



**METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCOS**  
**APP & HAZOP**

**Prof<sup>a</sup>. Laís Alencar de Aguiar**

Rio de Janeiro - RJ



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGO – APP</b>	<b>2</b>
1.1	Objetivo	2
1.2	Aplicação	2
1.3	Dados Necessários	2
1.4	Pessoal Necessário e Suas Atribuições	3
1.5	Estimativa de Tempo e Custo Requeridos	4
1.6	Natureza dos Resultados	4
1.7	Apresentação da Técnica de APP	4
1.8	Proposta de Estrutura de Relatório	8
1.9	Principais Vantagens da Técnica APP	9
<b>2</b>	<b>ESTUDO DE PERIGO E OPERABILIDADE - HAZOP</b>	<b>9</b>
2.1	Objetivo	9
2.2	Aplicação	10
2.3	Dados Necessários	10
2.4	Pessoal Necessário e suas Atribuições	11
2.5	Estimativa de Tempo e Custo Requeridos	13
2.6	Natureza dos Resultados	13
2.7	Apresentação da Técnica HAZOP	14
2.8	Principais Vantagens da Técnica HAZOP	18
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO: DESCARREGAMENTO DE ÁCIDO SULFÚRICO (AGUIAR <i>ET AL.</i>, 2001)</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE APP E HAZOP</b>	<b>28</b>
<b>5</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>29</b>

# **1 ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGO – APP**

## **1.1 Objetivo**

A Análise Preliminar de Perigo (APP) é uma metodologia indutiva estruturada para identificar os potenciais perigos decorrentes da instalação de novas unidades e sistemas ou da própria operação da planta que opera com materiais perigosos.

Esta metodologia procura examinar as maneiras pelas quais a energia ou o material de processo pode ser liberado de forma descontrolada, levantando, para cada um dos perigos identificados, as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente. Após, é feita uma Avaliação Qualitativa dos riscos associados, identificando-se, desta forma, aqueles que requerem priorização. Além disso, são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras dos riscos a fim de eliminar as causas ou reduzir as conseqüências dos cenários de acidente identificados.

O escopo da APP abrange os eventos perigosos cujas causas tenham origem na instalação analisada, englobando tanto as falhas de componentes ou sistemas, como eventuais erros operacionais ou de manutenção (falhas humanas). O grau de risco é determinado por uma matriz de risco gerada por profissionais com maior experiência na unidade orientada pelos técnicos que aplicam a análise.

## **1.2 Aplicação**

Esta metodologia pode ser empregada para sistemas em início de desenvolvimento ou na fase inicial do projeto, quando apenas os elementos básicos do sistema e os materiais estão definidos. Pode também ser usada como revisão geral de segurança de sistemas/instalações já em operação.

O uso da APP ajuda a selecionar as áreas da instalação nas quais outras técnicas mais detalhadas de análise de riscos ou de contabilidade devam ser usadas posteriormente. A APP é precursora de outras análises.

## **1.3 Dados Necessários**

As principais informações requeridas para a realização da APP estão indicadas no Quadro 1.

**Quadro 1** – Informações necessárias para a realização da APP

Região	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dados demográficos</li> <li>▪ Dados Climatológicos</li> </ul>
Instalações	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Premissas de projeto</li> <li>▪ Especificações técnicas de projeto</li> <li>▪ Especificações de equipamento</li> <li>▪ <i>Lay-out</i> da instalação</li> <li>▪ Descrição dos principais sistemas de proteção e segurança</li> </ul>
Substâncias	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Propriedades físicas e químicas</li> <li>▪ Características de inflamabilidade</li> <li>▪ Características de toxicidade</li> </ul>

#### 1.4 Pessoal Necessário e Suas Atribuições

A APP deve ser realizada por uma equipe estável, contendo entre cinco e oito pessoas. Dentre os membros da equipe deve-se dispor de um membro com experiência em segurança de instalações e pelo menos um que seja conhecedor do processo envolvido. É recomendável que a equipe tenha a composição, funções e atribuições específicas como indicadas no Quadro 2.

**Quadro 2** – Composição recomendável de uma equipe de APP

<b>Função</b>	<b>Perfil / Atividades</b>
Coordenador	Pessoa responsável pelo evento que deverá: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Definir a equipe</li> <li>▪ Reunir informações atualizadas, tais como: fluxogramas de engenharia, especificações técnicas do projeto, etc;</li> <li>▪ Distribuir material para a equipe;</li> <li>▪ Programar as reuniões;</li> <li>▪ Encaminhar aos responsáveis as sugestões e modificações oriundas da APP.</li> </ul>
Líder	Pessoa conhecedora da metodologia, sendo responsável por: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Explicar a metodologia a ser empregada aos demais participantes;</li> <li>▪ Conduzir as reuniões e definir o ritmo de andamento das mesmas;</li> <li>▪ Cobrar dos participantes pendências de reuniões anteriores.</li> </ul>
Especialista	Pessoas que estarão ou não ligadas ao evento, mas que detêm informações sobre o sistema a ser analisado ou experiência adquirida em sistemas similares.
Relator	Pessoa que tenha poder de síntese para fazer anotações, preenchendo as colunas da planilha da APP de forma clara e objetiva.

## 1.5 Estimativa de Tempo e Custo Requeridos

Em geral, as reuniões não devem durar mais do que três horas, sendo a periodicidade de duas a três vezes por semana. O tempo necessário para a realização e reuniões da APP dependerá da complexidade do sistema/ processo a ser analisado.

O reconhecimento antecipado dos perigos existentes no processo economiza tempo e reduz os custos oriundos de modificações posteriores da instalação/ sistema. Isto faz com que os custos em termos de homens-hora alçados à realização da APP tenham um retorno considerável.

## 1.6 Natureza dos Resultados

Na APP são levantadas as causas que podem promover a ocorrência de cada um dos eventos e as suas respectivas conseqüências, sendo, então, feita uma avaliação qualitativa da freqüência de ocorrência do cenário de acidentes, da severidade das conseqüências e do risco associado. Portanto, os resultados obtidos são qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas.

