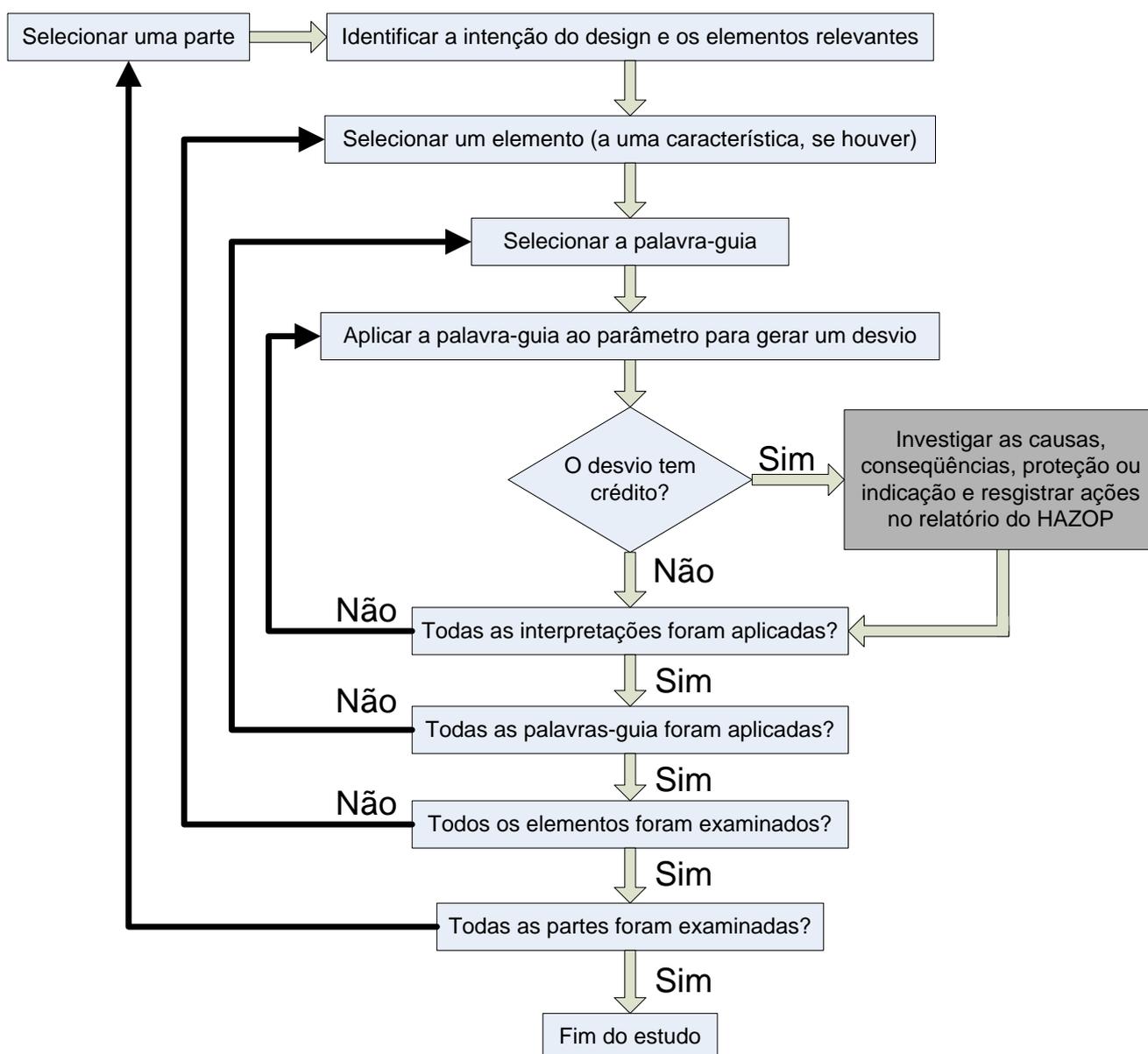


Figura 9: Procedimento de exame elemento primeiro.

Fonte: *'Practical Hazops, trips and alarms.'* 2004.

2.9.2 Método palavra-guia primeiro

Este método coloca primeiro a palavra-guia, testando o mesmo tipo de desvio em todos os possíveis elementos e parâmetros antes de passar ao próximo. O procedimento é ao contrário da abordagem do elemento primeiro. Figura 10 ilustra o efeito do método palavra-guia primeiro.

