



# NORMA TÉCNICA

P4.261

Mai/2003  
122 PÁGINAS

Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos

**NORMA EM REVISÃO**

**Companhia Ambiental do Estado de São Paulo**  
Avenida Professor Frederico Hermann Jr., 345  
Alto de Pinheiros CEP 05459-900 São Paulo SP  
Tel.: (11) 3133 3000 Fax.: (11) 3133 3402

<http://www.cetesb.sp.gov.br>

 <b>CETESB</b>	<b>MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS</b>	<b>P4.261 maio/2003</b>
---------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------

**Norma Técnica CETESB - P4.261 – Manual de Orientação para a Elaboração de Estudos de Análise de Riscos - maio/2003**

**Errata nº 1:**

**ANEXO C – RELAÇÃO ENTRE AS QUANTIDADES DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS E DISTÂNCIAS SEGURAS**

Substituição da tabela referente à substância amônia:

<b>Onde se lê:</b>		<b>Leia-se:</b>	
Substância	Amônia	Substância	Amônia
Massa (kg)	Distância (m)	Massa (kg)	Distância (m)
10	44	10	0
50	70	50	0
100	86	100	0
150	98	150	0
200	107	200	0
250	115	250	0
300	122	300	0
350	127	350	11
400	133	400	12
450	137	450	14
500	143	500	15
550	147	550	16
600	151	600	17
650	152	650	18
700	155	700	19
750	160	750	21
800	165	800	22
850	169	850	23
900	171	900	24
950	175	950	25
1000	177	1000	27
1500	204	1500	37
2000	226	2000	47
2500	244	2500	56
3000	260	3000	64
3500	273	3500	71
4000	283	4000	77



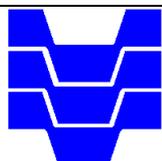
CETESB

# MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS

P4.261  
maio/2003

<b>Onde se lê:</b>	
Substância	Amônia
Massa (kg)	Distância (m)
4500	296
5000	307
5500	317
6000	328
6500	338
7000	345
7500	353
8000	361
8500	369
9000	378
9500	391
10000	403
11000	405
12000	426
13000	435
14000	444
15000	460
16000	469
17000	485
18000	494
19000	502
20000	508
40000	669
50000	710
60000	759
70000	805
80000	856
90000	893
100000	920
150000	1073
200000	1185
250000	1290
300000	1382
350000	1479
400000	1527
450000	1614
500000	1668

<b>Leia-se:</b>	
Substância	Amônia
Massa (kg)	Distância (m)
4500	83
5000	89
5500	95
6000	100
6500	105
7000	109
7500	114
8000	119
8500	124
9000	128
9500	132
10000	136
11000	143
12000	150
13000	157
14000	164
15000	171
16000	177
17000	184
18000	190
19000	196
20000	201
30000	253
40000	297
50000	337
60000	374
70000	408
80000	438
90000	468
100000	495
150000	614
200000	706
250000	783
300000	848
350000	905
400000	955
450000	1001
500000	1041



CETESB

# MANUAL DE ORIENTAÇÃO PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS

P4.261  
maio/2003

## SUMÁRIO

Página

Introdução.....	1
1. Definições.....	1
Parte I - Critério para a classificação de instalações industriais quanto à periculosidade.....	8
2. Desenvolvimento da metodologia do critério.....	9
Parte II – Termo de referência para a elaboração de estudos de análise de riscos.....	17
3. Caracterização do empreendimento e da região.....	17
4. Identificação de perigos.....	19
5. Consolidação dos cenários acidentais.....	22
6. Estimativa dos efeitos físicos e avaliação de vulnerabilidade.....	23
7. Estimativa de frequências.....	28
8. Estimativa e avaliação de riscos.....	29
9. Gerenciamento de riscos.....	34
Referências bibliográficas.....	40
Anexo A - Listagem de substâncias tóxicas.....	42
Anexo B - Listagem de substâncias inflamáveis.....	45
Anexo C - Relação entre as quantidades de substâncias tóxicas e distâncias seguras.....	48
Anexo D - Relação entre as quantidades de substâncias inflamáveis e distâncias seguras.....	74

## INTRODUÇÃO

O presente documento foi desenvolvido no âmbito do Grupo de Trabalho da Câmara Ambiental da Indústria Química e Petroquímica e tem por principal objetivo aperfeiçoar as metodologias atualmente praticadas na elaboração de estudos de análise de riscos em instalações e atividades consideradas perigosas, visando a prevenção de acidentes ambientais que possam colocar em risco a saúde e a segurança da população, bem como o meio ambiente como um todo.

Este documento está dividido em duas partes. Na primeira é apresentado o critério para a classificação de instalações quanto à periculosidade e tem por finalidade auxiliar o processo de tomada de decisão, de forma padronizada, quanto à necessidade ou não da realização de estudos de análise de riscos, tanto no processo de licenciamento ambiental, como em ações corretivas. Na segunda parte é apresentado um termo de referência para a elaboração dos estudos de análise de riscos, que deverão ser apresentados à CETESB de acordo com o estabelecido neste documento.

## 1. DEFINIÇÕES

### Acidente

Evento específico não planejado e indesejável, ou uma seqüência de eventos que geram conseqüências indesejáveis.

**Análise de riscos**

Estudo quantitativo de riscos numa instalação industrial, baseado em técnicas de identificação de perigos, estimativa de frequências e conseqüências, análise de vulnerabilidade e na estimativa do risco.

**Análise de vulnerabilidade**

Estudo realizado por intermédio de modelos matemáticos para a previsão dos impactos danosos às pessoas, instalações e ao meio ambiente, baseado em limites de tolerância estabelecidos através do parâmetro *Probit* para os efeitos de sobrepressão advinda de explosões, radiações térmicas decorrentes de incêndios e efeitos tóxicos advindos da exposição a uma alta concentração de substâncias químicas por um curto período de tempo.

**Auditoria**

Atividade pela qual se pode verificar, periodicamente, a conformidade dos procedimentos de operação, manutenção, segurança e treinamento, a fim de se identificar perigos, condições ou procedimentos inseguros, para verificar se a instalação atende aos códigos e práticas normais de operação e segurança; realizada normalmente através da utilização de *checklists*, podendo ser feita de forma programada ou não.

**Avaliação de riscos**

Processo pelo qual os resultados da análise de riscos são utilizados para a tomada de decisão, através de critérios comparativos de riscos, para definição da estratégia de gerenciamento dos riscos e aprovação do licenciamento ambiental de um empreendimento.

**BLEVE**

Do original inglês *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion*. Fenômeno decorrente da explosão catastrófica de um reservatório, quando um líquido nele contido atinge uma temperatura bem acima da sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica com projeção de fragmentos e de expansão adiabática.

**Bola de fogo (fireball)**

Fenômeno que se verifica quando o volume de vapor inflamável, inicialmente comprimido num recipiente, escapa repentinamente para a atmosfera e, devido à despressurização, forma um volume esférico de gás, cuja superfície externa queima, enquanto a massa inteira eleva-se por efeito da redução da densidade provocada pelo superaquecimento.

**Concentração letal 50 (CL<sub>50</sub>)**

Concentração calculada e estatisticamente obtida de um substância no ar que ingressa no organismo por inalação e que, em condições bem determinadas, é capaz de causar a morte de 50% de um grupo de organismos de uma determinada espécie. É normalmente expressa em ppm (partes por milhão), devendo também ser mencionado o tempo de duração da exposição do organismo à substância.

**Curva F-N**

Curva referente ao risco social determinada pela plotagem das frequências acumuladas de acidentes com as respectivas conseqüências expressas em número de fatalidades.

**Curva de iso-risco**

Curva referente ao risco individual determinada pela intersecção de pontos com os mesmos valores de risco de uma mesma instalação industrial. Também conhecida como “contorno de risco”.

**Dano**

Efeito adverso à integridade física de um organismo.

**Diagrama de instrumentação e tubulações (P & ID's)**

Representação esquemática de todas as tubulações, vasos, válvulas, filtros, bombas, compressores, etc., do processo. Os P & ID's mostram todas as linhas de processo, linhas de utilidades e suas dimensões, além de indicar também o tamanho e especificação das tubulações e válvulas, incluindo toda a instrumentação da instalação.

**Dispersão atmosférica**

Mistura de um gás ou vapor com o ar. Esta mistura é o resultado da troca de energia turbulenta, a qual é função da velocidade do vento e do perfil da temperatura ambiente.

**Distância à população fixa ( $d_p$ )**

Distância, em linha reta, da fonte de vazamento à pessoa mais próxima situada fora dos limites da instalação em estudo.

**Distância segura ( $d_s$ )**

Distância determinada pelo efeito físico decorrente do cenário acidental considerado, onde a probabilidade de fatalidade é de até 1% das pessoas expostas.

**Dose letal 50 (DL<sub>50</sub>)**

Quantidade calculada e estatisticamente obtida de uma substância administrada por qualquer via, exceto a pulmonar e que, em condições bem determinadas, é capaz de causar a morte de 50% de um grupo de organismos de determinada espécie.

**Duto**

Qualquer tubulação, incluindo seus equipamentos e acessórios, destinada ao transporte de petróleo, derivados ou de outras substâncias químicas, situada fora dos limites de áreas industriais.

**Efeito dominó**

Evento decorrente da sucessão de outros eventos parciais indesejáveis, cuja magnitude global é o somatório dos eventos individuais.

**Empreendimento**

Conjunto de ações, procedimentos, técnicas e benfeitorias que permitem a construção de uma instalação.

**Erro humano**

Ações indesejáveis ou omissões decorrentes de problemas de seqüenciamento, tempo (*timing*), conhecimento, interfaces e/ou procedimentos, que resultam em desvios de parâmetros estabelecidos ou normais e que colocam pessoas, equipamentos e sistemas em risco.

**Estabilidade atmosférica**

Medida do grau de turbulência da atmosfera, normalmente definida em termos de gradiente vertical de temperatura. A atmosfera é classificada, segundo Pasquill, em seis categorias de estabilidade, de A a F, sendo A a mais instável, F a mais estável e D a neutra. A classificação é realizada a partir da velocidade do vento, radiação solar e percentagem de cobertura de nuvem; a condição neutra corresponde a um gradiente vertical de temperatura da ordem de 1 °C para cada 100 m de altitude.

**Estimativa de conseqüências**

Estimativa do comportamento de uma substância química quando de sua liberação acidental no meio ambiente.

**Estudo de impacto ambiental (EIA)**

Processo de realização de estudos preditivos sobre um empreendimento, analisando e avaliando os resultados. O EIA é composto de duas partes: uma fase de previsão, em que se procura prever os efeitos de impactos esperados antes que ocorra o empreendimento e outra em que se procura medir, interpretar e minimizar os efeitos ambientais durante a construção e após a finalização do empreendimento. O EIA conduz a uma estimativa do impacto ambiental.

**Explosão**

Processo onde ocorre uma rápida e violenta liberação de energia, associado a uma expansão de gases acarretando o aumento da pressão acima da pressão atmosférica.

