



**CETESB**

**COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL**

---

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL  
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez  
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros  
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

**TERMO DE REFERÊNCIA PARA  
A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS  
DE ANÁLISE DE RISCOS  
2000**

**PARTE II**

**TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ELABORAÇÃO DE  
ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS**

1. Introdução .....	2
2. Caracterização do empreendimento e da região .....	2
3. Identificação de perigos .....	4
3.1 Técnicas para identificação de perigos .....	4
3.1.1 Análise preliminar de perigos (APP) .....	4
3.1.2 Análise de perigos e operabilidade (HazOp) .....	5
4. Consolidação dos cenários acidentais .....	7
5. Estimativa de conseqüências e análise de vulnerabilidade .....	8
5.1 Condições atmosféricas .....	8
5.2 Topografia .....	9
5.3 Tempo de vazamento .....	10
5.4 Área da poça .....	10
5.5 Massa de vapor envolvida no cálculo de explosão confinada .....	10
5.6 Rendimento de explosão .....	10
5.7 Valores de referência .....	10
5.7.1 Substâncias inflamáveis .....	10
5.7.2 Substâncias tóxicas .....	11
5.8 Distâncias a serem consideradas .....	11
5.9 Apresentação dos resultados .....	12
5.9.1 Tabelas .....	12
5.9.2 Mapas .....	12
6. Estimativa de freqüências .....	13
7. Estimativa e avaliação de riscos .....	14

7.1 Risco social.....	14
7.2 Risco individual.....	17
7.3 Avaliação dos riscos .....	18
<b>8. Gerenciamento de riscos.....</b>	<b>19</b>
8.1 Informações de segurança de processo.....	20
8.2 Revisão dos riscos de processo .....	20
8.3 Gerenciamento de modificações.....	21
8.4 Manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos .....	21
8.5 Procedimentos operacionais.....	22
8.6 Capacitação de recursos humanos.....	22
8.7 Investigação de incidentes.....	23
8.8 Plano de Ação de Emergência (PAE).....	23
8.9 Auditorias.....	24
<b>9. Anexos.....</b>	<b>25</b>
9.1 Anexo I - Bibliografia Consultada.....	26

INSTITUTO DE CIÊNCIAS E SANEAMENTO AMBIENTAL  
 BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Figueira Garcez  
 Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros  
 05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

## **PARTE II**

### **TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS**

## 1. Introdução

O presente termo de referência tem por objetivo fornecer as orientações básicas para a elaboração de Estudos de Análise de Riscos (EAR) em atividades industriais, propiciando um entendimento geral sobre o tema, e ainda, apresentar a visão da CETESB no tocante à interpretação e avaliação do tema.

O termo de referência se aplica à avaliação dos riscos à população externa ao empreendimento, não contemplando, por exemplo, riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores ou danos aos bens patrimoniais das instalações analisadas. Os impactos ao meio ambiente serão avaliados caso a caso, de forma específica, porém tal avaliação não será feita com base no citado termo de referência.

Entende-se por conseqüências externas, os danos causados às pessoas (mortes ou lesões) nas áreas circunvizinhas, situadas além dos limites físicos da instalação.

O termo de referência aqui apresentado é único e deverá ser adotado independentemente do estágio em que se encontra um determinado empreendimento perante ao atual sistema de licenciamento ambiental vigente no Estado de São Paulo.

O EAR é constituído por seis etapas, a saber:

- Caracterização do empreendimento e da região;
- Identificação de perigos e consolidação dos cenários acidentais;
- Estimativa dos efeitos físicos e análise de vulnerabilidade;
- Estimativa de frequências;
- Estimativa e avaliação de riscos;
- Gerenciamento de riscos.

A Figura 2 apresenta a sequência de desenvolvimento dessas etapas.

## 2. Caracterização do empreendimento e da região

O primeiro passo para a realização do estudo de análise de riscos é a compilação de dados relativos às características do empreendimento, necessários para o desenvolvimento do trabalho.

Esses dados são de especial importância para que seja possível caracterizar o empreendimento, contemplando seus aspectos construtivos e operacionais, além das peculiaridades da região onde o mesmo se encontra ou será instalado.

A caracterização do empreendimento deverá incluir o levantamento dos seguintes dados:

- localização e descrição física e geográfica da região, incluindo mananciais, áreas litorâneas, sistemas viários e cruzamentos e/ou interferências com outros sistemas existentes, entre outros aspectos;