28

Início

Elemento (Parâmetro)	Palavras-guia								
	NÃO	MAIS	MENOS	REVERSO	PARTE DE	BEM COMO	OUTRO LUGAR	CEDO/ TARDE	OUTRO
Tanque A Nível	X	X	X						
Tanque A Composição		X	X			X			
Fluxo na tubulação	X	X	X	X		X			
Temperatura na tubulação		X	X						
Pressão na tubulação	X	X	X						X

Figura 10: Método palavra-guia primeiro aplicada à matriz de palavras-guia.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Como ressaltado no guia EPSC, o método elemento primeiro pode fornecer conveniência, mas demanda um maior entendimento e aplicação do líder do grupo e dos membros para que os melhores resultados sejam obtidos.

2.10 Derivações de Palavras-Guia

O Quadro a seguir é baseado no guia EPSC para palavras guia derivadas típicas geradas pela combinação de parâmetro e palavra-guia para parâmetros de processos típicos. Esta tabela torna mais fácil visualizar os possíveis desvios.

Parâmetro	Palavras-guia combinadas com significado
Fluxo	Nenhum, mais, menos, reverso, bem como, outro lugar
Temperatura	Mais alto, mais baixo
Pressão	Mais alto, mais baixo, reverso
Nível	Nenhum, mais alto, mais baixo
Mistura	Menos, mais, nenhum
Reação	Mais alto (taxa), mais baixo (taxa), nenhum, reverso, bem como
Fase	outro, reverso, bem como
Composição	Parte de, bem como
Comunicação	Nenhum, parte de, mais, menos, outro, bem como

Quadro 4 Palavras guia derivadas típicas.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Gerar as palavras-guia derivadas como as mostradas acima é parte da responsabilidade do líder do grupo em cada sessão de estudo. Em suma, vemos a relação entre as palavras-guia e as partes que serão estudas na Figura 11 são baseadas nos diagramas usados no manual AECI Hazop.

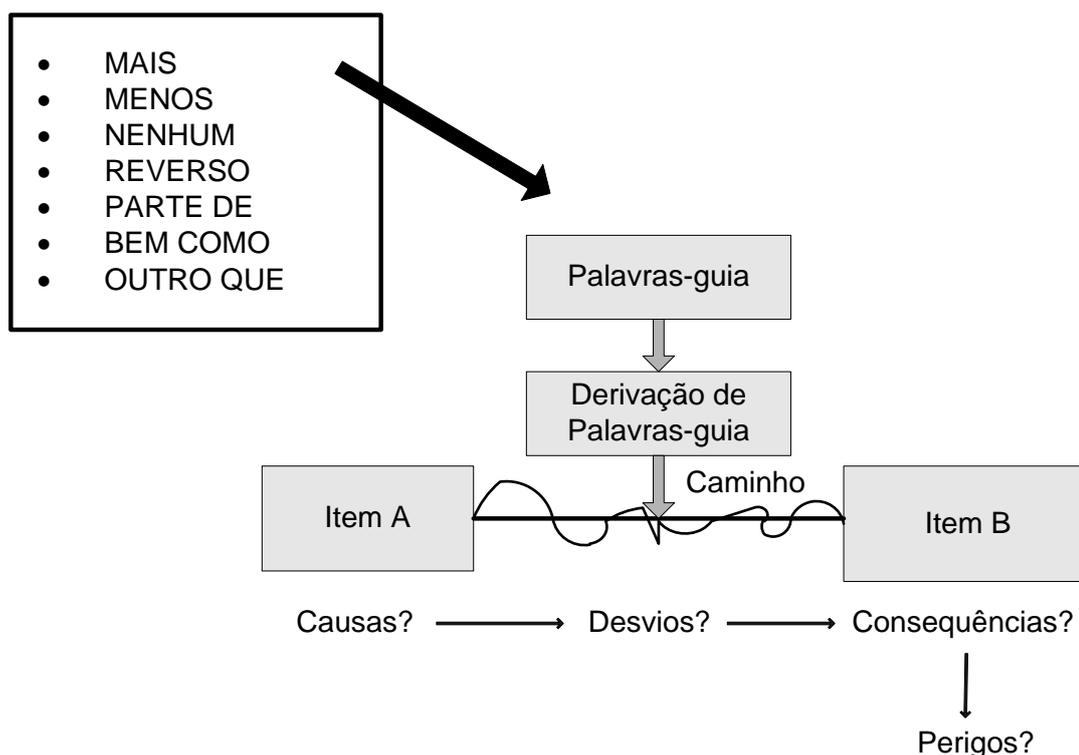


Figura 11: Aplicação das palavras-guia aos caminhos de mudança.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