**Explosão de vapor confinado (CVE)**

A explosão de vapor confinado (*CVE-Confined Vapour Explosion*) é o fenômeno causado pela combustão de uma mistura inflamável num ambiente fechado, com aumento na temperatura e na pressão internas, gerando uma explosão. Esse tipo de explosão pode ocorrer com gases, vapores e pós. Neste caso, grande parte da energia manifesta-se na forma de ondas de choque e quase nada na forma de energia térmica.

**Explosão de nuvem de vapor não-confinado (UVCE)**

A explosão de nuvem de vapor não-confinado (*UVCE-Unconfined Vapour Cloud Explosion*) é a rápida combustão de uma nuvem de vapor inflamável ao ar livre, seguida de uma grande perda de conteúdo, gerada a partir de uma fonte de ignição. Neste caso, somente uma parte da energia total irá se desenvolver sobre a forma de ondas de pressão e a maior parte na forma de radiação térmica.

**Flashfire**

Incêndio de uma nuvem de vapor onde a massa envolvida não é suficiente para atingir o estado de explosão. É um fogo extremamente rápido onde todas as pessoas que se encontram dentro da nuvem recebem queimaduras letais.

**Fluxograma de processo**

Representação esquemática do fluxo seguido no manuseio ou na transformação de matérias-primas em produtos intermediários e acabados. É constituída de equipamentos de caldeiraria (tanques, torres, vasos, reatores, etc.); máquinas (bombas, compressores, etc.); tubulações, válvulas e instrumentos principais, onde devem ser apresentados dados de pressão, temperatura, vazões, balanços de massa e de energia e demais variáveis de processo.

**Frequência**

Número de ocorrências de um evento por unidade de tempo.

**Gerenciamento de riscos**

Processo de controle de riscos compreendendo a formulação e a implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos que têm por objetivo prevenir, reduzir e controlar os riscos, bem como manter uma instalação operando dentro de padrões de segurança considerados toleráveis ao longo de sua vida útil.

**Incêndio**

Tipo de reação química na qual os vapores de uma substância inflamável combinam-se com o oxigênio do ar atmosférico e uma fonte de ignição, causando liberação de calor.

**Incêndio de poça (*pool fire*)**

Incêndio que ocorre numa poça de produto, a partir de um furo ou rompimento de um tanque, esfera, tubulação, etc.; onde o produto estocado é lançado ao solo, formando uma poça que se incendeia, sob determinadas condições.

**Instalação**

Conjunto de equipamentos e sistemas que permitem o processamento, armazenamento e/ou transporte de insumos, matérias-primas ou produtos. Para fins deste manual, o termo é definido como a materialização de um determinado empreendimento.

**Jato de fogo (*jet fire*)**

Fenômeno que ocorre quando um gás inflamável escoar a alta velocidade e encontra uma fonte de ignição próxima ao ponto de vazamento.

**Licenciamento ambiental**

Procedimento administrativo pelo qual o órgão ambiental competente licencia a localização, instalação, modificação, ampliação e a operação de empreendimentos ou atividades utilizadoras dos recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras ou aquelas que, sob qualquer forma, possam causar a degradação ambiental, considerando as disposições legais e as normas técnicas aplicáveis ao caso.

**Limite Inferior de Inflamabilidade (LII)**

Mínima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição. Concentrações de gás abaixo do LII não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de oxigênio e pequena quantidade do produto para a queima. Esta condição é denominada de “mistura pobre”.

**Limite Superior de Inflamabilidade (LSI)**

Máxima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir de uma fonte de ignição. Concentrações de gás acima do LSI não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de oxigênio para que a combustão ocorra. Esta condição é denominada “mistura rica”.

**Perigo**

Uma ou mais condições, físicas ou químicas, com potencial para causar danos às pessoas, à propriedade, ao meio ambiente ou à combinação desses.

**Planta**

Conjunto de unidades de processo e/ou armazenamento com finalidade comum.

**Plano de ação de emergência (PAE)**

Documento que define as responsabilidades, diretrizes e informações, visando a adoção de procedimentos técnicos e administrativos, estruturados de forma a propiciar respostas rápidas e eficientes em situações emergenciais.

**Ponto de ebulição**

Temperatura na qual a pressão interna de um líquido iguala-se à pressão atmosférica ou à pressão à qual está submetido.

**Ponto de fulgor**

Menor temperatura na qual uma substância libera vapores em quantidades suficientes para que a mistura de vapor e ar, logo acima de sua superfície, propague uma chama, a partir do contato com uma fonte de ignição.

**População fixa**

Pessoa ou agrupamento de pessoas em residências ou estabelecimentos industriais ou comerciais, presentes no entorno de um empreendimento. Vias com grande circulação de veículos, como rodovias, grandes avenidas e ruas movimentadas, devem ser consideradas como “população fixa”.

**Pressão de vapor**

Pressão exercida pelos vapores acima do nível de um líquido. Representa a tendência de uma substância gerar vapores. É normalmente expressa em mmHg a uma dada temperatura.

**Probabilidade**

Chance de um evento específico ocorrer ou de uma condição especial existir. A probabilidade é expressa numericamente na forma de fração ou de porcentagem.

***Probit***

Parâmetro que serve para relacionar a intensidade de fenômenos como radiação térmica, sobrepressão e concentração tóxica com os danos que podem causar. O *Probit* (unidade de probabilidade) é uma variável randômica com média 5 e variância 1. O valor do *Probit* é relacionado a uma determinada porcentagem através de curvas ou tabelas.

**Programa de gerenciamento de riscos (PGR)**

Documento que define a política e diretrizes de um sistema de gestão, com vista à prevenção de acidentes em instalações ou atividades potencialmente perigosas.

**Relatório ambiental preliminar (RAP)**

Documento de caráter preliminar a ser apresentado no processo de licenciamento ambiental no Estado de São Paulo. Tem como função instrumentalizar a decisão de exigência ou dispensa de EIA/RIMA para a obtenção da Licença Prévia.

**Relatório de impacto ambiental (RIMA)**

Documento que tem por objetivo refletir as conclusões de um Estudo de Impacto Ambiental (EIA). Suas informações técnicas devem ser expressas em linguagem acessível ao público, ilustradas por mapas com escalas adequadas, quadro, gráficos e outras técnicas de comunicação visual, de modo que se possam entender claramente as possíveis consequências ambientais e suas alternativas, comparando as vantagens e desvantagens de cada uma delas.

**Risco**

Medida de danos à vida humana, resultante da combinação entre a frequência de ocorrência e a magnitude das perdas ou danos (consequências).

**Risco individual**

Risco para uma pessoa presente na vizinhança de um perigo, considerando a natureza da injúria que pode ocorrer e o período de tempo em que o dano pode acontecer.

**Risco social**

Risco para um determinado número ou agrupamento de pessoas expostas aos danos de um ou mais acidentes.

**Rugosidade**

Medida da altura média dos obstáculos que causam turbulência na atmosfera, devido à ação do vento, influenciando na dispersão de uma nuvem de gás ou vapor.

**Sistema**

Arranjo ordenado de componentes que estão interrelacionados e que atuam e interatuam com outros sistemas, para cumprir uma tarefa ou função num determinado ambiente.

**Substância**

Espécie da matéria que tem composição definida.

**Unidade**

Conjunto de equipamentos com finalidade de armazenar (unidade de armazenamento) ou de provocar uma transformação física e/ou química nas substâncias envolvidas (unidade de processo).

NORMA EM REVISÃO

## PARTE I - CRITÉRIO PARA A CLASSIFICAÇÃO DE INSTALAÇÕES INDUSTRIAIS QUANTO À PERICULOSIDADE

Os acidentes industriais ocorridos nos últimos anos, em particular na década de 80, contribuíram de forma significativa para despertar a atenção das autoridades governamentais, da indústria e da sociedade como um todo, no sentido de buscar mecanismos para a prevenção desses episódios que comprometem a segurança das pessoas e a qualidade do meio ambiente.

Assim, as técnicas e métodos já amplamente utilizados nas indústrias bélica, aeronáutica e nuclear passaram a ser adaptados para a realização de estudos de análise e avaliação dos riscos associados a outras atividades industriais, em especial nas áreas de petróleo, química e petroquímica.

No Brasil, em particular no Estado de São Paulo, com a publicação da Resolução Nº 1, de 23/01/86, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, os estudos de análise de riscos passaram a ser incorporados nesse processo, para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento.

Da mesma forma, os estudos de análise de riscos têm se mostrado importantes na análise de instalações industriais já em operação, de modo que os riscos possam ser avaliados e gerenciados a contento, mesmo que estes empreendimentos não estejam vinculados ao processo de licenciamento.

O presente critério aplica-se às plantas químicas de processo, sistemas de armazenamento de substâncias químicas e outros empreendimentos similares. Por outro lado, o mesmo não se aplica a unidades nucleares e plantas de tratamento de substâncias e materiais radioativos, instalações militares e atividades extrativas, uma vez que se tratam de empreendimentos que possuem riscos diferenciados dos anteriormente mencionados, além de serem regidos por legislações específicas, aplicadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN), Ministério do Exército e Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), respectivamente.

Para os empreendimentos listados a seguir, *sempre* deverá ser solicitada a elaboração de estudos de análise de riscos durante o processo de licenciamento ambiental, isto em função dos perigos existentes nessas atividades; assim, nesses empreendimentos, não há a necessidade da aplicação do presente critério para a tomada dessa decisão. São eles:

- sistemas de dutos, externos a instalações industriais, destinados ao transporte de petróleo e seus derivados, gases ou outras substâncias químicas;
- plataformas de exploração de petróleo e/ou gás.

O presente critério aplica-se às instalações que operam com substâncias inflamáveis e/ou tóxicas. Outras instalações que operem com substâncias com riscos diferenciados, como por exemplo explosivos ou reativos, serão estudados caso a caso.

Instalações ou atividades que possam impor riscos ambientais, como por exemplo derrames de produtos líquidos em corpos d'água, serão analisadas de forma específica, uma vez que os estudos para a análise e

avaliação desses riscos devem ser definidos considerando a peculiaridade de cada instalação e das áreas vulneráveis.

No caso do licenciamento de empreendimentos de pequeno porte, a CETESB poderá estabelecer critérios técnicos específicos quando da avaliação da necessidade de elaboração de Estudo de Análise de Riscos. Esses casos serão tratados como exceções ao presente critério.