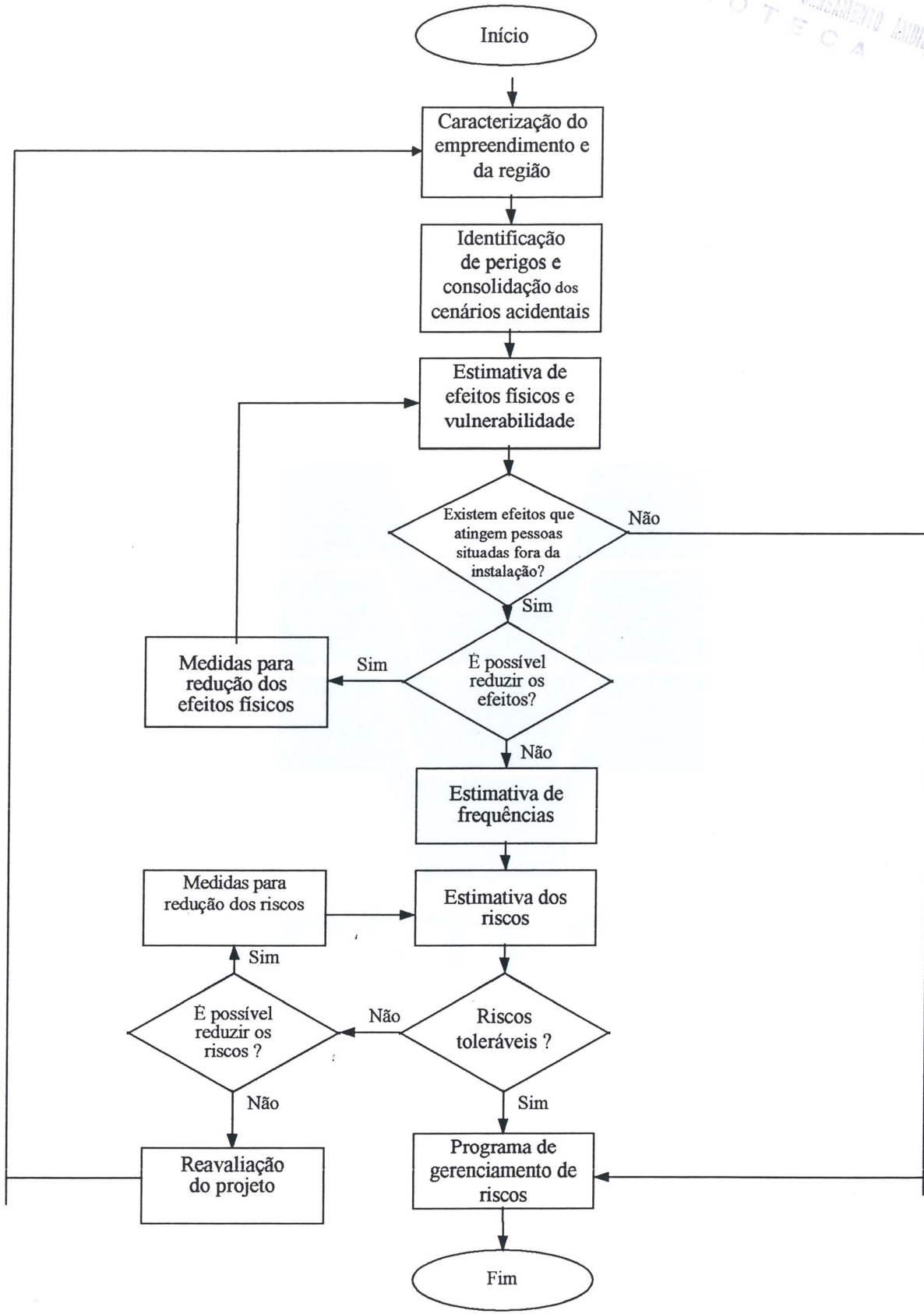


Figura 2 - Etapas para a elaboração de estudos de análise de riscos

- distribuição populacional da região;
- descrição física e lay-out, em escala, da instalação;
- carta planialtimétrica ou fotos aéreas que apresentem a circunvizinhança ao redor da instalação;
- características climáticas e meteorológicas da região;
- substâncias químicas identificadas através de nomenclatura oficial e número CAS, incluindo quantidades, formas de movimentação, armazenamento e manipulação, contemplando suas características físico-químicas e toxicológicas. Devem ser consideradas as matérias-primas, produtos auxiliares, intermediários e acabados, bem como resíduos, insumos e utilidades;
- descrição do processo e rotinas operacionais;
- apresentação de plantas baixas das unidades e fluxogramas de processos, de instrumentação e de tubulações;
- sistemas de proteção e segurança.

### 3. Identificação de perigos

A identificação de perigos é a segunda etapa a ser desenvolvida no estudo de análise de riscos e consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a identificação das possíveis seqüências de acidentes, para a definição dos cenários acidentais a serem estudados de forma detalhada.

Muitas são as técnicas disponíveis para a realização desta atividade e, dependendo do empreendimento a ser analisado e do detalhamento necessário, deve-se utilizar as metodologias mais adequadas para o caso em estudo.

Esta etapa poderá ser precedida da elaboração de uma análise histórica de acidentes, com vista a subsidiar a identificação dos perigos na instalação em estudo.

#### 3.1 Técnicas para identificação de perigos

Várias são as técnicas que podem ser utilizadas para a identificação de perigos numa instalação industrial. Entre as diversas técnicas utilizadas para a identificação de perigos, as mais comumente utilizadas, e aqui apresentadas, são:

- Análise Preliminar de Perigos (APP);
- Análise de Perigos e Operabilidade (*Hazard and Operability Analysis - HazOp*).

No entanto, outras técnicas, como por exemplo, “E se ?” (*What If ?*) e Análise de Modos de Falhas e Efeitos (AMFE), entre outras, poderão ser utilizadas, desde que adequadas à instalação em estudo.

##### 3.1.1 Análise Preliminar de Perigos (APP)

A APP - Análise Preliminar de Perigos (*PHA - Preliminary Hazard Analysis*) é uma técnica que teve origem no programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos EUA. Trata-se de uma técnica estruturada que tem por objetivo identificar os perigos presentes numa instalação, que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis.

Esta técnica pode ser utilizada em instalações na fase inicial de desenvolvimento, nas etapas de projeto ou mesmo em unidades já em operação, permitindo, nesse caso, a realização de um revisão dos aspectos de segurança existentes.

A APP deve focalizar todos os eventos perigosos cujas falhas tenham origem na instalação em análise, contemplando tanto as falhas intrínsecas de equipamentos, de instrumentos e de materiais, como erros humanos. Na APP devem ser identificados os perigos, as causas e os efeitos (conseqüências) e as categorias de severidade correspondentes (Tabela 7), bem como as observações e recomendações pertinentes aos perigos identificados, devendo os resultados ser apresentados em planilha padronizada. A Figura 3 apresenta um exemplo de planilha para a realização da APP.

PERIGO	CAUSA	EFEITO	CATEGORIA DE SEVERIDADE	OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

Figura 3 – Exemplo de planilha para APP

### 3.1.2 Análise de Perigos e Operabilidade (*HazOp*)

A Análise de Perigos e Operabilidade é uma técnica para identificação de perigos projetada para estudar possíveis desvios (anomalias) de projeto ou na operação de uma instalação.

O HazOp consiste na realização de uma revisão da instalação, a fim de identificar os perigos potenciais e/ou problemas de operabilidade por meio de uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar discute metodicamente o projeto da instalação. O líder da equipe orienta o grupo através de um conjunto de *palavras-guias* que focalizam os desvios dos *parâmetros* estabelecidos para o processo ou operação em análise.

Essa análise requer a divisão da planta em pontos de estudo (*nós*) entre os quais existem componentes como bombas, vasos e trocadores de calor, entre outros.

**Tabela 7 - APP - Categorias de Severidade**

<b>CATEGORIA DE SEVERIDADE</b>	<b>EFEITOS</b>
I – Desprezível	Nenhum dano ou dano não mensurável.
II – Marginal	Danos irrelevantes ao meio ambiente e à comunidade externa.
III – Crítica	Possíveis danos ao meio ambiente devido a liberações de substâncias químicas, tóxicas ou inflamáveis, alcançando áreas externas à instalação. Pode provocar lesões de gravidade moderada na população externa ou impactos ambientais com reduzido tempo de recuperação.
IV – Catastrófica	Impactos ambientais devido a liberações de substâncias químicas, tóxicas ou inflamáveis, atingindo áreas externas às instalações. Provoca mortes ou lesões graves na população externa ou impactos ao meio ambiente com tempo de recuperação elevado.

A equipe deve começar o estudo pelo início do processo, prosseguindo a análise no sentido do seu fluxo natural, aplicando as palavras-guias em cada nó de estudo, possibilitando assim a identificação dos possíveis desvios nesses pontos.

Alguns exemplos de palavras-guias, parâmetros de processo e desvios, estão apresentados nas Tabelas 8 e 9.

A equipe deve identificar as causas de cada desvio e, caso surja uma consequência de interesse, devem ser avaliados os sistemas de proteção para determinar se estes são suficientes. A técnica é repetida até que cada seção do processo e equipamento de interesse tenham sido analisados.

Em instalações novas o HazOp deve ser desenvolvido na fase em que o projeto se encontra razoavelmente consolidado, pois o método requer consultas a desenhos, P&ID's e plantas de disposição física da instalação, entre outros documentos.

**Tabela 8 - Palavras-guias**

<b>Palavra-guia</b>	<b>Significado</b>
Não	Negação da intenção de projeto
Menor	Diminuição quantitativa
Maior	Aumento quantitativo
Parte de	Diminuição qualitativa
Bem como	Aumento qualitativo
Reverso	Oposto lógico da intenção de projeto
Outro que	Substituição completa

**Tabela 9 – Parâmetros, palavras-guias e desvios**

<b>Parâmetro</b>	<b>Palavra-guia</b>	<b>Desvio</b>
Fluxo	Não Menor Maior Reverso	Sem fluxo Menos fluxo Mais fluxo Fluxo reverso
Pressão	Menor Maior	Pressão baixa Pressão alta
Temperatura	Menor Maior	Baixa temperatura Alta temperatura
Nível	Menor Maior	Nível baixo Nível alto

Os principais resultados obtido do HazOp são:

- identificação de desvios que conduzem a eventos indesejáveis;
- identificação das causas que podem ocasionar desvios do processo;
- avaliação das possíveis conseqüências geradas por desvios operacionais;
- recomendações para a prevenção de eventos perigosos ou minimização de possíveis conseqüências.

A Figura 4 apresenta um exemplo de planilha utilizada para o desenvolvimento da análise de perigos e operabilidade.

<b>Palavra-Guia</b>	<b>Parâmetro</b>	<b>Desvio</b>	<b>Causas</b>	<b>Efeitos</b>	<b>Observações e Recomendações</b>

**Figura 4 – Exemplo de planilha para HazOp**

#### **4. Consolidação dos cenários acidentais**

Identificados os perigos da instalação em estudo, devem ser claramente elencados os cenários acidentais considerados, os quais serão estudados detalhadamente nas etapas posteriores do trabalho.