2.11 Procedimento de Estudo

O líder do grupo de estudo de perigo ou facilitador tem a tarefa de levar os membros do grupo metodicamente pela seqüência de questões para cada qual desvio é reconhecido. O Quadro 5 mostra a seqüência de questões que devem ser perguntadas ao grupo.

A seqüência mostrada na Figura 16 irá naturalmente mudar em natureza de acordo com o problema, mas representa o centro do procedimento que tem que ser seguido para cada desvio legítimo. Um sumário dos pontos iniciais para lembrar sobre cada estágio do exame Hazop é apresentado a seguir.

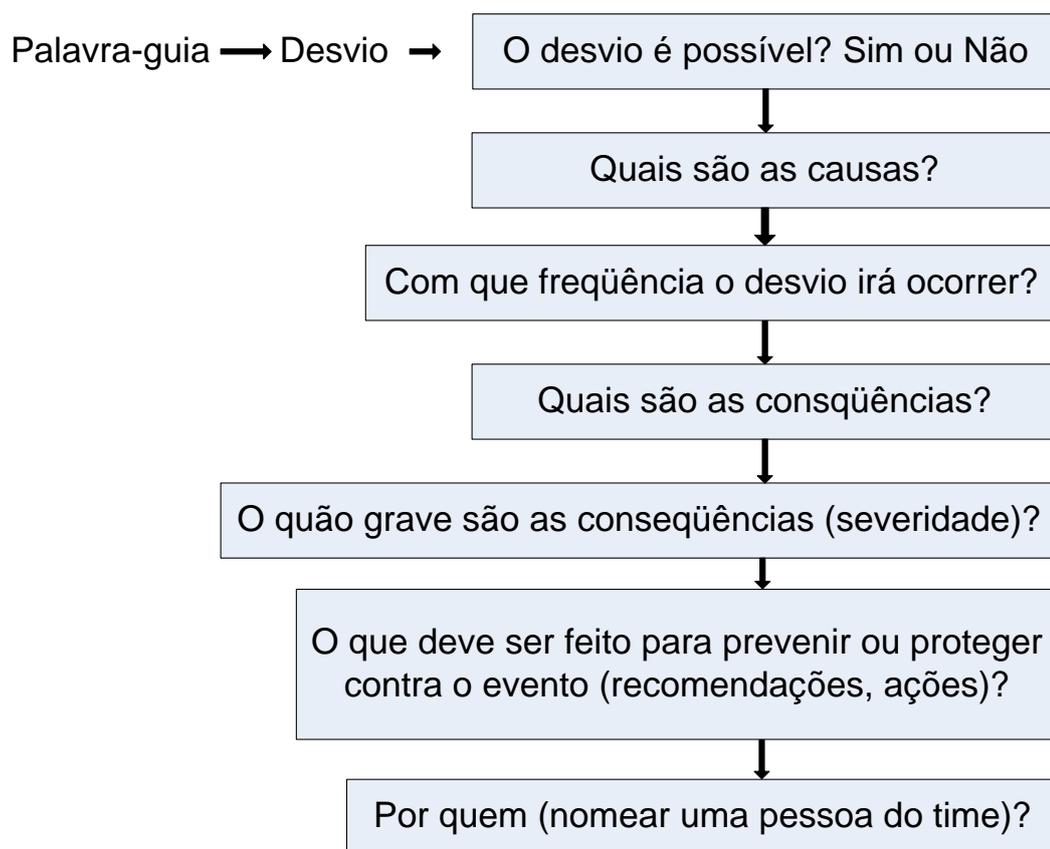


Figura 12: Passos lógicos no processamento de cada desvio.

Fonte: *'Practical Hazops, trips and alarms.'* 2004.