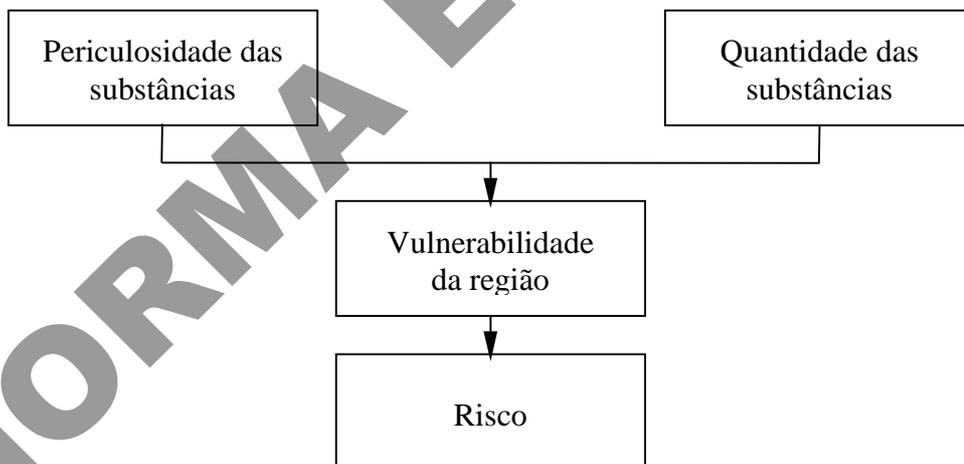
Nos processos de licenciamento onde ocorra a necessidade de ser elaborado o Relatório Ambiental Preliminar (RAP), este deverá contemplar uma análise crítica do empreendimento do ponto de vista dos riscos a ele associados, bem como o escopo do estudo a ser elaborado nas etapas posteriores de licenciamento. Já nos Estudos de Impacto Ambiental (EIAs), os estudos de análise de riscos, quando necessários, deverão ser parte integrante dos mesmos, podendo também serem complementados nas etapas posteriores do licenciamento.

## 2. DESENVOLVIMENTO DA METODOLOGIA DO CRITÉRIO

A metodologia do critério proposto baseia-se no seguinte princípio:

*“O risco de uma instalação industrial para a comunidade e para o meio ambiente, circunvizinhos e externos aos limites do empreendimento, está diretamente associado às características das substâncias químicas manipuladas, suas respectivas quantidades e à vulnerabilidade da região onde a instalação está ou será localizada”.*

Assim, o princípio da metodologia pode ser representado esquematicamente pelo diagrama apresentado na Figura 1.



**Figura 1- Fatores que influenciam os estudos de análise de riscos em instalações industriais**

## 2.1 Classificação das substâncias químicas quanto à periculosidade

A primeira etapa para a elaboração da presente metodologia consistiu em selecionar as substâncias, líquidas ou gasosas, que, de acordo com a sua periculosidade intrínseca em relação à toxicidade e à inflamabilidade, apresentam um potencial para causar danos ao ser humano e/ou ao meio ambiente.

### 2.1.1 Classificação de gases e líquidos tóxicos

Para a classificação das substâncias, foram definidos quatro níveis de toxicidade, de acordo com a  $CL_{50}$ , via respiratória para rato ou camundongo, para substâncias que possuam pressão de vapor igual ou superior a 10 mmHg a 25 °C, conforme apresentado na Tabela 1.

**Tabela 1 - Classificação de substâncias tóxicas**

Nível de toxicidade	C (ppm.h)
4 - Muito tóxica	$C \leq 500$
3 - Tóxica	$500 < C \leq 5000$
2 - Pouco tóxica	$5000 < C \leq 50000$
1 - Praticamente não tóxica	$50000 < C \leq 150000$

C = concentração letal 50% ( $CL_{50}$ ) em ppm multiplicada pelo tempo de exposição em horas.

Para as substâncias cujos valores de  $CL_{50}$  não estavam disponíveis, foram utilizados os valores de  $DL_{50}$ , via oral para rato ou camundongo, considerando-se os mesmos valores de pressão de vapor, ou seja, pressão de vapor igual ou superior a 10 mmHg a 25 °C, conforme apresentado na Tabela 2.

**Tabela 2 - Classificação de substâncias tóxicas pelo  $DL_{50}$**

Nível de toxicidade	$DL_{50}$ (mg/kg)
4 - Muito tóxica	$DL_{50} \leq 50$
3 - Tóxica	$50 < DL_{50} \leq 500$
2 - Pouco tóxica	$500 < DL_{50} \leq 5000$
1 - Praticamente não tóxica	$5000 < DL_{50} \leq 15000$

Para efeito deste trabalho, todas as substâncias classificadas nos níveis de toxicidade 3 e 4 foram consideradas como gases e líquidos tóxicos perigosos. Deve-se ressaltar que esta classificação se aplica às substâncias tóxicas que possuem pressão de vapor igual ou superior a 10 mmHg nas condições normais de temperatura e pressão (25°C e 1 atm) e também àquelas cuja pressão de vapor puder se tornar igual ou superior a 10 mmHg, em função das condições de armazenamento ou processo. O Anexo A apresenta a listagem das principais substâncias classificadas como tóxicas.

### 2.1.2 Classificação de gases e líquidos inflamáveis

Da mesma forma que para as substâncias tóxicas, foi adotada uma classificação para as substâncias inflamáveis, segundo níveis de periculosidade, conforme apresentado no Tabela 3.

**Tabela 3 - Classificação de substâncias inflamáveis**

<b>Nível de inflamabilidade</b>	<b>Ponto de fulgor (PF) e/ou Ponto de ebulição (PE) (°C)</b>
4 - Gás ou líquido altamente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE ≤ 37,8
3 – Líquido facilmente inflamável	PF ≤ 37,8 e PE > 37,8
2 - Líquido inflamável	37,8 < PF ≤ 60
1 - Líquido pouco inflamável	PF > 60

Para efeito deste trabalho, todas as substâncias do nível 4, líquidas ou gasosas e do nível 3, somente líquidas, foram consideradas substâncias inflamáveis perigosas. O Anexo B mostra a listagem das principais substâncias classificadas como inflamáveis.

## **2.2 Determinação das quantidades e distâncias seguras**

Para as substâncias inflamáveis dos níveis 4, gasosas ou líquidas e 3, líquidas com pressões de vapor superior a 120 mmHg a 25 °C, foram realizadas estimativas de conseqüências visando estabelecer a distância máxima atingida pela sobrepressão decorrente da explosão de nuvem de vapor. Já para as substâncias inflamáveis do nível 3 que possuem pressão de vapor igual ou inferior a 120 mmHg a 25 °C, as estimativas de conseqüências foram realizadas visando estabelecer a distância máxima atingida pela concentração correspondente à metade do Limite Inferior de Inflamabilidade (L.I.I.).

Para as substâncias tóxicas, foi estimada a distância máxima atingida pela concentração da nuvem tóxica, onde a probabilidade de morte é de até 1 %. Dessa forma, foi possível correlacionar a quantidade da substância existente com a distância máxima para a não ocorrência de danos indesejáveis, denominada distância segura.

### **2.2.1 Hipóteses acidentais**

#### **2.2.1.1 Gases tóxicos ou inflamáveis**

A hipótese acidental assumida para as substâncias gasosas, tóxicas ou inflamáveis, foi a ocorrência de um vazamento instantâneo de 20% da massa existente num recipiente. Tal cenário foi adotado com base no histórico de ocorrências atendidas pela CETESB nos últimos anos, onde se observou que, na grande maioria dos casos, o vazamento de um recipiente envolveu massas menores que 20% da existente no mesmo.

#### **2.2.1.2 Líquidos tóxicos ou inflamáveis**

A hipótese acidental assumida para acidentes com essas substâncias foi a ocorrência de um vazamento instantâneo de todo o inventário existente num recipiente, de modo que toda a área da bacia de contenção fosse ocupada pela substância vazada.

O volume da bacia de contenção foi estimado de acordo com os critérios apresentados na Tabela 4.

**Tabela 4 – Volume do tanque e altura do dique considerada**

<b>Volume do tanque (m<sup>3</sup>)</b>	<b>Altura do dique (m)</b>
≤ 100	0,5
101 a 1000	1,0
1001 a 10.000	1,5
10.001 a 100.000	2,0

Assim, foi possível obter a área ocupada pela poça da substância, através da divisão do volume presente no recipiente pela altura média da bacia. As simulações foram realizadas variando-se a área ocupada pela substância vazada, o que significou variar o inventário existente num recipiente.

### 2.2.1.3 Modelos de cálculo

As simulações de conseqüências das hipóteses acidentais foram realizadas através do código de cálculo que permitiu avaliar o comportamento de uma substância tóxica ou inflamável, a partir de uma liberação acidental.

Inicialmente, caracterizou-se a hipótese a ser estudada considerando:

- tipo e quantidade da substância envolvida;
- características do cenário, como pressão, temperatura e diâmetro do furo, entre outras;
- características do vazamento, como área do furo e tipo de liberação (contínua ou instantânea);
- condições meteorológicas, como velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar;
- concentrações de referência.

A partir desses dados, o código utilizado realizou a estimativa das conseqüências para todos os eventos que podem ocorrer na hipótese em estudo, selecionando automaticamente os modelos de cálculo mais apropriados.

Os principais modelos utilizados incluíram os seguintes cálculos:

- taxa de vazamento (gás, líquido ou bifásico);
- formação e evaporação de poça;
- formação e dispersão de jatos;
- dispersão de gases na atmosfera;
- radiação térmica decorrente de incêndios de poças, jatos, flashfires e BLEVE's;
- sobrepressões decorrentes de explosões não confinadas.

### 2.2.1.4 Características meteorológicas

Ao estudar o comportamento de uma nuvem formada por uma substância química, é importante levar em consideração a estabilidade atmosférica. Para a realização das simulações, foi adotada a categoria “D” de Pasquill, ou seja, a categoria de estabilidade atmosférica neutra.

Com relação à velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar, foram adotados os valores de 2 m/s, 25 °C e 80 %, respectivamente.

### 2.2.1.5 Valores de referência

Para as substâncias inflamáveis dos níveis 4, gasosas ou líquidas e 3, líquidas com pressões de vapor superior a 120 mmHg a 25 °C, a distância adotada foi aquela referente ao nível de sobrepressão de 0,1 bar, decorrente da explosão de uma nuvem inflamável, cuja dispersão ocorreu até a concentração correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII). Já para as substâncias inflamáveis do nível 3 que possuem pressão de vapor igual ou inferior a 120 mmHg a 25 °C, a distância adotada foi a referente ao *flashfire*, cuja dispersão ocorreu até a concentração correspondente à metade do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII).

No caso das substâncias tóxicas, líquidas ou gasosas, a distância adotada foi aquela correspondente à probabilidade de morte de até 1 % da população exposta, considerada praticamente nula, sendo que este valor foi obtido a partir da aplicação da equação de *Probit*, utilizando-se um tempo de exposição de 10 minutos.

Os Anexos C e D apresentam listagens com as relações entre as quantidades das substâncias tóxicas e inflamáveis e as respectivas distâncias seguras, de acordo com o critério estabelecido.

## 2.3 Aplicação do critério

A aplicação do critério consiste em classificar as substâncias presentes na instalação em análise, relacionando as quantidades existentes nos recipientes com as distâncias seguras correspondentes. Uma vez obtidas as distâncias seguras, estas devem ser comparadas com as distâncias reais dos diferentes recipientes à população fixa, para subsidiar a tomada de decisão quanto à necessidade ou não de elaboração de um estudo de análise de riscos.

Os itens a seguir detalham a aplicação do critério, passo a passo.