Para tanto, deve-se estabelecer claramente o critério considerado para a escolha dos cenários acidentais considerados relevantes, levando-se em conta a severidade do dano decorrente da falha identificada.

Assim, por exemplo, caso a técnica de identificação de perigos utilizada tenha sido a APP, todos os perigos classificados em categorias de severidade III e IV deverão ser contemplados na lista de cenários acidentais a serem estudados nas etapas posteriores do estudo. Já, na aplicação de outras técnicas, como HazOp, AMFE e *What If*, entre outras, o analista deve deixar claro o critério utilizado para a definição dos cenários acidentais escolhidos como relevantes.

## 5. Estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade

A estimativa dos efeitos físicos decorrentes de cenários acidentais envolvendo substâncias inflamáveis deverá ser precedida da elaboração de *Árvores de Eventos* para a definição das diferentes tipologias acidentais.

A *Análise de Árvores de Eventos (AAE)* deverá descrever a seqüência dos fatos que possam se desenvolver a partir do cenário acidental em estudo, prevendo situações de sucesso ou falha, de acordo com as interferências existentes, até a conclusão das mesmas com a definição das diferentes tipologias acidentais. As interferências a serem consideradas devem contemplar ações, situações ou mesmo equipamentos existentes ou previstos no sistema em análise, as quais se relacionam com o evento inicial da árvore e que possam acarretar diferentes “caminhos” para o desenvolvimento da ocorrência, gerando portanto diferentes tipos de fenômenos.

A estimativa dos efeitos físicos deverá ser realizada através da aplicação de modelos matemáticos que efetivamente representem os fenômenos em estudo, de acordo com os cenários acidentais identificados e com as características e comportamento das substâncias envolvidas.

Os modelos a serem utilizados deverão simular a ocorrência de liberações de substâncias inflamáveis e tóxicas, de acordo com as diferentes tipologias acidentais.

Para uma correta interpretação dos resultados, esses modelos requerem uma série de informações que devem estar claramente definidas. Portanto, neste capítulo estão definidos os pressupostos que deverão ser adotados para o desenvolvimento dessa etapa do estudo de análise de riscos, bem como a forma de apresentação dos resultados. Qualquer alteração nos dados aqui apresentados, deverá ser claramente justificada.

Deve-se ressaltar que todos os dados utilizados na realização das simulações deverão ser acompanhados das respectivas memórias de cálculo, destacando-se, entre outros, os cálculos das taxas de vazamento, as áreas de poças e as massas das substâncias envolvidas na dispersões e explosões de nuvens de gás ou vapor.

### 5.1 Condições atmosféricas :

Nos estudos de análise de riscos deverão ser utilizados, dados meteorológicos reais do local em estudo, quando estes estiverem disponíveis, devendo-se considerar, no mínimo, os dados dos últimos três anos, considerando:

- temperatura ambiente, velocidade do vento e umidade relativa do ar: adotar a média para os períodos diurno e noturno;
- categoria de estabilidade atmosférica (Pasquill): adotar aquelas compatíveis com as velocidades de vento para os períodos diurno e noturno, de acordo com a Tabela 10;
- direção do vento: adotar pelo menos oito direções com suas respectivas probabilidades de ocorrência.

A temperatura do solo deverá ser considerada como sendo de 5 °C acima da temperatura ambiente.

Quando as informações meteorológicas reais não estiverem disponíveis, deverão ser adotados os seguintes dados:

Período diurno:

- temperatura ambiente: 25 °C;
- velocidade do vento: 3,0 m/s;
- categoria de estabilidade atmosférica: C;
- umidade relativa do ar: 80 %;
- direção do vento: considerar a distribuição uniforme (12,5 %) em oito direções.

Período noturno:

- temperatura ambiente: 20 °C;
- velocidade do vento: 2,0 m/s;
- categoria de estabilidade atmosférica: E;
- umidade relativa do ar: 80 %;
- direção do vento: considerar a distribuição uniforme (12,5 %) em oito direções.

## 5.2 Topografia

O parâmetro relacionado com a topografia de uma região é denominado rugosidade da superfície do solo, o qual considera a presença de obstáculos, tais como aqueles encontrados em áreas urbanas, industriais ou rurais.

**Tabela 10 – Categorias de estabilidade em função das condições atmosféricas<sup>(\*)</sup>**

Velocidade do vento (V) a 10 m (m/s)	Período diurno			Período noturno	
	Insolação			Nebulosidade	
	Forte	Moderada	Fraca	Parcialmente encoberto	Encoberto
$V \leq 2$	A	A – B	B	F	F
$2 < V \leq 3$	A – B	B	C	E	F
$3 < V \leq 5$	B	B – C	C	D	E
$5 < V \leq 6$	C	C – D	D	D	D
$V > 6$	C	D	D	D	D

(\*) Adaptado de Gifford, 1976.

A – extremamente instável; B – moderadamente instável; C – levemente instável; D – neutra; E – levemente estável; F – moderadamente estável.

Os valores típicos de rugosidade para diferentes superfícies que deverão ser adotados são:

- superfície marítima: 0,06;
- área plana com poucas árvores: 0,07;
- área rural aberta: 0,09;
- área pouco ocupada: 0,11;
- área de floresta ou industrial: 0,17;
- área urbana: 0,33.

### 5.3 Tempo de vazamento

Nos casos dos vazamentos estudados deverá ser considerado um tempo mínimo de detecção e intervenção de dez minutos.

### 5.4 Área de poça

Nos reservatório onde existam bacias de contenção, a área da poça deverá ser aquela equivalente à área delimitada pelo dique, desde que a quantidade de substância envolvida no vazamento seja suficiente para ocupar toda essa área.

Para os reservatórios sem bacia de contenção, a área de espalhamento da substância deverá ser estimada considerando-se uma altura de 3 (três) cm.

### 5.5 Massa de vapor envolvida no cálculo de explosão confinada

Para a estimativa da massa de vapor existente no interior de um recipiente deverá ser considerada a fase vapor correspondente a, no mínimo, 50 % do volume útil do recipiente.

### 5.6 Rendimento de explosão

Caso o modelo utilizado para cálculo da sobrepressão proveniente de uma explosão requeira o rendimento da mesma, esse valor não deverá ser inferior a 10 %, quando a massa considerada no cálculo da explosão for aquela dentro dos limites de inflamabilidade.

Para as substâncias altamente reativas, tais como o acetileno e óxido de eteno, deverá ser utilizado rendimento não inferior a 20 %.

A utilização de outros valores que não os aqui citados deve ser respaldada por literatura técnica reconhecida e atualizada.

### 5.7 Valores de referência

#### 5.7.1 Substâncias inflamáveis

O valor de referência a ser utilizado no estudo de dispersão deverá ser a concentração correspondente ao *Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)*.

Para o *flashfire* deverá ser considerado que, na área ocupada pela nuvem de vapor inflamável (delimitada pelo *LII*), o nível de radiação térmica corresponderá a uma probabilidade de 100 % de fatalidade.

Para os casos de incêndios (jato, poça e *fireball*), os níveis de radiação térmica a serem adotados deverão ser de 12,5 kW/m<sup>2</sup> e 37,5 kW/m<sup>2</sup>, os quais representam, respectivamente, uma probabilidade de 1 % e de 50 % de fatalidade da população afetada, para tempos de exposição de 30 e 20 segundos.