Normalmente uma APP fornece também uma ordenação qualitativa dos cenários de acidentes identificados, a qual pode ser utilizada como um primeiro elemento na priorização das medidas propostas para redução dos riscos da instalação/ sistema analisado.

## 1.7 Apresentação da Técnica de APP

A metodologia de APP compreende a execução das seguintes etapas:

- Definição dos objetivos e do escopo da análise;
- Definição das fronteiras do processo/ instalação analisada;
- Coleta de informações sobre a região, a instalação e os perigos envolvidos;
- Subdivisão do processo/ instalação em módulos de análise;
- Realização da APP propriamente dita (preenchimento da planilha);
- Elaboração das estatísticas dos cenários identificados por Categorias de Risco (freqüência e severidade);
- Análise dos resultados e preparação do relatório.

Para a execução da análise, o processo/ instalação em estudo deve ser dividido em "módulos de análise". A realização da análise propriamente dita é feita através do preenchimento de uma planilha de APP para cada módulo. A planilha adotada para a realização da APP, mostrada no Quadro 3, contém 7 colunas, as quais devem ser preenchidas conforme a descrição respectiva a cada campo:

Quadro 3 – Exemplo de Planilha utilizada na APP

<b>Análise Preliminar de Perigo</b>							
<b>Subsistema:</b>			<b>Equipe:</b>			<b>Data:</b>	
<b>Perigo</b>	<b>Causas</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Frequência</b>	<b>Severidade</b>	<b>Risco</b>	<b>Recomendações</b>	<b>Ref.</b>
Todo evento acidental com potencial para causar danos às pessoas, às instalações ou ao meio ambiente.	As causas responsáveis pelo perigo podem envolver tanto falhas de equipamentos como falhas humanas.	As conseqüências são os efeitos dos acidentes envolvendo: radiação térmica, sobrepressão ou dose tóxica.	A frequência é definida conforme descrito no Quadro 4.	A severidade é definida conforme descrito no Quadro 5.	O risco é definido conforme descrito na Figura 1 e no Quadro 6.	As recomendações propostas devem ser de caráter preventivo e/ ou mitigador.	

No contexto da APP, um cenário de acidente é definido como sendo o conjunto formado pelo perigo identificado, suas causas e cada um de seus efeitos. Um exemplo cenário de acidente possível seria: grande liberação de substância tóxica devido a ruptura de tubulação levando à formação de uma nuvem tóxica.

De acordo com a metodologia da APP, os cenários de acidente devem ser classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados. O Quadro 4 mostra as categorias de frequências em uso atualmente para a realização de APP.

**Quadro 4** – Categorias de Frequências de ocorrência dos cenários

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Faixa de Frequência (anual)</b>	<b>Descrição</b>
A	EXTREMAMENTE REMOTA	$f < 10^{-4}$	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/ instalação.
B	REMOTA	$10^{-4} < f < 10^{-3}$	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/ instalação.
C	IMPROVÁVEL	$10^{-3} < f < 10^{-2}$	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/ instalação.
D	PROVÁVEL	$10^{-2} < f < 10^{-1}$	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo/ instalação.
E	FREQUENTE	$f > 10^{-1}$	Esperado de ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/ instalação.

Esta avaliação de frequência poderá ser determinada pela experiência dos componentes do grupo ou por banco de dados de acidentes (próprio ou de outras empresas similares).

Os cenários de acidente também devem ser classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa da severidade esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados. O Quadro 5 mostra as categorias de severidade em uso atualmente para a realização de APP.

**Quadro 5** – Categorias de severidade dos perigos identificados

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição/ Características</b>
I	DESPREZÍVEL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente;</li> <li>▪ Não ocorrem lesões/ mortes de funcionários, de terceiros (não funcionários) e/ ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor;</li> </ul>
II	MARGINAL	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ ou de baixo custo de reparo);</li> <li>▪ Lesões leves em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade;</li> </ul>
III	CRÍTICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente;</li> <li>▪ Lesões de gravidade moderada em empregados, prestadores de serviço ou em membros da comunidade (probabilidade remota de morte);</li> <li>▪ Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe;</li> </ul>
IV	CATASTRÓFICA	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível);</li> <li>▪ Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (empregados, prestadores de serviços ou em membros da comunidade).</li> </ul>

E importante observar que para cada classe de severidade e frequência deve ser adequada ao tipo do sistema e empreendimento analisado, para tomar a análise do risco mais preciso e menos subjetivo.

Para estabelecer o nível de Risco, utiliza-se uma matriz, indicando a frequência e a severidade dos eventos indesejáveis, conforme indicado na Figura 1 e no Quadro 6.

		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
SEVERIDADE	IV	2	3	4	5	5
	III	1	2	3	4	5
	II	1	1	2	3	4
	I	1	1	1	2	3

Figura 1 – Matriz de Classificação de Risco – Frequência x Severidade

Quadro 6 – Legenda da Matriz de Classificação de Risco – Frequência x Severidade

Severidade		Frequência		Risco
I	Desprezível	A	Extremamente Remota	<b>1 Desprezível</b>
II	Marginal	B	Remota	<b>2 Menor</b>
III	Crítica	C	Improvável	<b>3 Moderado</b>
IV	catastrófica	D	Provável	<b>4 Sério</b>
		E	Frequente	<b>5 Crítico</b>

Finalmente, procede-se à análise dos resultados obtidos, listando-se as recomendações de medidas preventivas e/ ou mitigadoras pela equipe de APP. O passo final é a preparação do relatório da análise realizada.

## 1.8 Proposta de Estrutura de Relatório

CAPÍTULO 1 - Descrição dos objetivos visados com a aplicação da técnica, do escopo abrangido pela análise , e da estrutura do relatório;

CAPÍTULO 2 - Descrição do sistema analisado, contemplando aspectos de operação, manutenção, bem como possíveis modificações a serem feitas;

CAPÍTULO 3 - Descrição da metodologia utilizada, destacando os eventuais critérios adotados na análise;

CAPÍTULO 4 - Apresentação da Análise Preliminar de Riscos do sistema analisado, contendo a identificação dos módulos de análise, as planilhas da APP, estatística dos cenários de acidentes levantados pela APP;

CAPÍTULO 5 - Conclusões gerais da APP, listando os cenários de risco sério ou crítico identificados na APP. As recomendações geradas devem ser enfatizadas; se possível, designar o órgão responsável por suas avaliações e implementações.