### 2.3.1 Etapa de classificação

- a) Levantar todas as substâncias existentes na instalação em estudo ou em processo de licenciamento;
- b) Verificar se as substâncias constam das listagens presentes nos Anexos A ou B;
- b.1) Caso as substâncias constem das citadas listagens, deve-se proceder da seguinte maneira:
  - b.1.1) Levantar as quantidades presentes nos diferentes recipientes existentes na instalação. Para tanto, deve-se considerar a quantidade presente em cada recipiente (tanque, reator, tubulação, tambor, etc.) de forma individual; ou seja, não deverá ser realizado o somatório do inventário existente. Somente deverá ser realizado o somatório do inventário quando dois ou mais recipientes estiverem, de alguma forma, interligados e operando simultaneamente, podendo, dessa forma, ocorrer o vazamento de mais de um deles.

- b.1.2) Obter a distância segura correspondente à quantidade presente no recipiente, de acordo com os dados constantes das listagens dos Anexos C ou D.
- b.1.3) Determinar a distância real de cada recipiente à população fixa mais próxima e externa ao empreendimento.
- b.2) Caso as substâncias não constem das listagens dos anexos, deve-se proceder da seguinte maneira:
- b.2.1) Classificar as substâncias de acordo com o nível de toxicidade ou de inflamabilidade, considerando os critérios estabelecidos nos itens 2.1.1 ou 2.1.2.
- b.2.2) Proceder o levantamento das quantidades presentes nos diferentes recipientes existentes na instalação. Para tanto, deve-se considerar a quantidade presente em cada recipiente (tanque, reator, tubulação, tambor) de forma individual, ou seja, não deverá ser realizado o somatório do inventário existente.
- Somente deverá ser realizado o somatório do inventário quando dois ou mais recipientes estiverem, de alguma forma, interligados e operando simultaneamente, podendo, dessa forma, ocorrer o vazamento de mais de um deles.
- b.2.3) Obter a distância segura para a quantidade presente no recipiente, estabelecida para a substância de referência correspondente ao nível de toxicidade ou de inflamabilidade similar à substância em análise, obtida nas Tabelas 5 e 6.
- b.2.4) Determinar a distância de cada recipiente à população fixa mais próxima e externa ao empreendimento.

### Observações

- a. Caso a quantidade exata da substância existente no recipiente não conste das listagens dos anexos C ou D, deverá ser realizada a interpolação linear dos dados para a determinação da distância segura para a quantidade em questão.
- b. As listagens não contemplam todo o universo de substâncias existentes. Dessa forma, caso a substância em estudo não conste dos anexos A ou B, a classificação deverá ser realizada considerando as distâncias seguras definidas para as substâncias de referência equivalentes ao nível de toxicidade ou de inflamabilidade das substâncias em análise. Essas substâncias de referência foram selecionadas em função de pertencerem aos níveis de toxicidade e de inflamabilidade considerados perigosos. As Tabelas 5 e 6 apresentam, respectivamente, as substâncias tóxicas e inflamáveis de referência, de acordo com o estado físico.

**Tabela 5 - Substâncias de referência para líquidos e gases tóxicos**

Nível de toxicidade	Estado físico	Substância de referência
4	Gás	Cloro
3	Gás	Amônia
4	Líquido	Acroleína
3	Líquido	Acrilonitrila

**Tabela 6 - Substâncias de referência para líquidos e gases inflamáveis**

Estado físico	Substância de referência
Gás	Propano
Líquido dos níveis 4 e 3 com $P_{vap} > 120$ mmHg a 25 °C	n-Pentano
Líquido nível 3 com $P_{vap} < \text{ou} = 120$ mmHg a 25 °C	Benzeno

- c. Caso a substância possa ser classificada como tóxica e inflamável, deverá ser adotada a situação mais restritiva em termos de distanciamento.
- d. Para a maioria dos gases é possível a sua existência no estado líquido, bastando, para tanto, exercer pressão e/ou reduzir a temperatura. Cada estado físico poderá apresentar um comportamento diferente no momento do vazamento e, conseqüentemente, durante sua dispersão. As simulações realizadas mostraram que tanto para gases tóxicos, como para inflamáveis, liqüefeitos ou não, os resultados foram bastante semelhantes. Dessa forma, as quantidades e as distâncias correspondentes deverão ser consideradas as mesmas, tanto para as substâncias no estado gasoso ou na condição liqüefeita.
- e. O critério leva em consideração a presença de população fixa, como residências e/ou estabelecimentos comerciais ou industriais, no entorno do empreendimento. Em casos onde existam vias de grande circulação de veículos, como rodovias, grandes avenidas e ruas movimentadas, estas devem ser consideradas como “população fixa”.

### 2.3.2 Avaliação dos resultados da aplicação do critério

Uma vez obtida a distância segura ( $d_s$ ) e a distância à população fixa ( $d_p$ ), estas devem ser comparadas entre si, sendo que, quando houver a presença de população fixa dentro dos limites determinados pela distância segura, deverá ser realizado um *Estudo de Análise de Riscos (EAR)* a ser submetido à aprovação da CETESB.

Caso contrário, isto é, quando a distância da população fixa for maior que a distância segura, o que corresponde a ausência de população nos limites determinados pela distância segura, o empreendedor ficará dispensado da elaboração do EAR, devendo, submeter à apreciação um *Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR)*.

O PGR poderá ter escopos diferentes, em consonância com o porte do empreendimento sob avaliação. Para empreendimentos de maior porte, como refinarias, dutos e bases de derivados de petróleo, entre outros, deverá ser requerido o PGR, de acordo com o modelo constante no item 9.1 da Parte II deste Manual. No caso de empreendimentos de menor porte, entre os quais pode-se citar como exemplo os usuários de Gás Liqüefeito de Petróleo (GLP) e amônia anidra, deverá ser requerido o PGR, de acordo com o modelo constante no item 9.2 da Parte II deste Manual.

Assim, pode-se resumir o exposto da seguinte forma:

- a. Se  $d_p \leq d_s$  → Realização de EAR;
- b. Se  $d_p > d_s$  → Dispensa do EAR e realização de PGR, de acordo com os critérios estabelecidos pela CETESB, considerando o porte do empreendimento.

A regra estabelecida neste item é válida, salvo exceções previstas em Instruções Técnicas específicas elaboradas pela CETESB.

**NORMA EM REVISÃO**

## **PARTE II – TERMO DE REFERÊNCIA PARA A ELABORAÇÃO DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS**

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 aplica-se 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 através desse 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 das hipóteses 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 seqüência de desenvolvimento dessas etapas.

### **3. 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 este 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;

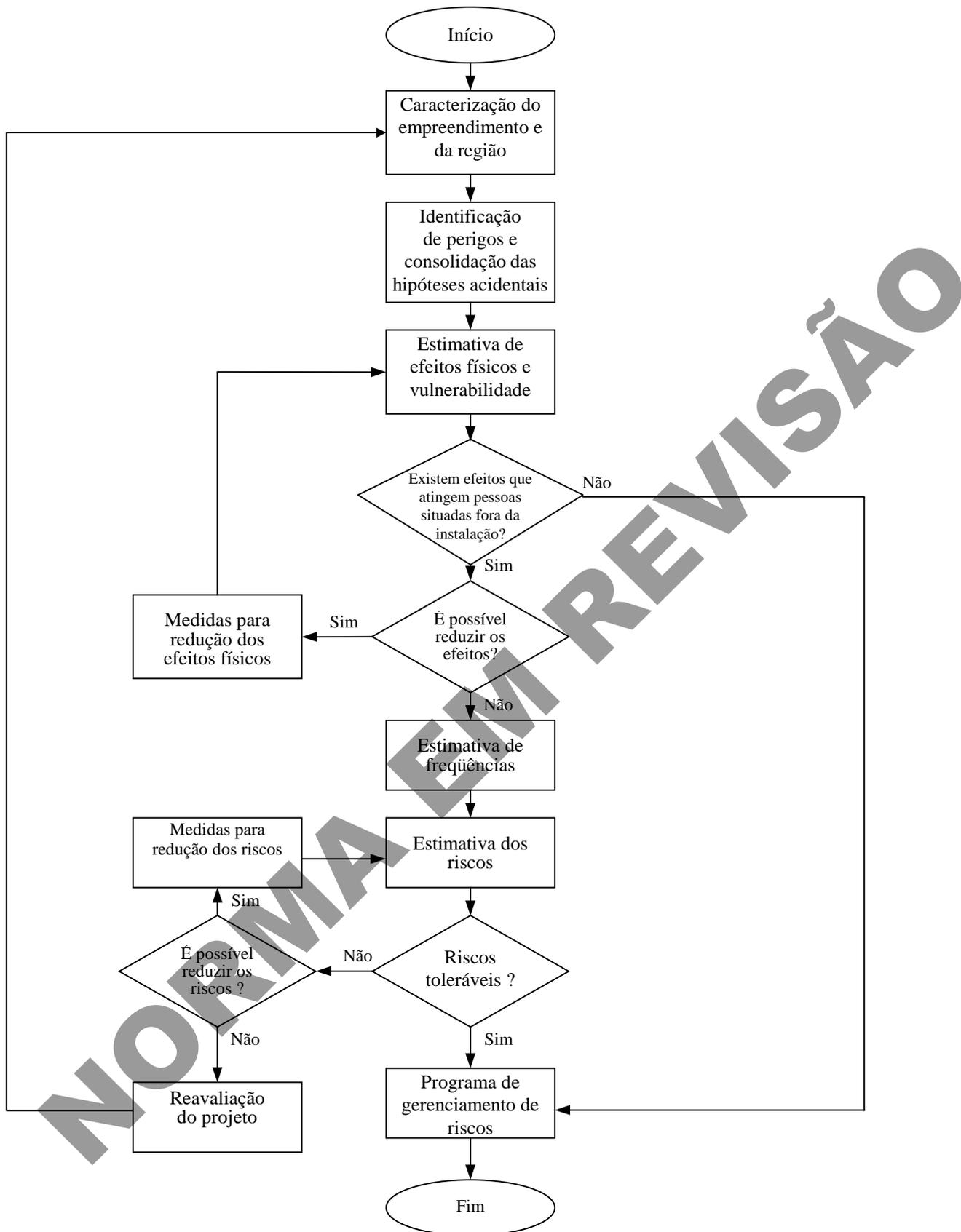


Figura 2 - Etapas para a elaboração de estudos de análise de riscos

- distribuição populacional da região;
- descrição física e *layout* da instalação, em escala;
- 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.

**Observação:** para a etapa de modelagem matemática de conseqüências, os derivados de petróleo listados na Tabela 7 poderão ser simulados como substâncias puras.

**Tabela 7 – Substâncias puras equivalentes a derivados de petróleo**

Derivado de petróleo	Substância pura
Gasolina automotiva	n-Hexano
GLP (gás liquefeito de petróleo)	Propano
Nafta	n-Pentano

#### 4. 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.

As técnicas disponíveis para a realização desta atividade são muitas 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.