Para os casos de sobrepressões decorrentes de explosões (*CVE*, *UVCE* e *BLEVE*), deverão ser adotados os valores de 0,1 e 0,3 bar; o primeiro representa danos reparáveis às estruturas (paredes, portas, telhados) e, portanto, perigo à vida, correspondendo à probabilidade de 1 % de fatalidade das pessoas expostas. O valor de 0,3 bar representa a sobrepressão que provoca danos graves às estruturas (prédios e equipamentos) e, portanto, representa perigo à vida, correspondendo à probabilidade de 50 % de fatalidade.

### 5.7.2 Substâncias tóxicas

Para as substâncias tóxicas cuja função matemática do tipo *PROBIT* esteja desenvolvida, deverão ser adotados como valores de referência as concentrações tóxicas que correspondem às probabilidades de 1 % e 50 % de fatalidade para um tempo de exposição de pelo menos 10 (dez) minutos nos casos de liberações contínuas.

Para as liberações instantâneas, caso esse tempo seja inferior, a concentração de referência deverá ser calculada mantendo-se as probabilidades de 1 % e 50 % de fatalidade para o tempo de passagem da nuvem.

### 5.8 Distâncias a serem consideradas

Para cada cenário acidental estudado as distâncias a serem apresentadas deverão sempre serem consideradas a partir do ponto onde ocorreu a liberação da substância.

Para os cenários acidentais envolvendo incêndios, as distâncias de interesse são aquelas correspondentes aos níveis de radiação térmica de 12,5 kW/m<sup>2</sup> e 37,5 kW/m<sup>2</sup>.

No caso de *flashfire* a distância de interesse será aquela atingida pela nuvem de concentração referente ao *Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)*. Ressalta-se que a área de interesse do *flashfire* é aquela determinada pelo contorno da nuvem nessa concentração.

Para o evento explosão não confinada de nuvem de vapor na atmosfera (*UVCE*), a distância a ser considerada para os níveis de 0,1 bar e 0,3 bar de sobrepressão deverá ser aquela fornecida pelo modelo de cálculo da explosão utilizado, acrescida da distância equivalente ao ponto médio da nuvem inflamável.

Para o evento explosão confinada, a distância a ser considerada para os citados níveis de sobrepressão, deverá ser aquela fornecida pelo modelo de cálculo utilizado, medida a partir do centro do recipiente em questão. Quando forem utilizados modelos de multi-energia, o ponto da explosão deverá ser o centro geométrico da área parcialmente confinada.

Já, para os cenários envolvendo a dispersão de nuvens tóxicas na atmosfera, a distância apresentada deverá ser aquela correspondente à concentração utilizada como referência, conforme apresentado no item 5.7.2.

## 5.9 Apresentação dos resultados

### 5.9.1 Tabelas

Para cada um dos cenários acidentais considerados no estudo deverão ser apresentados, de forma clara, os dados de entrada, como pressão, temperatura, área de furo ou ruptura, área do dique e quantidade vazada, entre outros, bem como os dados meteorológicos assumidos.

Os resultados deverão ser tabelados de forma a relacionar os valores de referência adotados e as respectivas distâncias atingidas pelos mesmos.

A seguir apresenta-se algumas sugestões da forma de apresentação dos dados de entrada (Tabela 11) e dos resultados (Tabelas 12 e 13) para um determinado cenário acidental.

### 5.9.2 Mapas

Os resultados dos efeitos físicos decorrentes de cada um dos cenários acidentais deverá ser plotado em carta planialtimétrica atualizada em escala 1:10.000, quando as dimensões da instalação forem compatíveis com a escala, de forma que se tenha uma clara visualização do empreendimento e do seu entorno. Caso contrário, deverá ser utilizada uma escala maior mais adequada.

O mapeamento deverá ser acompanhado da interpretação dos resultados obtidos, isto é, deverão ser relacionadas as áreas afetadas, as quais deverão estar devidamente caracterizadas, ou seja, deverão conter informações sobre os tipos de edificações (residenciais, industriais ou comerciais) presentes nas áreas de risco e o número e tipos de pessoas atingidas, entre outras informações relevantes.

**Tabela 11 – Exemplo – Dados de entrada**

<b>Parâmetro</b>	<b>Valor</b>
Substância	
Velocidade do vento (m/s)	
Categoria de estabilidade atmosférica	
Umidade relativa do ar (%)	
Rugosidade da superfície do solo	
Temperatura ambiente (°C)	
Temperatura do solo (°C)	
Rendimento da explosão (%)	
Valor de referência	
Diâmetro do furo de vazamento (m)	
Área do dique de contenção (m <sup>2</sup> )	
Quantidade vazada (kg)	
Vazão da bomba (m <sup>3</sup> /h)	
Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Altura do ponto de vazamento (m)	

**Tabela 12 – Exemplo – Resultados – Gás tóxico**

Parâmetro	Valor
Taxa de vazamento (kg/s)	
Distância (m) para concentração que causa 1 % de probabilidade de fatalidade para uma exposição de 10 min (CL <sub>1,10</sub> )	
Distância (m) para concentração que causa 50 % de probabilidade de fatalidade para uma exposição de 10 min (CL <sub>1,50</sub> )	

**Tabela 13 – Exemplo – Resultados – Líquido inflamável**

Parâmetro	Valor
Taxa de vazamento (kg/s)	
Área da poça (m <sup>2</sup> )	
Taxa de evaporação (kg/s)	
Incêndio de Poça	Distância (m) para 12,5 kW/m <sup>2</sup>
	Distância (m) para 37,5 kW/m <sup>2</sup>
Massa inflamável (kg)	
Flashfire	Distância (m) para o L.I.I.
UVCE	Distância (m) para 0,1 bar
	Distância (m) para 0,3 bar

## 6. Estimativa de frequências

Nas instalações em que os efeitos físicos extrapolem os limites da empresa e possam afetar pessoas, os riscos do empreendimento deverão ser calculados; para tanto, deverão ser estimadas as frequências de ocorrência dos cenários acidentais identificados.

Em alguns estudos de análise de riscos as frequências de ocorrência dos cenários acidentais poderão ser estimadas através de registros históricos constantes de bancos de dados ou de referências bibliográficas, desde que efetivamente tenham representatividade para o caso em estudo. No entanto, de acordo com a complexidade da instalação em análise, pode haver a necessidade de ser utilizada a *Análise de Árvores de Falhas (AAF)* para a estimativa das frequências.

A Análise de Árvore de Falhas é uma técnica dedutiva que permite identificar as causas básicas de acidentes e de falhas num determinado sistema, além de possibilitar também a estimativa da frequência com que uma determinada falha pode ocorrer.

Além dos aspectos acima mencionados, a estimativa das frequências de ocorrência dos eventos iniciadores deverá também considerar a aplicação de técnicas de confiabilidade humana para a avaliação das probabilidades de erros humanos que possam contribuir para a ocorrência dos cenários acidentais.

No caso de dutos, a estimativa das frequências de ocorrência de uma determinada tipologia acidental (*flashfire*, *UVCE*, dispersão, etc), normalmente expressas em ocorrências/km.ano, deverá considerar as distâncias correspondentes às curvas de probabilidade de 50% e 1% de fatalidade para os diversos trechos do duto, estabelecidos a partir de condições operacionais médias (pressão, vazão, temperatura, etc). Dessa forma, no cálculo da frequência deverá ser levada em consideração a extensão do trecho em questão, não devendo portanto ser adotada a extensão total do duto ou o intervalo entre válvulas.

## 7. Estimativa e avaliação de riscos

A estimativa e avaliação dos riscos de um empreendimento depende de uma série de variáveis, por vezes pouco conhecidas e cujos resultados podem apresentar diferentes níveis de incerteza. Isto decorre principalmente de que não se pode determinar todos os riscos existentes ou possíveis de ocorrer numa instalação e também da escassez de informações neste campo.