O desvio é possível?	Decidir Sim/Não baseado em simples leis da física. A decisão é feita juntamente com o próximo item, 'causas'.
Quais são as causas?	A discussão do time irá estabelecer possíveis causas, usando um checklist para auxiliar a busca. Se as conseqüências do desvio são triviais, causas detalhadas não são necessárias. A seqüência pode ser terminada.
Com que freqüência os desvios ocorrem? Qual é a probabilidade?	Opcional no estudo inicial. A freqüência esperada ou probabilidade deve ser determinada para o evento sem nenhuma salvaguarda operacional.
Quais são as conseqüências?	Considerar em categorias, incluindo: Danos as pessoas, danos ao meio ambiente, danos ao equipamento, perda de qualidade, perda da produção. Estudo de acompanhamento pode ser necessário Identificar conseqüências tanto dentro quanto fora da parte sob estudo.
Salvaguardas	Relatar salvaguardas existentes no 'design' ou métodos operacionais. Estes irão incluir recursos do 'design', procedimentos operacionais e alarmes.
A situação é aceitável (risco)?	Decisões não devem ser tomadas no estudo. Normalmente qualquer incerteza na decisão será referenciada para análise de risco ou abordagem de risco.
Recomendações	Geralmente problemas são relatados de volta para os 'designers' para um estudo corretivo. Algumas soluções obvias podem ser acordadas no estudo.
Ações	Pessoas ou departamentos responsáveis pela ação devem ser determinados.

Quadro 5 Sumário de questões chave para cada desvio.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

3 METODOLOGIA

A metodologia utilizada está fundamentada em pesquisas bibliográficas, a artigos diversos divulgados em 'sites' especializados na "internet", publicações em livros e revistas e documentos guia para aplicação da técnica.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 HAZOP de uma Operação Contínua

Mostra se aqui o procedimento Hazop em um exemplo simples (Figura 13) tirada da operação de transferência mostrada anteriormente.

Informações adicionais sobre o processo acima: o fluido em A é altamente ácido e tem uma alta viscosidade quando frio. A mistura do fluido no tanque B está com alta pressão e existe vapor saturado no espaço de cima do tanque.

Os elementos de estudo nesta parte foram definidos como: conteúdo do tanque A, operação de transferência de A para B, conteúdo do tanque B.

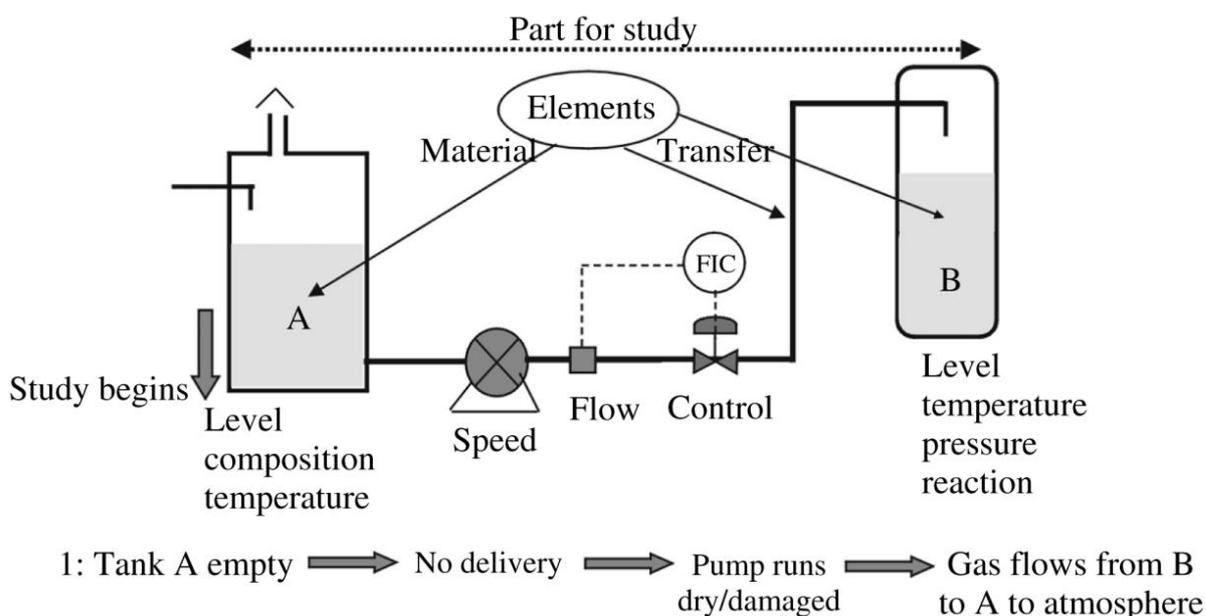


Figura 13 Diagrama simplificado de transferência de ácido em um reator pressurizado.