##### 4.1 Técnicas para identificação de perigos

As técnicas que podem ser utilizadas para a identificação de perigos numa instalação industrial são várias. 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.

#### 4.1.1 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 uma 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 (consequências) e as categorias de severidade correspondentes (Tabela 8), 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.

**Tabela 8 - APP - Categorias de Severidade**

CATEGORIA DE SEVERIDADE	EFEITOS
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.

PERIGO	CAUSA	EFEITO	CATEGORIA DE SEVERIDADE	OBSERVAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

**Figura 3 – Exemplo de planilha para AP**

#### 4.1.2 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.

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 9 e 10.

A equipe deve identificar as causas de cada desvio e, caso surja uma consequência de interesse, avaliar 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 9 - 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 10 – Parâmetros, palavras-guias e desvios**

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

Os principais resultados obtidos 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**

## **5. CONSOLIDAÇÃO DAS HIPÓTESES ACIDENTAIS**

Identificados os perigos da instalação em estudo, as hipóteses acidentais consideradas devem ser claramente descritas, devendo ser estudadas pormenorizadamente nas etapas posteriores do trabalho.

Para tanto, deve-se estabelecer detalhadamente o critério considerado para a escolha das hipóteses acidentais consideradas 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 hipóteses acidentais a serem estudadas 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 das hipóteses acidentais escolhidas como relevantes.

## 6. ESTIMATIVA DOS EFEITOS FÍSICOS E AVALIAÇÃO DE VULNERABILIDADE

A estimativa dos efeitos físicos decorrentes dos 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 da hipótese acidental em estudo, prevendo situações de sucesso ou falha, de acordo com as interferências existentes até a sua conclusão, 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, que 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 as hipóteses acidentais identificadas 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 nas dispersões e explosões de nuvens de gás ou vapor.

### 6.1 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 valores dos últimos três anos, considerando:

- temperatura ambiente e umidade relativa do ar: adotar a média para os períodos diurno e noturno;
- velocidade do vento: adotar a média para os períodos diurno e noturno, indicando a altura da medição;
- categoria de estabilidade atmosférica (Pasquill): adotar aquelas compatíveis com as velocidades de vento para os períodos diurno e noturno, de acordo com a Tabela 11;
- direção do vento: adotar pelo menos oito direções com suas respectivas probabilidades de ocorrência, indicando o sentido do vento **DE → PARA**. Ex: (N→S 15%; NW→SE 21%).

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: 12,5 % (distribuição uniforme 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: 12,5 % (distribuição uniforme em oito direções).

**Tabela 11 – 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.

## 6.2 Topografia

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

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

### 6.3 Tempo de vazamento

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

### 6.4 Área de poça

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

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

### 6.5 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.

### 6.6 Rendimento de explosão

Caso o modelo utilizado para cálculo da sobrepressão proveniente de uma explosão requeira o seu rendimento, 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.

### 6.7 Valores de referência

#### 6.7.1 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>, que 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 segundo 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.

**Observação:** para a etapa de modelagem matemática de conseqüências, os derivados de petróleo listados na Tabela 7 poderão ser simulados como substâncias puras.

### 6.7.2 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.

### 6.8 Distâncias a serem consideradas

Para cada cenário acidental estudado as distâncias a serem apresentadas deverão ser sempre 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 (*CVE*)”, 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 6.7.2.

## 6.9 Apresentação dos resultados

### 6.9.1 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.

A seguir, apresenta-se algumas sugestões da forma de apresentação dos dados de entrada (Tabela 12) e dos resultados (Tabelas 13 e 14) para um determinado cenário acidental.

**Tabela 12 – Exemplo – Dados de entrada**

Parâmetro	Valor
Substância	
Velocidade do vento a <b>X</b> m de altura (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)	
Altura do ponto de vazamento (kgf/cm <sup>2</sup> )	
Categoria de estabilidade atmosférica	

**Tabela 13 – 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 14 – 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 LII	
UVCE	Distância (m) para 0,1 bar	
	Distância (m) para 0,3 bar	

### 6.9.2 Mapas

Os resultados dos efeitos físicos decorrentes de cada um dos cenários acidentais deverão ser plotados 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, que deverão estar devidamente caracterizadas, ou seja, deverão conter informações sobre os tipos de edificações (residenciais, industriais, comerciais, hospitalares, escolares, recreativas) presentes nas áreas de risco e o número de pessoas atingidas, entre outras informações relevantes.

## 7. 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 por Árvores de Falhas (AAF)* para a estimativa das frequências.

A Análise por Árvore de Falhas (AAF) é uma técnica dedutiva que permite identificar as causas básicas de acidentes e de falhas num determinado sistema, além de possibilitar 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 antropogênicos 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 expressa 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, estabelecidas a partir de condições operacionais médias (pressão, vazão, temperatura). 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.

## 8. 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 consequências, 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.

### 8.1 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 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, como por exemplo, através do uso de dados médios de

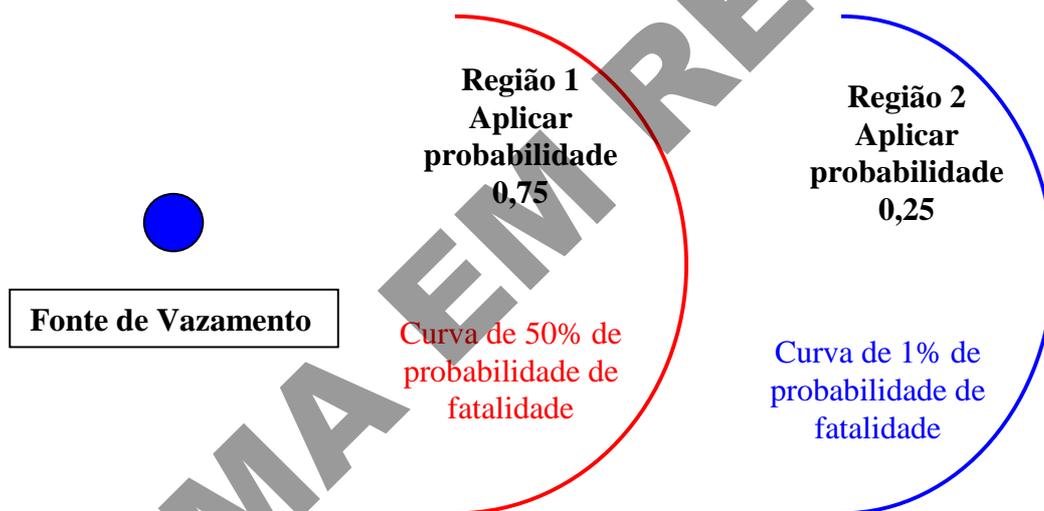
distribuição populacional; no entanto, deve-se estar atento quanto ao emprego dessas generalizações, que podem induzir a erros significativos na estimativa dos riscos, razão pela qual esses procedimentos devem ser tratados com a devida cautela. Ressalta-se que os dados oriundos de censos de densidade demográfica em áreas urbanas não devem ser utilizados para a estimativa da população exposta numa determinada área.

Para cada tipologia acidental, 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 direções de vento adotadas, 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 as 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 entre as curvas com probabilidades de fatalidade de 50% e 1%.

A Figura 6 mostra de forma mais clara a estimativa do número de ritmos.



**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  $i$ ;
- $Ne_{k1}$  = número de pessoas presentes e expostas no quadrante  $k$  até a distância delimitada pela curva correspondente à probabilidade de fatalidade de 50%;
- $Ne_{k2}$  = 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 dentro da nuvem, até o limite da curva correspondente ao Limite Inferior de Inflamabilidade (LII); assim tem-se:

$$N_{ik} = Ne_k$$

Onde:

- $N_{ik}$  = número de fatalidades resultante do evento final  $i$ ;  
 $Ne_k$  = 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, a incidência do vento no quadrante e a probabilidade de ignição, 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:

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

Onde:

- $F_i$  = frequência de ocorrência do evento final  $i$ ;  
 $f_i$  = frequência de ocorrência do evento  $i$ ;  
 $p_k$  = 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:

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

Onde:

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

## 8.2 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 este 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 aquele 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 (ano<sup>-1</sup>))
- $RI_{x,y,i}$  = risco de fatalidade no ponto x,y devido ao evento i;  
(chance de fatalidade por ano (ano<sup>-1</sup>))
- n = número total de eventos considerados na análise.

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

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

Onde:

- $RI_{x,y,i}$  = risco de fatalidade no ponto x,y devido ao evento i;  
(chance de fatalidade por ano (ano<sup>-1</sup>))
- $F_i$  = frequência de ocorrência do evento final i;
- $p_{fi}$  = probabilidade que o evento i resulte em fatalidade no ponto x,y, de acordo com os efeitos resultantes das conseqüências esperadas.

### 8.3 Avaliação dos riscos

A avaliação dos riscos impostos ao ser humano por um empreendimento depende de uma série de variáveis, cujo resultado pode apresentar um nível razoável de incerteza, decorrente 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, que 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.

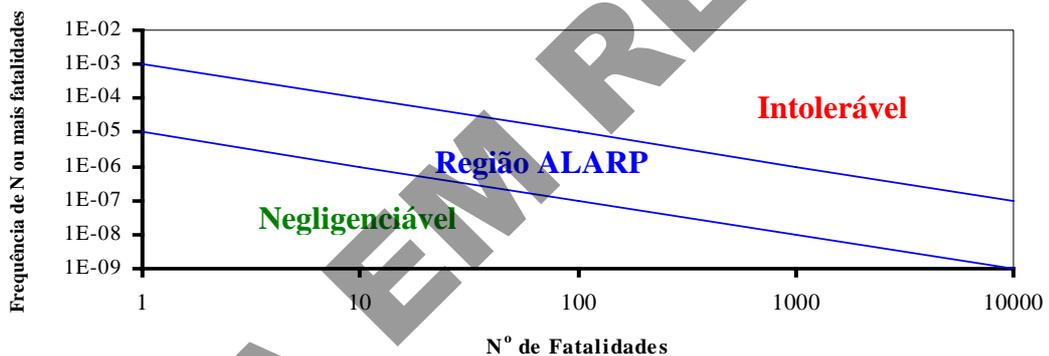


Figura 7 – Curva F-N de tolerabilidade para risco social

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, as curvas de riscos social e individual deverão estar situadas 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 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.

## 9. 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 vistas à prevenção de acidentes.

### 9.1 Programa de Gerenciamento de Riscos I

O escopo aqui apresentado se aplica a empreendimentos de médio e grande porte, devendo 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 a 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 os resultados de auditorias, serviços de manutenção e treinamentos, devem estar disponíveis para verificação sempre que necessária pelos órgãos responsáveis, razão pela qual devem ser mantidas em arquivo por, pelo menos, seis anos.

### 9.1.1 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 ambiental, de produção 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 tomados, 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.

### 9.1.2 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.

### 9.1.3 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.

### 9.1.4 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 monitorização 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 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.

### 9.1.5 Procedimentos operacionais

Todas as atividades e operações realizadas em instalações industriais devem estar previstas em procedimentos claramente estabelecidos, que 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.