De acordo com a visão da CETESB, os riscos a serem avaliados devem contemplar o levantamento de possíveis vítimas fatais, bem como os danos à saúde da comunidade existente nas circunvizinhanças do empreendimento.

Sendo o risco uma função que relaciona as frequências de ocorrências de cenários acidentais e suas respectivas conseqüências, em termos de danos ao homem, pode-se, com base nos resultados quantitativos obtidos nas etapas anteriores do estudo, estimar o risco de um empreendimento.

Assim, nos estudos de análise de riscos submetidos à CETESB, cujos cenários acidentais extrapolem os limites do empreendimento e possam afetar pessoas, os riscos deverão ser estimados e apresentados nas formas de Risco Social e Risco Individual.

### 7.1 Risco social

O *risco social* refere-se ao risco para um determinado número ou agrupamento de pessoas expostas aos danos decorrentes de um ou mais cenários acidentais.

A forma de apresentação do *risco social* deverá ser feita através da curva F-N, obtida por meio da plotagem dos dados de frequência acumulada do evento final e seus respectivos efeitos representados em termos de número de vítimas fatais.

A estimativa do *risco social* num estudo de análise de riscos requer as seguintes informações:

- tipo de população (residências, estabelecimentos comerciais, indústrias, áreas rurais, escolas, hospitais, etc);
- efeitos em diferentes períodos (diurno e noturno) e respectivas condições meteorológicas, para o adequado dimensionamento do número de pessoas expostas;
- características das edificações onde as pessoas se encontram, de forma que possam ser levadas em consideração eventuais proteções.

Diferentes distribuições ou características das pessoas expostas podem ser consideradas na estimativa dos riscos por intermédio de simplificações, por exemplo, através do uso de dados médios de distribuição populacional; no entanto, deve-se estar atento quanto ao emprego dessas generalizações, as quais podem induzir a erros significativos na estimativa dos riscos, razão pela

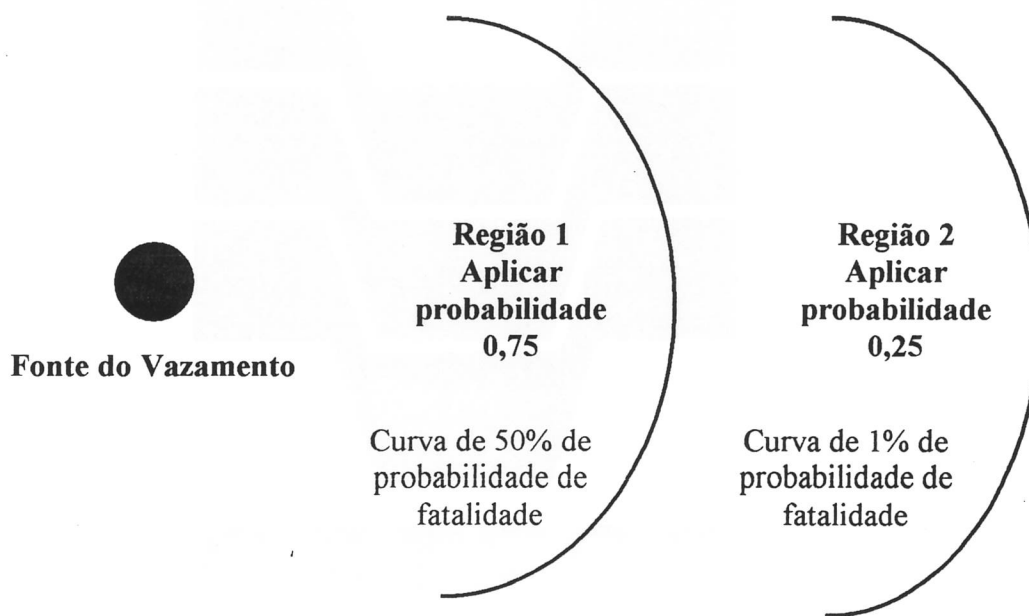
qual esses procedimentos devem ser tratados com a devida cautela. Ressalta-se que os dados oriundos de censos de densidade demográfica em áreas urbanas não devem ser utilizados para a estimativa da população exposta numa determinada área.

Para cada tipologia accidental deverá ser estimado o número provável de vítimas fatais, de acordo com as probabilidades de fatalidades associadas aos efeitos físicos e em função das pessoas expostas nas oito direções de vento, considerando-se em cada uma destas direções as duas velocidades médias de vento, correspondentes aos períodos diurno e noturno.

A estimativa do número de vítimas fatais poderá ser realizada, considerando-se probabilidades médias de morte, conforme segue:

- aplicar a probabilidade de 75% para as pessoas expostas entre a fonte do vazamento e a curva de probabilidade de fatalidade de 50%;
- aplicar a probabilidade de 25% para as pessoas expostas entres a curva com probabilidades de fatalidade de 50% e 1%.

A Figura 6 facilita a compreensão do acima exposto.



**Figura 6 - Estimativa do número de vítimas para o cálculo do risco social**

Considerando o anteriormente exposto, o número de vítimas fatais para cada um dos eventos finais poderá ser estimado, conforme segue:

$$N_{ik} = Ne_{k1} \cdot 0,75 + Ne_{k2} \cdot 0,25$$

Onde:

$N_{ik}$  = número de fatalidades resultante do evento final  $i$ ;

- $N_{ek1}$  = número de pessoas presentes e expostas no quadrante k até a distância delimitada pela curva correspondente à probabilidade de fatalidade de 50%;
- $N_{ek2}$  = número de pessoas presentes e expostas no quadrante k até a distância delimitada pela curva correspondente à probabilidade de fatalidade de 1%.

Para o caso de *flashfire*, o número de pessoas expostas é o correspondente a 100% do número das pessoas presentes sobre a nuvem até o limite da curva correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII); assim tem-se:

$$N_{ik} = N_{ek}$$

Onde:

- $N_{ik}$  = número de fatalidades resultante do evento final i;
- $N_{ek}$  = número de pessoas presentes no quadrante k até a distância delimitada pela curva correspondente ao LII.

Para cada um dos eventos considerados no estudo deve ser estimada a frequência final de ocorrência, considerando-se as probabilidades correspondentes a cada caso, como por exemplo incidência do vento no quadrante, probabilidade de ignição e fator de proteção, entre outras; assim, tomando como o exemplo a liberação de uma substância inflamável, a frequência de ocorrência do evento final i poderá ser calculada da seguinte forma:

$$F_i = f_i \cdot p_p \cdot p_k \cdot p_i$$

Onde:

- $F_i$  = frequência de ocorrência do evento final i;
- $f_i$  = frequência de ocorrência do evento i;
- $p_p$  = probabilidade correspondente ao fator de proteção;
- $p_k$  = probabilidade do vento soprar no quadrante k;
- $p_i$  = probabilidade de ignição.

O número de pessoas afetadas por todos os eventos finais deve ser determinado, resultando numa lista do número de fatalidades, com as respectivas frequências de ocorrência. Esses dados devem então ser trabalhados em termos de frequência acumulada, possibilitando assim que a curva F-N seja construída; assim, tem-se:

$$F_N = \sum F_i \text{ para todos os efeitos decorrentes do evento final i para os quais } N_i \geq N$$

Onde:

- $F_N$  = frequência de ocorrência de todos os efeitos dos eventos finais que afetam N ou mais pessoas;
- $F_i$  = frequência de ocorrência de todos os efeitos causados pelo evento final i;
- $N_i$  = número de pessoas afetadas pelos efeitos decorrentes do evento final i.

## 7.2 Risco individual

O *risco individual* pode ser definido como o risco para uma pessoa presente na vizinhança de um perigo, considerando a natureza do dano que pode ocorrer e o período de tempo em que o mesmo pode acontecer.