CAPITULO 6 - Referências bibliográficas;

ANEXOS - Fluxogramas utilizados na APP do sistema analisado.

## **1.9 Principais Vantagens da Técnica APP**

Técnica mais abrangente que *checklist*, informando as causas que ocasionaram a ocorrência de cada um dos eventos e as suas respectivas conseqüências, obtenção de uma avaliação qualitativa da severidade das conseqüências (Quadro 4) e freqüência (Quadro 5) de ocorrência do cenário de acidente e do risco associado: MATRIZ DE RISCO (Figura 1).

*Desvantagem:* requer um maior tempo para a execução de todo processo até o relatório final, necessitando de uma equipe com grande experiência em várias áreas de atuação como: processo, projeto, manutenção e segurança.

## **2 Estudo de Perigo e Operabilidade - HAZOP**

### **2.1 Objetivo**

A técnica denominada Estudo de Perigo e Operabilidade – HAZOP (**H**AZARD AND **O**PERABILITY STUDIES) visa identificar os problemas de Operabilidade de uma instalação de processo, revisando metodicamente o projeto da unidade ou de toda fábrica. Esta metodologia é baseada em um procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guias aplicadas a pontos críticos do sistema em estudo.

O principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP) é investigar de forma minuciosa e metódica cada segmento de um processo (focalizando os pontos específicos do projeto – nós - um de cada vez), visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas conseqüências. Uma vez verificadas as causas e as conseqüências de cada tipo de desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar o problema de operabilidade da instalação.

O HAZOP enfoca tanto os problemas de segurança, buscando identificar os perigos que possam colocar em risco os operadores e aos equipamentos da instalação, como também os problemas de operabilidade que embora não sejam perigosos, podem causar perda de produção ou que possam 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.

## 2.2 Aplicação

A técnica de HAZOP, como é uma metodologia estruturada para identificar desvios operacionais, pode ser usada na fase de projeto de novos sistemas/unidades de processo quando já se dispõe dos fluxogramas de engenharia e de processo da instalação ou durante modificações ou ampliações de sistemas/unidades de processo já em operação. Pode também ser usada como revisão geral de segurança de unidades de processos já em operação. Portanto, esta técnica pode ser utilizada em qualquer estágio da vida de uma instalação. A análise por HAZOP foi desenvolvida originalmente para ser aplicada a processos de operação contínua, podendo, com algumas modificações ser empregada para processos que operam por bateladas.

Não se pode executar uma HAZOP de uma planta em fase de projeto antes de se dispor do P&ID (Diagramas de Tubulação e Instrumentação) da mesma. Deve-se, entretanto, executá-lo logo após o término do P&ID a fim de que as possíveis modificações oriundas da análise possam ser incorporadas ao projeto sem maiores custos. No caso de HAZOP de uma planta existente, o primeiro passo é verificar se o P&ID está realmente atualizado. A execução de um HAZOP com base em um P&ID incorreto é simplesmente inútil.

## 2.3 Dados Necessários

A execução de um HAZOP de boa qualidade exige, além da participação de especialistas experientes, informações precisas, detalhadas e atualizadas a respeito do projeto e operação da instalação analisada. Para execução do HAZOP deve-se dispor de P&ID's atualizados, informações sobre o processo, a instrumentação e a operação da instalação. Estas informações podem ser obtidas através de documentação, tais como, especificações técnicas, procedimentos de operação e de manutenção ou por pessoas com qualificação técnica e experiência. A documentação, devidamente atualizada, que pode ser necessária para execução do HAZOP está indicada abaixo:

1. Fluxogramas de engenharia (Diagramas de Tubulação e Instrumentação - P&ID's).
2. Fluxogramas de processo e balanço de materiais.
3. Memoriais descritivos, incluindo a filosofia de projeto.

4. Folhas de dados de todos os equipamentos da instalação.
5. Dados de projeto de instrumentos, válvulas de controle, etc.
6. Dados de projeto e *setpoints* de todas as válvulas de alívio, discos de ruptura, etc.
7. Especificações e padrões dos materiais das tubulações.
8. Diagrama lógico de intertravamento, juntamente com descrição completa.
9. Matrizes de causa e efeito.
10. Diagrama unificar elétrico.
11. Especificações das utilidades, tais como vapor, água de refrigeração, ar comprimido, etc.
12. Desenhos mostrando interfaces e conexões com outros equipamentos na fronteira da unidade/sistema analisados.

## 2.4 Pessoal Necessário e suas Atribuições

O HAZOP se baseia no fato que um grupo de peritos com diferentes experiências trabalhando juntos podem interagir de uma forma criativa e sistemática e identificar muito mais problemas do que se cada um trabalhasse individualmente e depois fossem combinados os resultados. A interação de pessoas, com diferentes experiências estimula a criatividade e gera novas idéias, devendo todos os participantes defender livremente os seus pontos de vistas, evitando críticas que inibam a participação ativa e a criatividade dos integrantes da equipe. Portanto, a realização de um HAZOP exige necessariamente, uma equipe multidisciplinar de especialistas, com conhecimentos e experiências na sua área de atuação, avaliar as causas e os efeitos de possíveis desvios operacionais, de forma que o grupo chegue a um consenso e proponha soluções para o problema.

No caso de plantas industriais em fase de projeto, a composição básica do grupo de estudo deve ser aproximadamente a seguinte:

- Líder da equipe: esta pessoa deve ser um perito na técnica HAZOP e, preferencialmente, independente da planta ou projeto que está sendo analisado. Sua função principal é garantir que o grupo siga os procedimentos do método HAZOP e que se preocupe em identificar riscos e problemas operacionais, mas não necessariamente resolvê-los, a menos que as soluções sejam óbvias. Esta pessoa deve ter experiência em liderar equipes e deve ter como característica principal a de prestar atenção meticulosa aos detalhes da análise.
- Chefe do projeto: este normalmente é o engenheiro responsável por manter os custos do projeto dentro do orçamento. Ele deve ter consciência de que quanto mais cedo forem descobertos riscos ou problemas operacionais, menor será o custo para contorná-los. Caso ele não seja uma pessoa que possua profundos conhecimentos sobre equipamentos, alguém com estas características também deverá fazer parte do grupo.