### 9.1.6 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 houver modificações nos procedimentos ou nas instalações, os funcionários envolvidos deverão, obrigatoriamente, ser treinados sobre as alterações implementadas antes do retorno às suas atividades.

### 9.1.7 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, que 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.

### 9.1.8 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 layout, incluindo a vizinhança sob risco, listas de acionamento (internas e externas), listas de equipamentos, sistemas de comunicação e alternativos de energia elétrica, relatórios, etc.

### 9.1.9 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.

### 9.2 Programa de Gerenciamento de Riscos II

O escopo aqui apresentado se aplica a empreendimentos de pequeno porte, devendo contemplar as seguintes atividades:

- informações de segurança de processo;
- manutenção e garantia da integridade de sistemas críticos;
- procedimentos operacionais;
- capacitação de recursos humanos;
- plano de ação de emergência (PAE).

O conteúdo de cada uma das atividades acima relacionadas deve contemplar o descrito nos respectivos subitens apresentados em 9.1.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- AIChE/CCPS. International conference and workshop on risk analysis in process safety. Atlanta, 1997.
- American Institute of Chemical Engineers (AIChE). Guidelines for hazard evaluation procedures. New York, 1992.
- American Institute of Chemical Engineers (AIChE). Guidelines for chemical process quantitative risk analysis. New York, 1989.
- API. Management of process hazards, recommended practice 750. 1<sup>st</sup> Ed., USA, 1999.
- BALL, D. J. & FLOYD, P. J. Societal risks. London, 1998.
- CARBOCLORO. Plano de gerenciamento de segurança de processo. Cubatão, 1998.
- CETESB. Apostila do curso introdução à análise de riscos. São Paulo, 1994.
- CETESB. Banco de dados de produtos químicos (PRD). São Paulo, 1988.
- CETESB. Critérios 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.
- CETESB. Legislação Federal – Controle da poluição ambiental. São Paulo, 1988.
- CETESB. Manual de orientação para a elaboração de estudos de análise de riscos. São Paulo, 1994.
- CETESB. Metodologia para a classificação de instalações industriais quanto à periculosidade. São Paulo, 1996.
- Chemical Industries Association. A guide to hazard and operability studies. London, 1987.
- Comunidades Europeas. Directiva 96/82/CE del Consejo. Diário Oficial de Las Comunidades Europeas, 1997.
- CONCAWE. Methodologies for hazard analysis and risk assessment in the petroleum refining and storage industry. Report # 10, 1982.
- DNV Technica Limited. Process hazard analysis software tools (PHAST) – User Manual – Version 5.22, London, 1995.
- GOW, H. B. F. & KEY, R. W. Emergency planning for industrial hazards. London, Elsevier Applied Science, 1988.
- HSE. Risk criteria for land-use planning in the vicinity of major industrial hazards. London, 1989.
- HSE. Risks from hazardous pipelines in the United Kingdom. HSE Contract Research Report No. 82/1994, Norwich, 1998.

- 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.
  - LEES, Frank P. Loss prevention in the process industries, 2<sup>nd</sup> Ed., Vol. 1. Butterworths, London, 1996.
  - LEWIS, D. J. Risk analysis of six potentially hazardous industrial objects in the Rijmond área, a pilot study. Holland, D. Reidel Publishing Company, 1982.
  - LIMA E SILVA, P. P. *et al.* Dicionário brasileiro de ciências ambientais. Thex Editora, Rio de Janeiro, 1999.
  - PETROBRAS. Processo de gerenciamento de riscos. Rio de Janeiro, 1997.
  - USEPA. Federal Register, Vol. 61, No. 120, Rules & Regulations. USA, 1996.
  - USEPA. General guidance for risk management programs (40 CFR Part 68). Chemical Emergency Preparedness and Prevention Office, USA, 1998.
  - WRIGHT, P. G. Pipeline risk assessment. New Pipeline Regulations Conference, HSE & The Institution of Gas Engineers, London, 1996.
- 

.../ Anexo A

**ANEXO A**

**LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS**

**NORMA EM REVISÃO**

../Anexo A

## ANEXO A – LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS

LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS					
<i>Nome da Substância</i>	<i>CAS</i>	<i>Estado Físico</i>	<i>Class.</i>	<i>Tabela a ser utilizada</i>	<i>Pág.</i>
Ácido nítrico	7697-37-2	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Acrilonitrila	107-13-1	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Acroleína	107-02-8	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Álcool alílico	107-18-6	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Amônia	7664-41-7	Gás	3	AMÔNIA	51
Arsina	7784-42-1	Gás	4	CLORO	59
Brometo de alila	106-95-6	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Brometo de hidrogênio	10035-10-6	Gás	3	AMÔNIA	52
Brometo de metila	74-83-9	Gás	3	BROMETO DE METILA	53
Bromo	7726-95-6	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
sec-Butilamina	13952-84-6	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Chumbo tetrametila	75-74-1	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Cianeto de hidrogênio	74-90-8	Gás	4	CIANETO DE HIDROGÊNIO	55
Cianogênio	460-19-5	Gás	4	CLORO	59
Cloreto de boro	10294-34-5	Gás	3	AMÔNIA	51
Cloreto de cianogênio	506-77-4	Gás	4	CLORO	59
Cloreto de cloroacetila	79-04-9	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Cloreto de hidrogênio	7647-01-0	Gás	3	CLORETO DE HIDROGÊNIO	57
Cloreto de tionila	7719-09-7	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Cloro	7782-50-5	Gás	4	CLORO	59
Cloroacetaldeído	107-20-0	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
bis-(Clorometil)éter	542-88-1	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Clorometilmetiléter	107-30-2	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Cloropicrina	76-06-2	Líquido	4	ACROLEÍNA	5
Crotonaldeído	123-73-9	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Diborano	19287-45-7	Gás	4	CLORO	59
Dibromoetileno	106-93-4	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Difluoreto de oxigênio	7783-41-7	Gás	4	CLORO	59
Dimetildiclorosilano	75-78-4	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
1,1-Dimetilhidrazina	57-14-7	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Dióxido de cloro	10049-04-4	Gás	3	AMÔNIA	51
Dióxido de enxofre	7446-09-5	Gás	3	DIÓXIDO DE ENXOFRE	61
Dióxido de nitrogênio	10102-44-0	Gás	4	DIÓXIDO DE NITROGÊNIO	63
Epicloridrina	106-89-8	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Etilenoimina	151-56-4	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Fluoreto de carbonila	353-50-4	Gás	4	CLORO	59
Fluoreto de cloro	7790-91-2	Gás	4	CLORO	59
Fluoreto de hidrogênio	7664-39-3	Gás	3	FLUORETO DE HIDROGÊNIO	65
Fluoreto de perclorila	7616-94-6	Gás	3	AMÔNIA	51
Fosfina	7803-51-2	Gás	4	CLORO	59
Fosgênio	77-44-5	Gás	4	FOSGÊNIO	67
Hidrazina	302-01-2	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Hidroperóxido de terc-butila	75-91-2	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Isobutilamina	78-81-9	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Isocianato de metila	624-83-9	Líquido	4	ISOCIANATO DE METILA	69
Metacrilonitrila	126-98-7	Líquido	3	ACRILONITRILA	49
Metilclorosilano	75-79-6	Líquido	3	ACRILONITRILA	49

LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS					
<i>Nome da Substância</i>	<i>CAS</i>	<i>Estado Físico</i>	<i>Class.</i>	<i>Tabela a ser utilizada</i>	<i>Pág.</i>
Metilhidrazina	60-34-4	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Metilvinilcetona	78-94-4	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Niquelcarbonila	13463-39-3	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Nitrito de etila	109-95-5	Gás	3	AMÔNIA	51
Oxicloreto de fósforo	10025-10-6	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Óxido de etileno	75-21-8	Gás	3	ÓXIDO DE ETILENO	70
Óxido nítrico	10102-43-9	Gás	3	AMÔNIA	51
Ozônio	10028-15-6	Gás	4	CORO	59
Pentaborano	19624-22-7	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Pentacarbonila de ferro	13463-40-6	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Propionitrila	107-12-0	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Sulfeto de hidrogênio	7783-064	Gás	3	SULFETO DE HIDROGÊNIO	72
Tetracloro de titânio	7550-45-0	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Tricloreto de arsênio	7784-34-1	Líquido	3	ACRILONITRILA	50
Tricloreto de boro	10294-34-5	Gás	3	AMÔNIA	51
Tricloreto de fósforo	7719-12-2	Líquido	4	ACROLEÍNA	50
Trifluorcloroetileno	79-38-9	Gás	3	AMÔNIA	51
Trimetilclorosilano	75-77-4	Líquido	3	ACRILONITRILA	49

.../ Anexo – B

**ANEXO B**

**LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS**

**NORMA EM REVISÃO**

.../Anexo B

## ANEXO B – LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS

LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS				
<i>Nome da Substância</i>	<i>CAS</i>	<i>Estado Físico</i>	<i>Tabela a ser utilizada</i>	<i>Pág.</i>
Acetaldeído	75-07-0	Líquido	n-PENTANO	111
Acetato de etila	141-78-6	Líquido	BENZENO	77
Acetato de metila	79-20-9	Líquido	n-PENTANO	111
Acetato de vinila	74-86-2	Líquido	ACETATO DE VINILA	75
Acetileno	74-86-2	Gás	PROPANO	112
Acetona	67-64-1	Líquido	ACETONA	76
Acetonitrila	75-05-8	Líquido	BENZENO	77
Acrilato de etila	140-88-5	Líquido	BENZENO	77
Acrilato de metila	96-33-3	Líquido	BENZENO	77
Benzeno	71-43-2	Líquido	BENZENO	77
1,3-Butadieno	106-99-0	Gás	1,3-BUTADIENO	78
n-Butano	106-97-8	Gás	n-BUTANO	80
n-Butanol	71-36-3	Líquido	n-BUTANOL	82
Buteno	106-98-9	Gás	BUTENO	83
terc-Butilamina	75-64-9	Líquido	n-PENTANO	111
Ciclohexano	110-82-7	Líquido	BENZENO	77
Ciclopentano	287-92-3	Líquido	n-PENTANO	111
Ciclopropano	75-19-4	Gás	PROPANO	112
Cloreto de acetila	75-36-5	Líquido	n-PENTANO	111
Cloreto de alila	107-05-1	Líquido	n-PENTANO	111
Cloreto de etila	75-00-3	Gás	PROPANO	112
Cloreto de metila	74-87-3	Gás	PROPANO	112
Cloreto de vinila	75-01-4	Gás	CLORETO DE VINILA	85
Cloreto de vinilideno	75-35-4	Líquido	n-PENTANO	111
Dicloroetileno	107-06-2	Líquido	BENZENO	77
Dietilamina	109-89-7	Líquido	n-PENTANO	111
Dimetilamina	124-40-3	Gás	DIMETILAMINA	87
Dissulfeto de carbono	75-15-0	Líquido	DISSULFETO DE CARBONO	89
Estireno	100-42-5	Líquido	ESTIRENO	90
Etano	78-84-0	Gás	ETANO	91
Etanol	64-17-5	Líquido	ETANOL	93
Éter dietílico	60-29-7	Líquido	n-PENTANO	111
Éter dimetílico	115-10-6	Gás	PROPANO	112
Éter isopropílico	108-20-3	Líquido	n-PENTANO	111
Etilamina	75-04-7	Gás	PROPANO	112
Etilbenzeno	100-41-4	Líquido	BENZENO	77
Etileno	74-85-1	Gás	ETILENO	94
Etilenodiamina	107-15-3	Líquido	BENZENO	77
Etilmercaptana	75-08-1	Líquido	n-PENTANO	111
Formiato de etila	109-94-4	Líquido	n-PENTANO	111
<b>Gasolina automotiva</b>	-	<b>Líquido</b>	<b>n-HEXANO</b>	<b>99</b>
GLP	68476-85-7	Gás	GLP	96
n-Heptano	142-82-5	Líquido	n-HEPTANO	98
n-Hexano	110-54-3	Líquido	n-HEXANO	99
Hidrogênio	133-74-0	Gás	HIDROGÊNIO	100
Isobutanol	78-83-1	Líquido	ISOBUTANOL	102
Isopreno	78-79-0	Líquido	n-PENTANO	111
Isopropanol	67-63-0	Líquido	ISOPROPANOL	103