Fonte: 'Practical Hazops, trips and alarms.' 2004.

Assume-se o procedimento elemento primeiro, escolhe-se o primeiro elemento – conteúdo do tanque A e então escolhe-se os parâmetros:

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Level	
Desvio	NENHUM	Efeito/Significado	Tanque está vazio
É possível	SIM		
Causas	1: Sem suprimento	2: Extração maior que influxo	3:
Qual freqüência?	Mensalmente	Mensalmente	
Conseqüências	1: Sem transferência	2: Dano na bomba	
Severidade		Moderado + Perda da produção	
Salvaguardas	Operacional	Nenhum	
Risco Aceitável	N/A	Não	
O que deve ser feito		Detecção de nível baixo e bloqueio sobre a bomba	
Ação		Engenheiros de Processos e Instrumentos	

Quadro 6 Trabalho seqüencial 1.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Level	
Desvio	MAIS	Efeito/Significado	Tanque transborda
É possível	SIM		
Causas	1: Suprimento descontrolado	2:	3:
Qual freqüência?	Provável		
Conseqüências	1: Transbordamento para drenagem de efluentes de esgotos	2: Derramamento de ácido	
Severidade	Perdas menores de material	Risco Moderado as pessoas	
Salvaguardas	Operacional + Alarme de nível alto		
Risco Aceitável	Sim	NÃO	
O que deve ser feito		Colocar tubo de descarga do tanque com saída para dreno.	
Ação	Assegurar corretamente a resposta ao alarme no manual operacional	Projetista de Tubulação	

Quadro 7 Trabalho seqüencial 2

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Level	
Desvio	MENOS	Efeito/Significado	Tanque esvazia
É possível	SIM - Igual para Sem nível Figura 18		

Quadro 8 Trabalho seqüencial 3.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Temperatura	
Desvio	MAIS	Efeito/Significado	Tanque está vazio
É possível	SIM		
Causas	1: Falha no controle de temperatura na camisa de vapor	2:	3:
Qual freqüência?	Possível		
Conseqüências	1: Vapor excessivo de ácido. Poluição ambiental	2: Risco agudo de intoxicação as pessoas	3: Alta taxa de corrosão
Severidade	Moderado	Sério	Menor
Salvaguardas	Alarme de alta temperatura	Ventilação de alta vazão	Tanques revestidos e respiradouros de alta vazão
Risco Aceitável	Não	Não	Sim
O que deve ser feito	1: Considerar mudança na camisa quente de vapor para água	2: Fornecer alta temperatura	
Ação	Processo de rever o 'design' e decidir o custo de mudança do 'design' versus o custo de intertravadores. Instrumentos para estimar o custo de intertravadores		

Quadro 9 Trabalho seqüencial 4.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Temperatura	
Desvio	MENOS	Efeito/Significado	Conteúdo do tanque mais frio que o necessário
É possível	SIM		
Causas	1: Perda do suprimento de vapor	2: Falha de instrumento	3:
Qual frequência?	1 vez por ano	0.2 por ano	
Conseqüências	1: Vapor excessivo de ácido. Poluição ambiental		
Severidade	Moderado		
Salvuardas	Operacional + alarme de baixa temperatura		
Risco Aceitável	Sim		
O que deve ser feito			
Ação	Assegurar resposta correta ao alarme no manual operacional		

Quadro 10 Trabalho seqüencial 5.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Composição	
Desvio	MAIS	Efeito/Significado	Alta viscosidade
É possível	SIM		
Causas	1: Erro na mistura	2: Baixa Temperatura	3:
Qual freqüência?	Provável		
Conseqüências	1: Sobrecarga na bomba	2: Sobreaquecimento da bomba	
Severidade	Menor	Risco moderado de incêndio na bomba	
Salvaguardas	Operacional + alarme de baixa temperatura	Nenhum	
Risco Aceitável	Sim	Não	
O que deve ser feito	Assegurar resposta correta ao alarme no manual operacional	High temperature at discharge to trip pump	
Ação	Processo	Instrumentos	

Quadro 11 Trabalho seqüencial 6.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Conteúdo do Tanque A	Parâmetro: Composição	
Desvio	MENOS	Efeito/Significado	Mistura fraca
É possível	SIM		
Causas	1: Suprimento descontrolado	2:	3:
Qual freqüência?	Provável		
Conseqüências	1: Rendimento reduzido no tanque B	2:	
Severidade	Perdas menores		
Salvuardas	Operacional		
Risco Aceitável	Sim		
O que deve ser feito	Nada		
Ação			

Quadro 12 Trabalho seqüencial 7.