- Engenheiro de processos: geralmente é o engenheiro que elaborou o fluxograma do processo. Deve ser alguém com considerável conhecimento na área de processos.
- Engenheiro de automação: devido ao fato de as indústrias modernas possuírem sistemas de controle e proteção bastante automatizados, este engenheiro é de fundamental importância na constituição da equipe.
- Engenheiro electricista: se o projeto envolver aspectos importantes de continuidade no fornecimento de energia, principalmente em processos contínuos, esta pessoa também deverá fazer parte do grupo.

Para complementar a equipe de estudo, devem ser incluídas pessoas com larga experiência em projetos e processos semelhantes ao que será analisado. No caso de estudo de uma planta já existente, o grupo deve ser constituído como segue:

- Líder da equipe: como no caso anterior.
- Chefe da unidade ou engenheiro de produção: engenheiro responsável pela operação da planta.
- Supervisor-chefe da unidade: é a pessoa que conhece aquilo que de fato acontece na planta e não aquilo que deveria estar acontecendo.
- Engenheiro de manutenção: responsável pela manutenção da unidade.
- Responsável pela instrumentação: é aquela pessoa responsável pela manutenção dos instrumentos do processo, que pode ser executada tanto por engenheiros de automação como por electricistas, ou por ambos.
- Engenheiro de pesquisa e desenvolvimento: responsável pela investigação dos problemas técnicos e pela transferência dos resultados de um piloto para a fábrica.

Além das pessoas recomendadas acima, em certas ocasiões se faz necessário o auxílio de outros membros, especialistas em determinados aspectos operacionais ou do projeto, como controle de processos, incêndios, computação, etc. Nos casos de plantas industriais em funcionamento, que estiverem sendo modificadas ou ampliadas, a equipe de estudo deve ser formada por uma combinação dos participantes apresentados nos dois casos anteriores.

Embora todos os membros da equipe tenham um objetivo comum, que é o de obter uma instalação barata, segura e fácil de operar, as limitações impostas a cada um dos participantes são diferentes, cada um procurando dar maior ênfase à sua área de atuação.

Este conflito de interesses ajuda a fazer com que os prós e os contras de cada alteração sejam exaustivamente examinados antes de se tomar uma decisão final. Este fato caracteriza a natureza de questionamento aberto apresentada pela técnica HAZOP,

exigindo que se crie um ambiente onde todos os componentes do grupo se sintam livres para expor as suas opiniões sobre determinado assunto. Para garantir esta liberdade de expressão, o líder da equipe deve procurar evitar desequilíbrios, não permitindo que pessoas com personalidade mais forte inibam a participação de outros membros do grupo, o que geraria uma análise tendenciosa dos riscos.

O HAZOP não é uma técnica para trazer mentes "recém chegadas" para trabalhar em um problema. Esta é uma técnica que permite aos que são peritos em um processo utilizarem seus conhecimentos e experiências de maneira sistemática, de modo que os problemas tenham menor probabilidade de serem omitidos. A porcentagem de acidentes, posteriores ao HAZOP, que ocorrem porque o grupo não tinha o conhecimento necessário para o desenvolvimento do estudo é mínima. A maioria dos acidentes ocorre porque o grupo responsável pelo estudo deixou de aplicar os seus conhecimentos.

## **2.5 Estimativa de Tempo e Custo Requeridos**

As reuniões da equipe de HAZOP devem ser suficientemente freqüentes para se manter o ímpeto desejado. Em geral, as reuniões devem durar cerca de três horas no máximo e deve-se ter um intervalo de dois ou três dias entre reuniões subseqüentes a fim de permitir aos participantes coletar as informações necessárias, ou seja, freqüência de 2 a 3 reuniões por semana.

O tempo necessário e o custo são proporcionais ao tamanho e complexidade da unidade que estiver sendo analisada. Estima-se que sejam necessários, em média, cerca de 3 horas para cada grande equipamento da instalação, tais como, vasos, torres, tanques, compressores, permutadores, etc.

## **2.6 Natureza dos Resultados**

Tipicamente os principais resultados fornecidos pelo HAZOP são os seguintes:

- Identificação de todos os desvios acreditáveis que possam conduzir a eventos perigosos ou a problemas operacionais.
- Uma avaliação das conseqüências (efeitos) destes desvios sobre o processo.

O exame dos meios disponíveis para se detectar e corrigir ou mitigar os efeitos de tais desvios. Podem ser recomendadas mudanças no projeto, estabelecimentos ou mudança nos procedimentos de operação, teste e manutenção.

Portanto, os resultados obtidos são puramente qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas nem qualquer tipo de classificação em categorias.

## 2.7 Apresentação da Técnica HAZOP

A técnica HAZOP é essencialmente um procedimento indutivo qualitativo, no qual um grupo examina um processo, gerando, de uma maneira sistemática, perguntas sobre o mesmo. As perguntas, embora instigadas por uma lista de palavras-guia, surgem naturalmente através da interação entre os membros da equipe. Portanto, esta técnica de identificação de perigos consiste, fundamentalmente, em uma busca estruturada das causas de possíveis desvios em variáveis de processo, ou seja, na temperatura, pressão, vazão e composição, em diferentes pontos (denominados nós) do sistema, durante a operação do mesmo. A busca dos desvios é feita através da aplicação sistemática de uma lista de "palavras-guias" para cada modo do sistema. Esta lista deve ser tal que promova um amplo e irrestrito raciocínio lógico visando detectar virtualmente todas as anormalidades concebíveis do processo. Uma lista de "palavras-guia" juntamente com os tipos de desvios considerados, são mostrados no Quadro 7. O Quadro 8 apresenta uma lista de desvios aplicáveis a processos contínuos.