LISTAGEM DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS

<b>Nome da Substância</b>	<b>CAS</b>	<b>Estado</b>	<b>Tabela a ser utilizada</b>	<b>Pág.</b>
		<b>Físico</b>		
Isopropilamina	75-31-0	Líquido	n-PENTANO	111
Metano	74-82-8	Gás	METANO	104
Metanol	67-56-1	Líquido	METANOL	106
Metilamina	74-89-5	Gás	METILAMINA	107
<b>Nafta</b>	<b>8030-30-6</b>	<b>Líquido</b>	<b>n-PENTANO</b>	<b>111</b>
Nitrometano	75-52-5	Líquido	n-PENTANO	111
n-Octano	111-65-9	Líquido	n-OCTANO	109
Óxido de propileno	75-56-9	Líquido	ÓXIDO DE PROPILENO	110
n-Pentano	109-66-0	Líquido	n-PENTANO	111
Piridina	110-86-1	Líquido	BENZENO	77
Propano	74-98-6	Gás	PROPANO	112
Propileno	115-07-1	Gás	PROPILENO	114
Propionaldeído	123-38-6	Líquido	n-PENTANO	111
Sulfeto de dimetila	75-18-30	Líquido	n-PENTANO	111
Tetrahidreto de silicone	7803-62-5	Gás	PROPANO	112
Tolueno	108-88-3	Líquido	TOLUENO	116
Triclorosilano	10025-78-2	Líquido	n-PENTANO	111
Trietilamina	121-44-8	Líquido	TRIETILAMINA	117
Trimetilamina	75-50-3	Gás	TRIMETILAMINA	119
m-Xileno	108-38-3	Líquido	m-XILENO	120

... / Anexo – C

**ANEXO C**

**RELAÇÃO ENTRE AS QUANTIDADES DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS E DISTÂNCIAS  
SEGURAS**

**NORMA EM REVISÃO**

**../Anexo C**

**ANEXO C – RELAÇÃO ENTRE AS QUANTIDADES DE SUBSTÂNCIAS TÓXICAS E DISTÂNCIAS SEGURAS**

Substância:	<b>Acrilonitrila</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	Distância (m)
5	19
10	26
20	34
30	40
40	45
50	49
60	53
70	57
80	60
90	63
100	66
200	67
300	80
400	92
500	102
600	111
700	118
800	127
900	134
1000	142
1500	152
2000	166
2500	187
3000	206
3500	223
4000	238
4500	249
5000	267
5500	276
6000	286
6500	308
7000	316
7500	325
8000	333
8500	341
9000	357
9500	365
10000	372
20000	452
30000	562
40000	623
50000	697
60000	766
70000	833
80000	873
90000	933
100000	969

Substância:	<b>Acroleína</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	Distância (m)
5	149
10	211
20	301
30	369
40	426
50	478
60	523
70	566
80	606
90	644
100	680
200	726
300	903
400	1045
500	1170
600	1299
700	1412
800	1514
900	1600
1000	1699
1500	1753
2000	2030
2500	2274
3000	2526
3500	2741
4000	2938
4500	3128
5000	3309
5500	3486
6000	3650
6500	3811
7000	3965
7500	4117
8000	4271
8500	4411
9000	4551
9500	4691
10000	4823
20000	6121
30000	7560
40000	8931
50000	10180
60000	11340
70000	12430
80000	13450
90000	14430
100000	15380

Substância :	<b>Amônia</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	44
50	70
100	86
150	98
200	107
250	115
300	122
350	127
400	133
450	137
500	143
550	147
600	151
650	152
700	155
750	160
800	165
850	169
900	171
950	175
1000	177
1500	204
2000	226
2500	244
3000	260
3500	273
4000	283
4500	296
5000	307
5500	317
6000	328
6500	338
7000	345
7500	353
8000	361
8500	369
9000	378
9500	391
10000	403
11000	405
12000	426
13000	435
14000	444
15000	460
16000	469
17000	485
18000	494
19000	502
20000	508

Substância :	<b>Amônia</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	669
50000	710
60000	759
70000	805
80000	856
90000	893
100000	920
150000	1073
200000	1185
250000	1290
300000	1382
350000	1479
400000	1527
450000	1614
500000	1668

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	<b>Brometo de Metila</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	12
50	20
100	26
150	29
200	33
250	35
300	38
350	40
400	42
450	44
500	45
550	47
600	50
650	53
700	56
750	58
800	59
850	62
900	63
950	65
1000	66
1500	81
2000	96
2500	108
3000	119
3500	128
4000	141
4500	147
5000	155
5500	162
6000	165
6500	177
7000	181
7500	185
8000	191
8500	194
9000	196
9500	203
10000	204
11000	216
12000	224
13000	228
14000	250
15000	258
16000	263
17000	265
18000	273
19000	281
20000	285
30000	325

Substância :	<b>Brometo de Metila</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	370
50000	398
60000	436
70000	458
80000	477
90000	514
100000	527
150000	528
200000	620
250000	695
300000	791
350000	830
400000	915
450000	955
500000	982

**NORMA EM REVISÃO**

Substância : Massa (kg)	Cianeto de hidrogênio Distância (m)
10	26
50	29
100	36
150	42
200	47
250	51
300	54
350	58
400	61
450	63
500	66
550	69
600	71
650	74
700	76
750	78
800	79
850	81
900	84
950	86
1000	87
1500	103
2000	114
2500	127
3000	140
3500	151
4000	161
4500	633
5000	659
5500	684
6000	709
6500	728
7000	747
7500	768
8000	790
8500	803
9000	820
9500	842
10000	858
11000	887
12000	891
13000	902
14000	915
15000	933
16000	948
17000	976
18000	996
19000	1018
20000	1031
30000	1109

Substância :	<b>Cianeto de hidrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	1278
50000	1747
60000	1771
70000	1842
80000	1935
90000	2022
100000	2101
150000	2480
200000	2776
250000	3179
300000	3416
350000	3710
400000	4042
450000	4158
500000	4405

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	<b>Cloreto de hidrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	29
50	45
100	53
150	62
200	66
250	67
300	74
350	78
400	79
450	83
500	87
550	92
600	97
650	98
700	101
750	107
800	109
850	113
900	114
950	115
1000	116
1500	131
2000	133
2500	150
3000	162
3500	188
4000	200
4500	207
5000	212
5500	217
6000	228
6500	230
7000	239
7500	240
8000	244
8500	248
9000	258
9500	261
10000	265
11000	273
12000	278
13000	280
14000	281
15000	282
16000	285
17000	289
18000	290
19000	334
20000	337
30000	414

Substância :	<b>Cloreto de hidrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	448
50000	482
60000	508
70000	536
80000	555
90000	571
100000	585
150000	660
200000	842
250000	911
300000	965
350000	970
400000	1014
450000	1045
500000	1093

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	Cloro
Massa (kg)	Distância (m)
10	53
50	85
100	104
150	117
200	128
250	137
300	146
350	154
400	160
450	167
500	173
550	179
600	184
650	189
700	194
750	198
800	202
850	207
900	211
950	215
1000	218
1500	250
2000	276
2500	296
3000	315
3500	331
4000	347
4500	361
5000	373
5500	386
6000	396
6500	408
7000	417
7500	424
8000	436
8500	447
9000	454
9500	464
10000	472
11000	486
12000	498
13000	512
14000	526
15000	539
16000	549
17000	561
18000	573
19000	583
20000	593
30000	683

Substância :	<b>Cloro</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	758
50000	819
60000	874
70000	922
80000	969
90000	1004
100000	1043
150000	1204
200000	1345
250000	1457
300000	1548
350000	1638
400000	1716
450000	1793
500000	1854

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	<b>Dióxido de enxofre</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	36
50	63
100	79
150	91
200	101
250	107
300	114
350	121
400	126
450	133
500	138
550	140
600	144
650	149
700	151
750	154
800	159
850	160
900	164
950	166
1000	170
1500	193
2000	210
2500	225
3000	239
3500	252
4000	263
4500	272
5000	282
5500	290
6000	297
6500	309
7000	317
7500	324
8000	331
8500	335
9000	338
9500	346
10000	352
11000	366
12000	373
13000	384
14000	394
15000	405
16000	412
17000	419
18000	427
19000	436
20000	442
30000	505

Substância :	<b>Dióxido de enxofre</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	559
50000	604
60000	642
70000	675
80000	707
90000	734
100000	771
150000	884
200000	984
250000	1075
300000	1136
350000	1205
400000	1270
450000	1334
500000	1398

**NORMA EM REVISÃO**

Substância : Massa (kg)	Dióxido de nitrogênio Distância (m)
10	33
50	58
100	71
150	83
200	91
250	96
300	100
350	105
400	115
450	120
500	124
550	128
600	133
650	136
700	140
750	143
800	146
850	148
900	149
950	151
1000	152
1500	187
2000	208
2500	218
3000	227
3500	247
4000	257
4500	258
5000	263
5500	312
6000	323
6500	332
7000	347
7500	354
8000	363
8500	369
9000	371
9500	375
10000	380
11000	384
12000	387
13000	390
14000	401
15000	412
16000	424
17000	433
18000	448
19000	451
20000	463
30000	542

Substância :	<b>Dióxido de nitrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	689
50000	751
60000	821
70000	828
80000	914
90000	939
100000	1007
150000	1236
200000	1382
250000	1498
300000	1654
350000	1840
400000	1873
450000	1995
500000	2132