Somente o fluxo, temperatura e composição foram consideradas como parâmetros relevantes para o material no tanque A. O exame então se repete para o próximo elemento – a operação de transferência na tubulação.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Operação de bombeamento de transferência pela tubulação para Tanque B	Parâmetro: Fluxo	
Desvio	Nenhum	Efeito/Significado	Sem fluxo
É possível	SIM		
Causas	1: Bomba parada 4: Tanque Vazio, ver Planilha 18	2: Linha bloqueada	3: Válvula de controle fechada pelo operador
Qual freqüência?	Provável	Possível devido a líquido viscoso	Provável
Conseqüências	Perda de produção	Chamada da manutenção será necessária	
Severidade	Perdas menores	Menor	
Salvaguardas	Alarme de fluxo baixo	Lavagem	Alarme de fluxo baixo
Risco Aceitável	Sim	Sim	Sim
O que deve ser feito	Nada		
Ação	Nada		

Quadro 13 Trabalho seqüencial 8.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Bomba e tubulação de transferência para Tanque B	Parâmetro: Fluxo	
Desvio	MENOS	Efeito/Significado	Fluxo baixo
É possível	SIM		
Causas	Linha entupida		
Qual freqüência?	Freqüente		
Conseqüências	Perda da produção		
Severidade	Menor		
Salvaguardas	Lavagem regular		
Risco Aceitável	Sim		
O que deve ser feito	Agendar lavagem no procedimento operacional padrão		
Ação	Redigir Procedimento operacional padrão		

Quadro 14 Trabalho seqüencial 9.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Bomba e tubulação de transferência para Tanque B	Parâmetro: Fluxo	
Desvio	MAIS	Efeito/Significado	Fluxo maior que o pretendido
É possível	SIM		
Causas	Abertura da válvula de controle além do necessário		
Qual freqüência?	Possível		
Conseqüências	Perda de qualidade no tanque		
Severidade	Menor		
Salvuardas	Procedimentos operacionais		
Risco Aceitável	Sim		
O que deve ser feito	Nada		
Ação	Nenhum		

Quadro 15 Trabalho seqüencial 10.

Parte: Transferência do Ácido de A para B	Elemento: Bomba e tubulação de transferência para Tanque B	Parâmetro: Fluxo	
Desvio	MAIS	Efeito/Significado	Fluxo do Tanque B para Tanque A
É possível	SIM		
Causas	1. Bomba para, Válvula de controle aberta, pressão em B>A	2. Vazamento da válvula de controle quando a bomba é parada	
Qual freqüência?	Freqüente		
Conseqüências	Gases são forçados para o Tanque A e escapam para atmosfera.		
Severidade	Moderado		
Salvaguardas	Válvula de controle fechada pelo operador antes de parar a bomba		
Risco Aceitável	Não		
O que deve ser feito	Considerar válvula de fluxo numa só direção ou válvula com desligamento automático sobre pressão diferencial negativa		
Ação	Engenheiro de Processo Engenheiro de Instrumentos		

Quadro 16 Trabalho seqüencial 11.

As planilhas de trabalho mostradas nos Quadros 6 ao 16 irão continuar no estudo Hazop até todas as combinações parâmetros/palavra-guia creditáveis tiverem sido completadas. Neste exemplo fica claro como o estudo irá sistematicamente revelar a maioria dos problemas operacionais, fornecendo, desde o início do estudo, a disponibilidade de todas as informações corretas. Ainda dependem da habilidade do líder do grupo e da dedicação dos membros do grupo o exame ser mais profundo e o melhor possível.

4.2 Pontos a Marcar no Procedimento de Exame

Existe muito escopo para o refinamento no formato dos quadros de trabalho para utilizar nas sessões de Hazop. A maioria dos grupos de estudo irá achar maneiras de melhorar a eficiência dos termos descritivos e métodos de registro.