Os danos às pessoas podem ser expressos de diversas formas, embora as injúrias sejam mais difíceis de serem avaliadas, dada a indisponibilidade de dados estatísticos para serem utilizados em critérios comparativos de riscos; assim, o risco deverá ser estimado em termos de danos irreversíveis ou fatalidades.

O risco individual pode ser estimado para um indivíduo mais exposto a um perigo, para um grupo de pessoas ou para uma média de indivíduos presentes na zona de efeito. Para um ou mais acidentes o risco individual tem diferentes valores.

A apresentação do risco individual deverá ser feita através de curvas de iso-risco (contornos de risco individual), uma vez que estas possibilitam visualizar a distribuição geográfica do risco em diferentes regiões. Assim, o contorno de um determinado nível de risco individual deverá representar a frequência esperada de um evento capaz de causar um dano num local específico.

Para o cálculo do risco individual num determinado ponto da vizinhança de uma planta industrial, pode-se assumir que as contribuições de todos os eventos possíveis são somados. Dessa forma, o risco individual total num determinado ponto pode ser calculado pelo somatório de todos os riscos individuais nesse ponto, conforme apresentado a seguir:

$$RI_{x,y} = \sum_{i=1}^n RI_{x,y,i}$$

Onde:

$RI_{x,y}$  = risco individual total de fatalidade no ponto  $x,y$ ;  
(chance de fatalidade por ano ( $\text{ano}^{-1}$ ))

$RI_{x,y,i}$  = risco de fatalidade no ponto  $x,y$  devido ao evento  $i$ ;  
(chance de fatalidade por ano ( $\text{ano}^{-1}$ ))

$n$  = número total de eventos considerados na análise.

Os dados de entrada na equação anterior são calculados a partir da equação que segue:

$$RI_{x,y,i} = f_i \cdot p_{fi}$$

Onde:

$RI_{x,y,i}$  = risco de fatalidade no ponto  $x,y$  devido ao evento  $i$ ;  
(chance de fatalidade por ano ( $\text{ano}^{-1}$ ))

$f_i$  = frequência de ocorrência do evento  $i$ ;

$p_{fi}$  = probabilidade que o evento  $i$  resulte em fatalidade no ponto  $x,y$ , de acordo com os efeitos resultantes das conseqüências esperadas.

### 7.3 Avaliação dos riscos

A avaliação dos riscos ao ser humano, impostos por um empreendimento, depende de uma série de variáveis, cujo resultado pode apresentar um nível razoável de incerteza, decorre principalmente da escassez de informações neste campo.

A análise comparativa de riscos requer o estabelecimento de níveis de risco (limites), a serem utilizados como referências que permitam comparar situações muitas vezes diferenciadas.

O estabelecimento desses níveis envolve a discussão da tolerabilidade dos riscos, a qual depende de um julgamento por vezes subjetivo e pessoal, envolvendo temas complexos, como por exemplo, a percepção dos riscos, que varia consideravelmente de indivíduo para indivíduo.

Apesar dessas dificuldades, a definição de critérios de tolerabilidade de riscos é importante na medida em que há a necessidade de se avaliar os empreendimentos com potencial para causar danos à população, decorrentes de acidentes envolvendo produtos perigosos.

Assim, independentemente das limitações existentes, foi realizado um amplo levantamento dos critérios internacionais atualmente vigentes (Reino Unido, Holanda, Hong Kong, Austrália, Estados Unidos e Suíça), a partir dos quais foram estabelecidos os critérios de tolerabilidade para os riscos social e individual, assumindo-se valores médios entre os critérios pesquisados.

A Figura 7 apresenta a curva F-N adotada como critério para a avaliação do risco social.

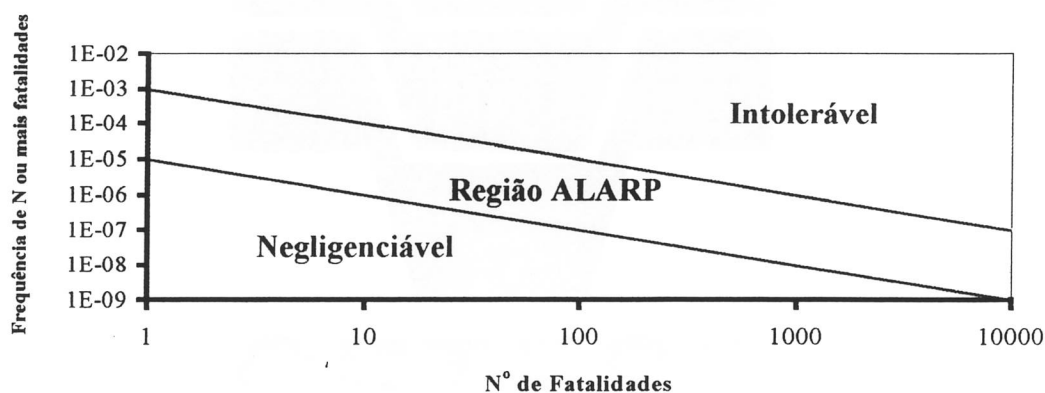


Figura 7 – Curva F-N de tolerabilidade para risco social

Os riscos situados na região entre as curvas limites dos riscos intoleráveis e negligenciáveis, denominada *ALARP* (*As Low As Reasonably Practicable*), embora situados abaixo da região de intolerabilidade, devem ser reduzidos tanto quanto praticável.

Para o risco individual foram estabelecidos os seguintes limites:

- Risco máximo tolerável:  $1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$ ;
- Risco negligenciável:  $< 1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1}$ .

Para a aprovação do empreendimento, deverão ser atendidos os critérios de risco social e individual conjuntamente, ou seja, a curva de risco social e o risco individual deverão estar situados na região negligenciável ou na região ALARP.

Entretanto, nos casos em que o risco social for considerado atendido mas o risco individual for maior que o risco máximo tolerável, a CETESB, após avaliação específica, poderá considerar o empreendimento aprovado, uma vez que o enfoque principal na avaliação dos riscos está voltado aos impactos decorrentes de acidentes maiores, afetando portanto agrupamentos de pessoas, sendo portanto o risco social o índice prioritário nesta avaliação.

Nos estudos de análise de riscos em dutos, os riscos deverão ser avaliados somente a partir do risco individual, de acordo com os seguintes critérios:

- Risco máximo tolerável:  $1 \times 10^{-4} \text{ ano}^{-1}$ ;
- Risco negligenciável:  $< 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$ .

O conceito da região denominada *ALARP (As Low As Reasonably Practicable)* também se aplica na avaliação do risco individual; assim, os valores de riscos situados na região entre os limites tolerável e negligenciável, também deverão ser reduzidos tanto quanto praticável.

## 8. Gerenciamento de riscos

As recomendações e medidas resultantes do estudo de análise e avaliação de riscos para a redução das frequências e conseqüências de eventuais acidentes devem ser consideradas como partes integrantes do processo de gerenciamento de riscos; entretanto, independentemente da adoção dessas medidas, uma instalação que possua substâncias ou processos perigosos deve ser operada e mantida, ao longo de sua vida útil, dentro de padrões considerados toleráveis, razão pela qual um *Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR)* deve ser implementado e considerado nas atividades, rotineiras ou não, de uma planta industrial.

Embora as ações previstas no *PGR* devam contemplar todas as operações e equipamentos, o programa deve considerar os aspectos críticos identificados no estudo de análise de riscos, de forma que sejam priorizadas as ações de gerenciamento dos riscos, a partir de critérios estabelecidos com base nos cenários acidentais de maior relevância.

O objetivo do *PGR* é prover uma sistemática voltada para o estabelecimento de requisitos contendo orientações gerais de gestão, com vista à prevenção de acidentes, razão pela qual deverá contemplar as seguintes atividades:

- informações de segurança de processo;
- revisão dos riscos de processos;
- gerenciamento de modificações;
- manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos;
- procedimentos operacionais;
- capacitação de recursos humanos;
- investigação de incidentes;
- plano de ação de emergência (PAE);
- auditorias.