O procedimento para execução do HAZOP pode ser sintetizado nos seguintes passos:

1. Divisão da unidade/sistema em subsistemas a fim de facilitar a realização do HAZOP.
2. Escolha do ponto de um dos subsistemas a ser analisado, chamado nó.
3. Aplicação das "palavras-guias", verificando quais os desvios que são possíveis de ocorra naquele nó. Para cada desvio, investigar as causas possíveis de provocá-lo, procurando levantar todas as causas. Para cada uma das causas, verificar quais são os meios disponíveis na unidade/sistema para detecção desta causa e quais seriam as suas possíveis conseqüências. Em seguida, procura-se verificar se não existe alguma coisa que possa ser feita para eliminar a causa do desvio ou para minimizar as suas conseqüências. Caso surja durante a discussão, alguma dúvida ou alguma pendência, deve-se anotá-la para ser dirimida posteriormente. Finalmente, no que ficará responsável pela sua avaliação e implementação. Uma vez analisados todos os desvios, procede-se à escolha do próximo nó, prosseguindo com a análise.

A correta utilização das palavras de orientação e a determinação de todos os pontos críticos são a garantia que o sistema foi totalmente avaliado resultando na identificação dos perigos do processo no sistema em função dos parâmetros de processo: temperatura, vazão, concentração, etc. O Quadro 7 apresenta as variáveis de processo com as palavras guia e o desvio de projeto.

O processo de execução de um estudo de HAZOP é estruturado e sistemático. Portanto, se faz necessário o entendimento de alguns termos específicos que são utilizados no desenvolvimento de uma Análise de Riscos desta natureza:

Nós-de-estudo (*Study Nodes*): são os pontos do processo, localizados através dos fluxogramas da planta, que serão analisados nos casos em que ocorram desvios.

Intenção de operação: a intenção de operação define os parâmetros de funcionamento normal da planta, na ausência de desvios, nos nós-de-estudo.

Desvios: os desvios são afastamentos das intenções de operação, que são evidenciados pela aplicação sistemática das palavras-guia aos nós-de-estudo (p. ex., mais pressão), ou seja, são distúrbios provocados no equilíbrio do sistema.

Causas: são os motivos pelos quais os desvios ocorrem. A partir do momento em que um desvio tenha demonstrado possuir uma causa aceitável, ele pode ser tratado como uma ocorrência significativa e analisado adequadamente. As causas dos desvios podem advir de falhas do sistema, erro humano, um estado de operação do processo não previsto (p. ex., mudança de composição de um gás), distúrbios externos (p. ex., perda de potência devido à queda de energia elétrica), etc.

Conseqüências: as conseqüências são os resultados decorrentes de um desvio da intenção de operação em um determinado nó-de-estudo (p. ex., liberação de material tóxico para o ambiente de trabalho).

Parâmetros de processo: são os fatores ou componentes da intenção de operação, ou seja, são as variáveis físicas do processo (p. ex., vazão, pressão, temperatura) e os procedimentos operacionais (p. ex., operação, transferência).

Palavras-guia ou Palavras-chave (Guide Words): são palavras simples utilizadas para qualificar os desvios da intenção de operação e para guiar e estimular o grupo de estudo ao *brainstorming*. As palavras-guia são aplicadas aos parâmetros de processo que permanecem dentro dos padrões estabelecidos pela intenção de operação. Aplicando as palavras-guia aos parâmetros de processo, em cada nó-de-estudo da planta em análise, procura-se descobrir os desvios passíveis de ocorrência na intenção de operação do sistema. Assim, as palavras-guia são utilizadas para levantar questões como, por exemplo: "O que ocorreria se houvesse mais... ?" ou "O que aconteceria se ocorresse fluxo reverso?".

Diversos tipos de palavras-guia são utilizados, dependendo da aplicação da técnica. O Quadro 7 apresenta as palavras-guia mais utilizadas para o desenvolvimento de um HAZOP, acompanhadas de seus significados.

**Quadro 7** – Tipos de Desvios Associados com as “Palavras –Guias”

<b>Palavras-Guia</b>	<b>Desvios Considerados</b>
NÃO, NENHUM	Negação do propósito do projeto. (ex.: nenhum fluxo)
MENOS	Decréscimo quantitativo. (ex.: menos temperatura)
MAIS, MAIOR	Acréscimo quantitativo. (ex.: mais pressão)
TAMBÉM, BEM COMO	Acréscimo qualitativo. (ex.: também)
PARTE DE	Decréscimo qualitativo. (ex.: parte de concentração)
REVERSO	Oposição lógica do propósito do projeto. (ex.: fluxo)

OUTRO QUE, SENÃO	Substituição completa. (ex.: outro que ar)
------------------	--

**Quadro 8** – Lista Desvios para HAZOP de Processos Contínuos

<b>Parâmetro</b>	<b>Palavra-Guia</b>	<b>Desvio</b>
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
Fase 1	Bem como	Fase 2

Para realização do HAZOP, utiliza-se a planilha mostrada no Quadro 9. O cabeçalho desta planilha identifica o subsistema que está sendo analisado, o fluxograma de engenharia usado e o nó escolhido.

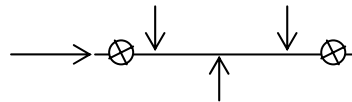
Quadro 9 – Exemplos de Planilhas utilizadas na HAZOP

<b>Análise de Perigos e Operabilidade</b>					
<b>Unidade</b>					
<b>Sistema:</b>			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>
<b>Localização do Nó:</b>					<b>Página:</b>
<b>Item</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Salvuardas</b>	<b>Observações</b>

<b>Análise de Perigos e Operabilidade</b>						
<b>Unidade</b>						
<b>Sistema:</b>			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>	
<b>Parâmetro:</b>			<b>Nó:</b>		<b>Página:</b>	
	<b>Palavra Guia</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Detecção</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Providencias</b>

**Dicas:**

Sempre marque um nó de estudo na entrada de um grande equipamento e na saída de um equipamento que acumule produtos (ex.: vasos, tanques,...) e antes e depois de linhas que cruzam



Fazer sempre perguntas no nó de estudo, começar sempre a buscar as falhas no início do sistema.

## 2.8 Principais Vantagens da Técnica HAZOP

O HAZOP é ideal para ser empregada na fase final de elaboração do projeto de processo, embora também seja aplicada na etapa de operação.