Alguns pontos chave:

- o formato da planilha deve ser flexível para se encaixar ao estudo;
- as planilhas podem necessitar incluir os valores da matriz de risco para ser incluídos durante o estudo inicial. O líder do grupo decide se o grau de estimativa de risco será feita dentro ou fora da sessão;
- o líder do grupo necessita de uma planilha para assessorar o acompanhamento do progresso pelos desvios e fornecer um registro simples de cada combinação palavra-guia/elemento que foi testada;
- As planilhas devem identificar a informação coletada do time durante as sessões. Trabalhos subseqüentes como estimativa de risco realizadas fora da sessão podem ser adicionadas a mesma planilha, contanto que sejam identificadas como adicionadas;
- Companhias podem desenvolver seu próprio *'design'* de planilhas, ou softwares podem ser comprados.

4.3 Identificando Causas

Se o *'design'* da planta é basicamente a causa maior do desvio de parâmetros será quase sempre devido à falha de algum tipo. As categorias seguintes são comuns:

- *'Hardware'*: Equipamento, tubulação, instrumentação, *'design'*, construção, materiais
- *'Software'*: Procedimentos, instruções, especificações
- *Humano*: Gerenciamento, operadores, manutenção
- *Externos*: Serviços (vapor, energia), natural (chuva, congelamento), sabotagem.

4.4 'Checklists'

É de grande ajuda ter um '*checklist*' das causas típicas de falhas para sua indústria em particular para alcançar a intenção do '*design*'. Um problema que deve ser evitado com o uso de '*checklists*' é que eles não devem encorajar o pensamento exclusivo sobre as possíveis causas.

4.5 Discussão Livre de Falhas

É também importante criar uma atmosfera de discussão livre no Hazop com considerações a um possível defeito no '*design*' ou equipamento. O grupo de '*design*' não deve sentir que estão sendo criticados ou forçados a uma atitude defensiva. Por exemplo, o engenheiro de instrumentos não deve se ofender quando alguém sugere que uma falha no sistema de instrumentos é a causa mais provável de um problema.

4.6 Conseqüências Menores

Risco aceitável envolve uma troca entre freqüência e severidade. Por isso eventos de baixas freqüências com conseqüências menores não merecem grande esforço do estudo e eles podem ser declarados como aceitável. Se a conseqüência é menor o grupo pode ocasionalmente dispensar o evento sem perder tempo procurando por causas.

4.7 Estimativas de Riscos

No modelo tradicional os programas de segurança são bastante limitados, baseando-se em alguns princípios já ultrapassados para o presente como: prevenção de lesões pessoais; atividade reservada para órgãos e pessoal especializado; ações reativas e não preventivas baseadas em fatos já acontecidos -

os acidentes, e aceitação do acidente como fato inesperado e de causas fortuitas e ou incontroláveis. Não tente estimar riscos na sessão.

5 CONCLUSÃO

Conclui-se que um método sistemático para análise de riscos como é a técnica Hazop contribui para elevar a segurança dentro das instalações de indústrias de processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AECI Engineering Process Safety. **Hazard and Operability Study Manual.**

DE AGUIAR, LAÍS ALENCAR. **METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCOS APP & HAZOP.** Rio de Janeiro.30p.

CETESB. **Norma Técnica P4.261 – Manual de Orientação para a elaboração de estudos de análise de risco.** Maio de 2003.51p.

BS IEC 61882. **Hazard and Operability Studies.** 2001.Londres.61p. Disponível em www.iec.ch

ENVIROMENT, HEALTH AND SAFETY COMMITTEE. **HAZARD AND OPERABILITY STUDIES (HAZOP).** 2007.6p. Disponível em: <http://www.rsc.org>.

ILO. **Prevention of major industrial accidents.** 1991.Genebra.90p.

KLETZ, T.**HAZOP AND HAZAN:**identifying and assessing process industry hazards. 1999.Inglaterra.232p.

MACDONALD, D.M. **'Pratical Hazops, trips and alarms.'** Londres.2004.345p.

NOLAN, DENNIS P. **Safety and security review for the process industries:** application of HAZOP, PHA and What-if reviews, Estados Unidos da América. 2008.163p.

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO. **Introdução à Higiene Ocupacional ew Legislação Ocupacional.**São Paulo.2008.335p.