No âmbito do licenciamento ambiental, o *PGR* é parte integrante do processo de avaliação do estudo de análise de riscos. Dessa forma, as empresas em avaliação pelo órgão ambiental

deverão apresentar um relatório contendo as diretrizes do *PGR*, no qual deverão estar claramente relacionadas as atribuições, as atividades e os documentos de referência, tais como normas técnicas, legislações e relatórios, entre outros.

Todos os itens constantes do *PGR* devem ser claramente definidos e documentados, aplicando-se tanto aos procedimentos e funcionários da empresa, como em relação aos terceiros (empreiteiras e demais prestadores de serviço) que desenvolvam atividades nas instalações envolvidas nesse processo.

Toda a documentação de registro das atividades realizadas no *PGR*, como por exemplo resultados de auditorias, serviços de manutenção e treinamentos, deve estar disponível para verificação sempre que necessária pelos órgãos responsáveis, razão pela qual devem ser mantidas em arquivo por, pelo menos, seis anos.

### 8.1 Informações de segurança de processo

As informações de segurança de processo são fundamentais no gerenciamento de riscos de instalações perigosas. O *PGR* deve contemplar a existência de informações e documentos atualizados e detalhados sobre as substâncias químicas envolvidas, tecnologia e equipamentos de processo, de modo a possibilitar o desenvolvimento de procedimentos operacionais precisos, assegurar o treinamento adequado e subsidiar a revisão dos riscos, garantindo uma correta operação do ponto de vista de produção, ambiental e de segurança. Assim, as informações de segurança de processo devem incluir:

- *informações das substâncias químicas do processo*: incluem informações relativas aos perigos impostos pelas substâncias, inclusive intermediárias, para a completa avaliação e definição dos cuidados a serem tomadas, quando consideradas as características perigosas relacionadas com inflamabilidade, reatividade, toxicidade e corrosividade, entre outros riscos; assim, é de fundamental importância a disponibilidade de fichas de informação e orientações específicas sobre tais riscos.
- *tecnologia de processo*: inclui informações do tipo diagrama de blocos, fluxogramas de processo, balanços de materiais e de energia, contendo inventários máximos, limites superiores e inferiores, além dos quais as operações podem ser consideradas inseguras para parâmetros como temperatura, pressão, vazão, nível e composição, e respectivas consequências dos desvios desses limites.
- *equipamentos de processo*: inclui informações sobre os materiais de construção, diagramas de tubulações e instrumentação (P & IDs), classificação de áreas, projetos de sistemas de alívio e ventilação, sistemas de segurança, *shut-down* e intertravamentos, códigos e normas de projeto.
- *procedimentos operacionais*: esses procedimentos são partes integrantes das informações de segurança do processo, razão pela qual um plano específico deve estabelecer os procedimentos a serem seguidos em todas as operações desenvolvidas na planta industrial.

### 8.2 Revisão dos riscos de processo

O estudo de análise e avaliação de riscos implementado durante o projeto inicial de uma instalação nova deve ser revisado periodicamente, de modo a serem identificadas novas situações de risco, possibilitando assim o aperfeiçoamento das operações realizadas, de modo a manter as instalações operando de acordo com os padrões de segurança requeridos.

A revisão dos estudos de análise de riscos deverá ser realizada em periodicidade a ser definida no *PGR*, a partir de critérios claramente estabelecidos com base nos riscos inerentes às diferentes unidades e operações.

A realização de qualquer alteração ou ampliação na instalação industrial, a renovação da licença ambiental ou a retomada de operações após paradas por períodos superiores a seis meses, são situações que requerem obrigatoriamente a revisão dos estudos de análise de riscos, independentemente da periodicidade definida no *PGR*, considerando-se sempre os critérios para a classificação de instalações industriais, conforme apresentado na Parte I deste Manual.

### 8.3 Gerenciamento de modificações

As instalações industriais estão permanentemente sujeitas a modificações com o objetivo de melhorar a operacionalidade e a segurança, incorporar novas tecnologias e aumentar a eficiência dos processos. Assim, considerando a complexidade dos processos industriais, bem como outras atividades que envolvam a manipulação de substâncias químicas perigosas é imprescindível ser estabelecido um sistema gerencial apropriado para assegurar que os riscos decorrentes dessas alterações possam ser adequadamente identificados, avaliados e gerenciados previamente à sua implementação.

Dessa forma, o *PGR* deve estabelecer e implementar um sistema de gerenciamento contemplando procedimentos específicos para a administração de modificações na tecnologia e nas instalações. Entre outros, esses procedimentos devem considerar os seguintes aspectos:

- bases de projeto do processo e mecânico para as alterações propostas;
- análise das considerações de segurança e de meio ambiente envolvidas nas modificações propostas, contemplando inclusive os estudos para a análise e avaliação dos riscos impostos por estas modificações, bem como as implicações nas instalações do processo à montante e à jusante das instalações a serem modificadas;
- necessidade de alterações em procedimentos e instruções operacionais, de segurança e de manutenção;
- documentação técnica necessária para registro das alterações;
- formas de divulgação das mudanças propostas e suas implicações ao pessoal envolvido;
- obtenção das autorizações necessárias, inclusive licenças junto aos órgãos competentes.

### 8.4 Manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos

Os sistemas considerados críticos em instalações ou atividades perigosas, sejam estes equipamentos para processar, armazenar ou manusear substâncias perigosas, ou mesmo relacionados com sistemas de monitoração ou de segurança, devem ser projetados, construídos e instalados no sentido de minimizar os riscos às pessoas e ao meio ambiente.

Para tanto, o *PGR* deve prever um programa de manutenção e garantia da integridade desses sistemas, com o objetivo de garantir o correto funcionamento dos mesmos, por intermédio de mecanismos de manutenção preditiva, preventiva e corretiva. Assim, todos os sistemas nos quais operações inadequadas ou falhas possam contribuir ou causar condições ambientais ou operacionais inaceitáveis ou perigosas, devem ser considerados como críticos.

Esse programa deve incluir o gerenciamento e o controle de todas as inspeções e o acompanhamento das atividades associadas com os sistemas críticos para a operação, segurança e controle ambiental. Essas operações se iniciam com um programa de garantia da qualidade e terminam com um programa de inspeção física que trata da integridade mecânica e funcional. Dessa forma, os procedimentos para inspeção e teste dos sistemas críticos devem incluir, entre outros, os seguintes itens:

- lista dos sistemas e equipamentos críticos sujeitos a inspeções e testes;
- procedimentos de testes e de inspeção em concordância com as normas técnicas e códigos pertinentes;
- documentação das inspeções e testes, a qual deverá ser mantida arquivada durante a vida útil dos equipamentos;
- procedimentos para a correção de operações deficientes ou que estejam fora dos limites aceitáveis;
- sistema de revisão e alterações nas inspeções e testes.

### 8.5 Procedimentos operacionais

Todas as atividades e operações realizadas em instalações industriais devem estar previstas em procedimentos claramente estabelecidos, os quais devem contemplar, entre outros, os seguintes aspectos:

- cargos dos responsáveis pelas operações;
- instruções precisas que propiciem as condições necessárias para a realização de operações seguras, considerando as informações de segurança de processo;
- condições operacionais em todas as etapas de processo, ou seja: partida; operações normais; operações temporárias; paradas de emergência; paradas normais e partidas após paradas, programadas ou não;
- limites operacionais.

Os procedimentos operacionais devem ser revisados periodicamente, de modo que representem as práticas operacionais atualizadas, incluindo as mudanças de processo, tecnologia e instalações. A frequência de revisão deve estar claramente definida no *PGR*, considerando os riscos associados às unidades em análise.