As principais vantagens da análise por HAZOP estão relacionadas com a sistematicidade, flexibilidade e abrangência para identificação de perigos e problemas operacionais. Além disso, as reuniões de HAZOP promovem a troca de idéias entre os membros da equipe uniformizando o grau de conhecimento e gerando informações úteis para análises subseqüentes, principalmente, para Avaliações Quantitativas de Riscos (AQR).

Além disso, o HAZOP serve para os membros da equipe adquirirem um maior entendimento do funcionamento da unidade em condições normais e, principalmente, quando da ocorrência de desvios, funcionando a análise de forma análoga a um "simulador" de processo.

*Desvantagem:* Avalia apenas as falhas de processo (T, P, Q, pH,...) para determinar as potenciais anormalidades de engenharia. Requer uma equipe multidisciplinar com larga experiência para implementação da técnica. Especialistas em projeto, processo, operação do processo, instrumentação, química, segurança e manutenção.

### **3 ESTUDO DE CASO: DESCARREGAMENTO DE ÁCIDO SULFÚRICO (Aguiar *et al.*, 2001)**

Para avaliar os procedimentos operacionais, as medidas de controle e os riscos oferecidos aos profissionais envolvidos, todas as operações de descarregamento foram acompanhadas (Fotos 1 até 16), documentadas em registro fotográfico e, posteriormente, foram aplicadas as técnicas HAZOP e APP.



**Fotos 1 e 2 - Caminhão-tanque Posicionado para Descarregamento**



**Fotos 3 e 4 - Sondagem Inicial do Nível do Tanque e Fechamento da Tampa de Inspeção**



**Foto 5 - Preparação do Mangote**



**Foto 6 - Carbonato de Cálcio**



**Foto 7 - Retirada do Bujão**



**Foto 8 - Retirada do Trapo**



**Foto 9 - Coleta da Amostra**



**Foto 10 - Conexão do Mangote**



**Foto 11 - Amostra para o Laboratório**



**Foto 12 - Linha de Água de Emergência**



Foto 13 - Tampa de Visita Aberta



Foto 14 - Enchimento da Linha



Foto 15 - Abertura da Válvula



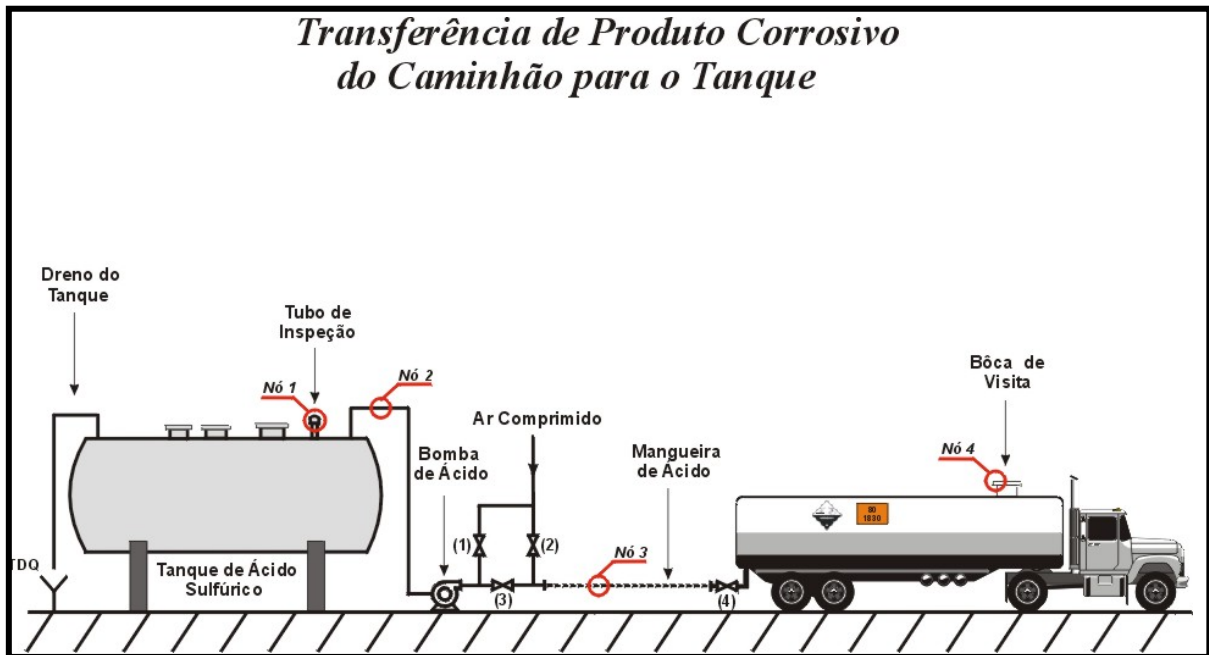
Foto 16 - Verificando Transferência

Para investigação dos segmentos do processo e identificação de possíveis desvios das condições normais de operação, verificando as causas responsáveis e respectivas conseqüências, foram consultados os químicos do laboratório, o pessoal de manutenção mecânica bem como os componentes da CIPA, que regularmente participam do descarregamento e possuem a necessária experiência técnica e de campo.

Como resultado deste processo sistemático foram identificados e considerados relevantes pelo grupo de estudos quatro pontos ou nós de referência, representados no desenho esquemático de interfaces e conexões (Figura 2), bem como os parâmetros e desvios associados com as palavras guia no Quadro 10 a seguir.

Quadro 10 - Nós de Referência, Parâmetros, Palavras Guia e Desvios do HAZOP

Nós de Referência	Parâmetros	Palavras Guia	Desvio
1	Vazão	Sim	Sim Vazão
2	Vazão	Menos	Menos Vazão
3	Pressão	Mais	Pressão Alta
4	Vazão	Sim	Sim Vazão



**Figura 2** - Diagrama Esquemático de Interfaces e Conexões do Sistema de Transferência de Ácido Sulfúrico do Caminhão para o Tanque

Para cada desvio considerado de ocorrência provável, em cada nó de referência, foram investigadas as causas geradoras dos eventos e verificados quais os meios tecnicamente disponíveis para detecção destas causas e suas eventuais conseqüências. Em cada caso foram discutidas e apresentadas possíveis medidas visando remover as causas ou mitigar as conseqüências quando a completa eliminação for de todo impossível. As quatro planilhas que sintetizam os resultados do HAZOP são apresentadas no Quadro 11.

Como o sistema de transferência de ácido sulfúrico do caminhão para o tanque pode ser considerado um sistema fechado, foi elaborada uma Análise preliminar de Perigo (APP) para o caso de vazamento do produto corrosivo em questão. Vale ressaltar que esta análise, tal como o HAZOP, deve ser elaborada por uma equipe conforme mencionada anteriormente, contudo, a planilha de APP apresentada no Quadro 2, foi elaborada somente pelos membros deste grupo com o objetivo de discutir as diferenças entre as metodologias HAZOP e APP.

Quadro 11 - Planilha de HAZOP

<b>Sistema:</b> Transferência de Produto Corrosivo do Caminhão para o Tanque			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>
<b>Parâmetro:</b> vazão			<b>Nó:</b> 01		<b>Página:</b> 1/4
<b>Palavra Guia</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Deteção</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Providências</b>
Mais	Mais Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Falha no aquecimento do tanque;</li> <li>Caminhão com quantidade de produto maior do que o tanque comporta;</li> <li>O tubo de inspeção não é vedado;</li> <li>O dreno do tanque está entupido;</li> <li>O dreno do tanque está mais alto do que o topo do tubo de inspeção.</li> </ul>	Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>Transbordamento do tanque de ácido com perda de produto;</li> <li>Danos a estrutura do tanque;</li> <li>Danos aos equipamentos atingidos;</li> <li>Geração de resíduos químicos;</li> <li>Gastos na manutenção do tanque e equipamentos;</li> <li>Gastos na descontaminação do local;</li> <li>Projeção de ácido sobre o comando das bombas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Instalação de um medidor de nível para o tanque;</li> <li>Instalação de chaves LSH e LSHH;</li> <li>Envio da nota fiscal do Almojarifado para o operador da ETA, para checar se a quantidade de ácido do caminhão é a quantidade requisitada;</li> <li>Elevar o tubo de inspeção;</li> <li>Vedar o tubo de inspeção com tampa rosqueada e juntas "o-ring";</li> <li>Relocar botoeiras de comando.</li> </ul>

(\*) LSH – Level Switch High & LSHH – Level Switch High High

Quadro 11 - Planilha de HAZOP (continuação)

<b>Sistema:</b> Transferência de Produto Corrosivo do Caminhão para o Tanque			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>
<b>Parâmetro:</b> vazão			<b>Nó:</b> 02		<b>Página:</b> 2/4
<b>Palavra Guia</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Deteção</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Providências</b>
Menos	Menos Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>Boca de visita do caminhão fechada;</li> <li>Válvulas (4) ou (3) parcialmente fechadas;</li> <li>Rotor da bomba danificado;</li> <li>Válvulas (1) ou (2) abertas e linha de ar despressurizada;</li> <li>Mangote com vazamento;</li> <li>Ruptura da linha.</li> </ul>	Visual Ruído	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aumento do tempo de descarregamento;</li> <li>Entrada de ácido na linha de ar;</li> <li>Vazamento de ácido;</li> <li>Geração de resíduos químicos;</li> <li>Aumento de temperatura dos mancais da bomba e possível incêndio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Inspeccionar a boca do caminhão, o estado da linha e das válvulas antes de iniciar o processo;</li> <li>Testar a estanqueidade do sistema antes de iniciar o processo;</li> <li>Submeter a mangueira a testes hidrostáticos periódicos;</li> <li>Instalar extintor de pó químico junto ao local de descarregamento;</li> <li>Ajustar a seletividade da proteção do motor elétrico para sua atuação rápida sob condições anormais;</li> <li>Realizar manutenção preventiva do conjunto moto-bomba;</li> </ul>

Quadro 11 - Planilha de HAZOP (continuação)

Sistema: Transferência de Produto Corrosivo do Caminhão para o Tanque			Equipe:		Data:
Parâmetro: pressão		Nó: 03			Página: 3/4
Palavra Guia	Desvio	Causas	Deteção	Conseqüências	Providências
Mais	Pressão Alta	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminhão cheio, válvula (4) aberta e válvulas (3) e (2) fechadas;</li> <li>• Caminhão cheio, bomba desligada, válvulas (3) e (4) abertas e válvulas (1) e (2) fechadas;</li> <li>• Válvulas (3) e (4) fechadas e (2) aberta;</li> <li>• Boca de visita do caminhão fechada, suspiro do caminhão entupido, válvula (3) fechada, válvulas (2) e (4) abertas.</li> </ul>	Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento de ácido;</li> <li>• Esguichos de ácido;</li> <li>• Geração de resíduos químicos;</li> <li>• Gastos na descontaminação do local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspeccionar o estado das válvulas antes de iniciar o processo;</li> <li>• Testar a estanqueidade do sistema antes de iniciar o processo;</li> <li>• Isolar/sinalizar a área;</li> <li>• Manter as frentes de trabalho próximas avisadas de possível emergência;</li> <li>• Operadores treinados para uso de EPI e Kit de emergência;</li> <li>• Avisar a equipe médica de plantão;</li> <li>• Submeter a mangueira a testes hidrostáticos periódicos.</li> </ul>

Quadro 11 - Planilha de HAZOP (continuação)

<b>Sistema:</b> Transferência de Produto Corrosivo do Caminhão para o Tanque			<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>
<b>Parâmetro:</b> vazão			<b>Nó:</b> 04		<b>Página:</b> 4/4
<b>Palavra Guia</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Deteção</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Providências</b>
Mais	Mais Vazão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Caminhão cheio, boca de visita aberta, válvulas (3) fechada e (2) aberta.</li> </ul>	Visual	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vazamento de ácido;</li> <li>• Esguichos de ácido;</li> <li>• Geração de resíduos químicos;</li> <li>• Gastos na descontaminação do local;</li> <li>• Danos à estrutura do caminhão.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instalar uma válvula a montante das válvulas (1) e (2), afastada do raio de ação de possíveis vazamentos de ácido, com característica de fechamento rápido;</li> <li>• Inspecionar o estado das válvulas antes de iniciar o processo.</li> </ul>