### 8.6 Capacitação de recursos humanos

O *PGR* deve prever um programa de treinamento para todas as pessoas responsáveis pelas operações realizadas na empresa, de acordo com suas diferentes funções e atribuições. Os treinamentos devem contemplar os procedimentos operacionais, incluindo eventuais modificações ocorridas nas instalações e na tecnologia de processo.

O programa de capacitação técnica deve ser devidamente documentado, contemplando as seguintes etapas:

- *treinamento inicial*: todo o pessoal envolvido nas operações da empresa deve ser treinado antes do início de qualquer atividade, de acordo com critérios pré-estabelecidos de qualificação profissional. Os procedimentos de treinamento devem ser definidos de modo a assegurar que as pessoas que operem as instalações possuam os conhecimentos e

habilidades requeridos para o desempenho de suas funções, incluindo as ações relacionadas com a pré-operação e paradas, emergenciais ou não.

- *treinamento periódico*: o programa de capacitação deve prever ações para a reciclagem periódica dos funcionários, considerando a periculosidade e complexidade das instalações e as funções; no entanto, em nenhuma situação a periodicidade de reciclagem deve ser inferior a três anos. Tal procedimento visa garantir que as pessoas estejam permanentemente atualizadas com os procedimentos operacionais.
- *treinamento após modificações*: quando houverem modificações nos procedimentos ou nas instalações, os funcionários envolvidos deverão, obrigatoriamente, ser treinados sobre as alterações implementadas antes do retorno às suas atividades.

## 8.7 Investigação de incidentes

Todo e qualquer incidente de processo ou desvio operacional que resulte ou possa resultar em ocorrências de maior gravidade, envolvendo lesões pessoais ou impactos ambientais devem ser investigados. Assim, o *PGR* deve contemplar as diretrizes e critérios para a realização dessas investigações, as quais devem ser devidamente analisadas, avaliadas e documentadas.

Todas as recomendações resultantes do processo de investigação devem ser implementadas e divulgadas na empresa, de modo que situações futuras e similares sejam evitadas.

A documentação do processo de investigação deve contemplar os seguintes aspectos:

- natureza do incidente;
- causas básicas e demais fatores contribuintes;
- ações corretivas e recomendações identificadas, resultantes da investigação.

## 8.8 Plano de Ação de Emergência (PAE)

Independentemente das ações preventivas previstas no *PGR*, um *Plano de Ação de Emergência (PAE)* deve ser elaborado e considerado como parte integrante do processo de gerenciamento de riscos.

O *PAE* deve se basear nos resultados obtidos no estudo de análise e avaliação de riscos, quando realizado, e na legislação vigente, devendo também contemplar os seguintes aspectos:

- introdução;
- estrutura do plano;
- descrição das instalações envolvidas;
- cenários acidentais considerados;
- área de abrangência e limitações do plano;
- estrutura organizacional, contemplando as atribuições e responsabilidades dos envolvidos;
- fluxograma de acionamento;
- ações de resposta às situações emergenciais compatíveis com os cenários acidentais considerados, de acordo com os impactos esperados e avaliados no estudo de análise de riscos, considerando procedimentos de avaliação, controle emergencial (combate a incêndios, isolamento, evacuação, controle de vazamentos, etc.) e ações de recuperação;

- recursos humanos e materiais;
- divulgação, implantação, integração com outras instituições e manutenção do plano;
- tipos e cronogramas de exercícios teóricos e práticos, de acordo com os diferentes cenários acidentais estimados;
- documentos anexos: plantas de localização da instalação e lay-out, incluindo a vizinhança sob risco, listas de acionamento (internas e externas), listas de equipamentos, sistemas de comunicação e alternativos de energia elétrica, relatórios, etc.

## 8.9 Auditorias

Os itens que compõem o *PGR* devem ser periodicamente auditados, com o objetivo de se verificar a conformidade e efetividade dos procedimentos previstos no programa.

As auditorias poderão ser realizadas por equipes internas da empresa ou mesmo por auditores independentes, de acordo com o estabelecido no *PGR*. Da mesma forma, o plano deve prever a periodicidade para a realização das auditorias, de acordo com a periculosidade e complexidade das instalações e dos riscos delas decorrentes, não devendo no entanto ser superior a três anos.

Todos os trabalhos decorrentes das auditorias realizadas nas instalações e atividades correlatas devem ser devidamente documentados, bem como os relatórios decorrentes da implementação das ações sugeridas nesse processo.

## ANEXOS

**ANEXO I**  
**BIBLIOGRAFIA CONSULTADA**

1. CETESB. Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos. São Paulo, 1994.
2. CETESB. Metodologia para a Classificação de Instalações Industriais quanto à Periculosidade. São Paulo, 1996.
3. CETESB. Apostila do Curso Introdução Análise de Riscos. São Paulo, 1994.
4. CETESB. Banco de Dados de Produtos Químicos (PRD). São Paulo, 1988.
5. CETESB. Crítérios para Classificação de Periculosidade de Fontes Potencialmente Geradoras de Acidentes de acordo com o Risco para a População e o Meio Ambiente. São Paulo, 1988.
6. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). Guidelines for Hazard Evaluation Procedures. New York, 1992.
7. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis. New York, 1989.
8. Chemical Industries Association. A Guide to Hazard and Operability Studies. London, 1987.
9. CONCAWE. Methodologies for Hazard Analysis and Risk Assessment in the Petroleum Refining and Storage Industry. Report # 10, 1982.
10. Gow, H. B. F. & Key, R. W. Emergency Planning for Industrial Hazards. London, Elsevier Applied Science, 1988.
11. Klaassen, Curtis D., Amdur, Mary O. & Doull, John Casarett and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons, 3<sup>rd</sup> Ed., Macmillan Publishing Company, 1986.
12. Lees, Frank P. Loss Prevention in the Process Industries, 2<sup>nd</sup> Ed., Vol. 1. Butterworths, London, 1996.
13. Lewis, D. J. Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijmond Area, a Pilot Study. Holland, D. Reidel Publishing Company, 1982.
14. DNV Technica Limited. Process Hazard Analysis Software Tools (PHASt) – User Manual – Version 5.0, London, 1995.
15. AIChE/CCPs. International Conference and Workshop on Risk Analysis in Process Safety. Atlanta, 1997.
16. HSE. Risks from Hazardous Pipelines in the United Kingdom. HSE Contract Research Report No. 82/1994, Norwich, 1998.
17. Wright, P. G. Pipeline Risk Assessment. New Pipeline Regulations Conference, HSE & The Institution of Gas Engineers, London, 1996.

18. HSE. Risk Criteria for Land-use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazards. London, 1989.
19. Ball, D. J. & Floyd P. J. Societal Risks. London, 1998.
18. API. Management of Process Hazards, Recommended Practice 750. 1<sup>st</sup> Ed., USA, 1999.
19. CARBOCLORO. Plano de Gerenciamento de Segurança de Processo. Cubatão, 1998.
20. USEPA. General Guidance for Risk Management Programs (40 CFR Part 68). Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office, USA, 1998.
21. PETROBRAS. Processo de Gerenciamento de Riscos. Rio de Janeiro, 1997.
22. USEPA. Federal Register, Vol. 61, No. 120, Rules & Regulations. USA, 1996.
23. Comunidades Europeas. Directiva 96/82/CE del Consejo. Diário Oficial de Las Comunidades Europeas, 1997.
24. Lima e Silva, P. P. et all. Dicionário Brasileiro de Ciências Ambientais. Thex Editora, Rio de Janeiro, 1999.
25. CETESB. Legislação Federal – Controle da Poluição Ambiental. São Paulo, 1988.