Quadro 12 – Planilha de APP

<b>Análise Preliminar de Perigo – APP</b>							
<b>Sistema:</b> Transferência de Produto Corrosivo (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) com caminhão para o tanque				<b>Equipe:</b>		<b>Data:</b>	
<b>Perigo</b>	<b>Causas</b>	<b>Conseqüências</b>	<b>Frequência</b>	<b>Severidade</b>	<b>Risco</b>	<b>Recomendações</b>	<b>Ref.</b>
Vazamento de produto corrosivo	Falha na vedação do tubo de inspeção	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Transbordamento do tanque de ácido com perda de produto;</li> <li>▪ Danos à estrutura do tanque;</li> <li>▪ Danos aos equipamentos atingidos;</li> <li>▪ Geração de resíduos químicos;</li> <li>▪ Gastos na manutenção do tanque e equipamentos;</li> <li>▪ Gastos na descontaminação do local;</li> <li>▪ Projeção de ácido sobre o comando das bombas.</li> </ul>	D	I	2	Vedar o tubo de inspeção com tampa rosqueada e juntas “o-ring”	1.1
	Trinca no tanque		B	II	1	Manutenção periódica	1.2
	Ruptura do tanque		A	IV	2	Manutenção periódica	1.3
	Furo (10% $\phi$ ) da tubulação		D	I	2	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Inspecionar a boca do caminhão, o estado da linha e das válvulas antes de iniciar o proc.;</li> <li>- Testar a estanqueidade do sistema antes de iniciar o processo;</li> <li>- Submeter a mangueira a testes hidrostáticos periódicos;</li> </ul>	1.4
	Ruptura da tubulação		C	II*	2		1.5
	Falhas nas válvulas e conexões		D	I	2		1.6

\* depende do diâmetro da tubulação

#### 4 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE APP E HAZOP

Uma breve análise comparativa entre as técnicas apresentadas neste trabalho, APP e HAZOP, está apresentada no Quadro 13.

<b>Quadro 13 - Análise comparativa entre as Técnicas APP e HAZOP</b>		
	<b>APP</b>	<b>HAZOP</b>
Metodologia	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Indutiva qualitativa</li> </ul>	
Objetivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificação de perigos genéricos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificação dos possíveis desvios das condições normais de operação</li> </ul>
Aplicação	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fase inicial do projeto</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Revisão geral de segurança de unidades em operação</li> </ul>	
Natureza dos Resultados	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fornece uma ordenação qualitativa dos cenários de acidentes identificados (priorização das medidas propostas para redução dos riscos da unidade analisada)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificação de todos os desvios acreditáveis que possam conduzir a eventos perigosos ou a problemas operacionais.</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Uma avaliação das conseqüências (efeitos) destes desvios sobre o processo.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Qualitativos, não fornecendo estimativas numéricas.</li> </ul>	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Geram informações úteis para análises subsequentes, principalmente, para Avaliação Quantitativa de Riscos.</li> </ul>	
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informa às causas que ocasionam cada um dos eventos e respectivas conseqüências.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sistemática, flexibilidade e abrangência para identificação de perigos e problemas operacionais.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Obtenção de uma avaliação qualitativa da severidade das conseqüências e frequências de ocorrência dos cenários e do risco associado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Maior entendimento, pelos membros da equipe, do funcionamento da unidade em condições normais e, principalmente, quando da ocorrência de desvios, funcionando a análise de forma análoga a um "simulador" de processo.</li> </ul>

### **Diferenças Básicas entre APP e HAZOP:**

APP → falha de equipamento (identifica perigos)

HAZOP → falha de processo (identifica desvios do processo)

Nem todo desvio é um perigo, mas todo perigo é um desvio.

A técnica APP pode ser considerada um subconjunto da técnica HAZOP

## **5 BIBLIOGRAFIA**

AGUIAR, L.A.A. *et al.* A Termelétrica de Santa Cruz: Laboratório Químico e Operações com Produtos Químicos na Área Industrial. Monografia do curso de Especialização em Eng. de Segurança do Trabalho UFRJ. Rio de Janeiro, 2001.

AIChE. Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis (2nd Edition). Center for Chemical Process Safety/AIChE, 2000.

ARENDDT, J. S. & LORENZO, D. K. Evaluating Process Safety in the Chemical Industry. A user's guide to quantitative risk analysis. AIChE, 2000.

CETESB. Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. São Paulo, 2003.

CHAVES, L.A. Análise de Risco Tecnológico para Indústria de Processos Químicos e Petroquímicos. Curso de Extensão, CEFET. Rio de Janeiro - RJ, 2002.

CROWL & LOUVAR. Chemical Process Safety: Fundamentals with Applications. Prentice Hall, 1990.

FULLWOOD, R. Probabilistic Safety Assessment in the Chemical and Nuclear Industries. Butterworth-Heinemann, 2000.

HESTER, R. E. & HARRISON, D. R. M. Risk Assessment and Risk Management. The Royal Society of Chemistry 1998.

LEES, F. P. Loss Prevention in the Process Industries. Hazard Identification, Assessment and Control. Second edition. Butterworth-Heinemann, 1996.

MELO, P.F.F.F. Análise de Riscos em Instalações Industriais. Curso de Mestrado em Eng. Nuclear. COPPE, UFRJ. Rio de Janeiro – RJ, 2003.

MOLAK, V. Fundamentals of Risk Analysis and Risk Management. CRC Press Inc, 1997.

SOUZA, E.A. O Treinamento Industrial e a Gerência de Riscos - Uma Proposta de Instrução Programada. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis - SC, 1995.

[http://www.eps.ufsc.br/disserta/evandro/capit\\_3/cap3\\_eva.htm](http://www.eps.ufsc.br/disserta/evandro/capit_3/cap3_eva.htm))

TWEEDDALE, M. Managing Risk and Reliability of Process Plants. Elsevier Science, 2003.