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	Fluoreto de hidrogênio
Massa (kg)	Distância (m)
10	32
50	49
100	60
150	69
200	75
250	79
300	84
350	87
400	92
450	94
500	98
550	100
600	102
650	105
700	107
750	110
800	112
850	113
900	114
950	118
1000	119
1500	133
2000	146
2500	157
3000	167
3500	176
4000	183
4500	189
5000	194
5500	201
6000	206
6500	211
7000	215
7500	219
8000	226
8500	230
9000	234
9500	240
10000	244
11000	248
12000	254
13000	257
14000	267
15000	273
16000	276
17000	282
18000	285
19000	292
20000	297
30000	336

Substância :	<b>Fluoreto de hidrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	371
50000	403
60000	423
70000	440
80000	464
90000	475
100000	496
150000	564
200000	631
250000	664
300000	708
350000	738
400000	775
450000	809
500000	836

**NORMA EM REVISÃO**

Substância :	Fosgênio
Massa (kg)	Distância (m)
10	77
50	130
100	171
150	198
200	220
250	238
300	257
350	271
400	284
450	295
500	309
550	320
600	329
650	340
700	349
750	361
800	370
850	376
900	382
950	389
1000	396
1500	455
2000	512
2500	554
3000	589
3500	625
4000	647
4500	679
5000	705
5500	729
6000	751
6500	772
7000	795
7500	817
8000	842
8500	854
9000	873
9500	889
10000	912
11000	934
12000	961
13000	991
14000	1014
15000	1044
16000	1062
17000	1079
18000	1111
19000	1127
20000	1149
30000	1333

Substância :	Fosgênio
Massa (kg)	Distância (m)
40000	1480
50000	1598
60000	1716
70000	1819
80000	1908
90000	2006
100000	2082
150000	2426
200000	2697
250000	2934
300000	3130
350000	3316
400000	3515
450000	3646
500000	3810

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>Isocianato de metila</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	Distância (m)
5	150
10	214
20	305
30	377
40	436
50	489
60	536
70	581
80	629
90	665
100	704
200	787
300	984
400	1162
500	1299
600	1447
700	1585
800	1662
900	1764
1000	1852
1500	2024
2000	2360
2500	2516
3000	2938
3500	3205
4000	3360
4500	3656
5000	3761
5500	4121
6000	4321
6500	4511
7000	4569
7500	4640
8000	4811
8500	4979
9000	5139
9500	5300
10000	5455
20000	7602
30000	9425
40000	10910
50000	12500
60000	14590
70000	16690
80000	18130
90000	19520
100000	20850

Substância :	Óxido de etileno
Massa (kg)	Distância (m)
10	32
50	53
100	66
150	75
200	82
250	87
300	92
350	97
400	101
450	105
500	109
550	112
600	115
650	118
700	120
750	122
800	126
850	128
900	130
950	133
1000	136
1500	155
2000	171
2500	183
3000	195
3500	205
4000	215
4500	222
5000	232
5500	237
6000	245
6500	251
7000	257
7500	263
8000	268
8500	274
9000	280
9500	285
10000	290
11000	299
12000	308
13000	318
14000	323
15000	324
16000	341
17000	350
18000	357
19000	365
20000	357
30000	409

Substância :	<b>Óxido de etileno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	449
50000	503
60000	534
70000	564
80000	594
90000	617
100000	614
150000	726
200000	801
250000	865
300000	883
350000	976
400000	1023
450000	1024
500000	1025

**NORMA EM REVISÃO**

Substância	Sulfeto de Hidrogênio
Massa (kg)	Distância (m)
10	49
50	78
100	97
150	109
200	119
250	128
300	136
350	143
400	149
450	156
500	163
550	167
600	173
650	179
700	182
750	187
800	191
850	195
900	199
950	204
1000	207
1500	241
2000	269
2500	290
3000	315
3500	332
4000	347
4500	362
5000	375
5500	386
6000	395
6500	410
7000	421
7500	432
8000	443
8500	447
9000	458
9500	467
10000	476
11000	493
12000	511
13000	524
14000	541
15000	552
16000	566
17000	580
18000	592
19000	609
20000	615
30000	707

Substância	Sulfeto de Hidrogênio
Massa (kg)	Distância (m)
40000	776
50000	842
60000	894
70000	947
80000	993
90000	1039
100000	1077
150000	1245
200000	1399
250000	1497
300000	1610
350000	1698
400000	1785
450000	1852
500000	1922

.../Anexo D

**NORMA EM REVISÃO**

**ANEXO D**

**RELAÇÃO ENTRE AS QUANTIDADES DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS E DISTÂNCIAS  
SEGURAS**

**NORMA EM REVISÃO**

.../Anexo D

**ANEXO D – RELAÇÃO ENTRE AS QUANTIDADES DE SUBSTÂNCIAS INFLAMÁVEIS E DISTÂNCIAS SEGURAS**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Acetato de Vinila Distância (m)
5	1,0
10	12,0
20	13,0
30	14,0
40	16,0
50	16,5
60	17,0
70	17,5
80	24,0
90	26,0
100	27,0
200	27,5
300	31,0
400	37,0
500	41,0
600	43,0
700	45,0
800	47,0
900	50,0
1000	52,0
1500	52,5
2000	58,0
2500	63,0
3000	68,0
3500	72,0
4000	76,0
4500	79,0
5000	82,0
5500	85,0
6000	89,0
6500	92,0
7000	95,0
7500	97,0
8000	100,0
8500	102,0
9000	104,0
9500	106,0
10000	108,0
20000	127,0
30000	150,0
40000	169,0
50000	185,5
60000	201,0
70000	214,0
80000	227,0
90000	238,0
100000	242,5

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Acetona Distância (m)
5	0
10	11
20	15
30	18
40	21
50	24
60	26
70	28
80	29
90	30
100	31
200	32
300	37
400	42
500	45
600	48
700	51
800	54
900	57
1000	59
1500	60
2000	66
2500	72
3000	75
3500	81
4000	86
4500	90
5000	94
5500	98
6000	100
6500	104
7000	107
7500	110
8000	113
8500	115
9000	118
9500	121
10000	123
20000	145
30000	169
40000	190
50000	208
60000	223
70000	238
80000	252
90000	264
100000	275

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Benzeno</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	14,0
30	16,0
40	17,0
50	24,0
60	26,0
70	27,0
80	28,0
90	30,0
100	31,0
200	31,5
300	40,0
400	45,0
500	49,5
600	55,0
700	59,0
800	62,0
900	66,0
1000	71,0
1500	71,5
2000	80,0
2500	88,0
3000	95,0
3500	100,0
4000	106,0
4500	111,0
5000	115,0
5500	119,0
6000	123,0
6500	127,0
7000	131,0
7500	134,0
8000	137,0
8500	141,0
9000	144,0
9500	147,0
10000	150,0
20000	175,0
30000	204,5
40000	229,0
50000	251,0
60000	270,0
70000	288,0
80000	305,0
90000	320,0
100000	335,0

Substância:	<b>Butadieno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	12
50	20
100	26
150	29
200	32
250	35
300	36
350	39
400	41
450	43
500	45
550	46
600	47
650	48
700	49
750	50
800	51
850	52
900	53
950	54
1000	55
1500	64
2000	71
2500	76
3000	81
3500	86
4000	90
4500	94
5000	97
5500	100
6000	103
6500	106
7000	110
7500	112
8000	115
8500	118
9000	120
9500	122
10000	124
11000	128
12000	132
13000	136
14000	140
15000	143
16000	146
17000	149
18000	151
19000	155
20000	158
30000	179

Substância:	<b>Butadieno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	198
50000	214
60000	227
70000	239
80000	249
90000	263
100000	269
150000	308
200000	342
250000	370
300000	393
350000	414
400000	434
450000	452
500000	468

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>n-Butano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	13
50	22
100	27
150	31
200	34
250	37
300	39
350	41
400	43
450	45
500	46
550	48
600	49
650	50
700	52
750	53
800	54
850	55
900	56
950	57
1000	58
1500	67
2000	73
2500	79
3000	84
3500	89
4000	93
4500	97
5000	100
5500	103
6000	107
6500	109
7000	112
7500	115
8000	118
8500	120
9000	122
9500	125
10000	127
11000	131
12000	135
13000	138
14000	142
15000	145
16000	149
17000	151
18000	155
19000	157
20000	160
30000	184

Substância:	<b>n-Butano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	202
50000	218
60000	232
70000	244
80000	255
90000	266
100000	276
150000	316
200000	349
250000	376
300000	400
350000	421
400000	441
450000	459
500000	476

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Butanol</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	3,0
50	3,5
60	4,0
70	4,5
80	5,0
90	5,5
100	6,0
200	6,5
300	7,0
400	7,5
500	14,5
600	23,0
700	24,0
800	24,5
900	25,0
1000	25,5
1500	26,0
2000	27,0
2500	28,0
3000	35,0
3500	36,0
4000	37,5
4500	38,5
5000	39,5
5500	40,0
6000	42,0
6500	44,5
7000	46,0
7500	47,0
8000	48,5
8500	49,5
9000	50,0
9500	51,0
10000	52,0
20000	60,0
30000	69,0
40000	78,0
50000	83,5
60000	89,0
70000	95,0
80000	99,0
90000	103,0
100000	103,5

Substância:	<b>Buteno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	12
50	21
100	26
150	30
200	33
250	36
300	38
350	39
400	41
450	43
500	44
550	46
600	47
650	49
700	50
750	51
800	53
850	54
900	55
950	56
1000	57
1500	66
2000	71
2500	77
3000	83
3500	87
4000	90
4500	94
5000	98
5500	101
6000	105
6500	108
7000	111
7500	114
8000	116
8500	118
9000	120
9500	122
10000	125
11000	129
12000	133
13000	136
14000	139
15000	143
16000	147
17000	150
18000	153
19000	155
20000	158
30000	181

Substância:	<b>Buteno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	200
50000	214
60000	228
70000	242
80000	254
90000	262
100000	273
150000	315
200000	346
250000	370
300000	397
350000	421
400000	438
450000	455
500000	471

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>Cloreto de vinila</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	6
50	10
100	13
150	17
200	18
250	21
300	23
350	25
400	26
450	27
500	28
550	29
600	31
650	32
700	33
750	34
800	35
850	36
900	37
950	38
1000	39
1500	46
2000	52
2500	57
3000	61
3500	65
4000	68
4500	70
5000	72
5500	73
6000	74
6500	77
7000	80
7500	82
8000	84
8500	86
9000	88
9500	90
10000	91
11000	95
12000	98
13000	104
14000	107
15000	108
16000	109
17000	112
18000	114
19000	116
20000	118
30000	137

Substância:	<b>Cloreto de vinila</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	154
50000	165
60000	172
70000	185
80000	192
90000	200
100000	207
150000	238
200000	263
250000	282
300000	301
350000	317
400000	332
450000	344
500000	357

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>Dimetilamina</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	12
50	21
100	26
150	29
200	32
250	34
300	36
350	38
400	40
450	42
500	43
550	45
600	46
650	47
700	48
750	50
800	51
850	52
900	53
950	54
1000	55
1500	62
2000	68
2500	74
3000	78
3500	82
4000	86
4500	89
5000	93
5500	95
6000	99
6500	101
7000	104
7500	106
8000	108
8500	111
9000	113
9500	115
10000	117
11000	121
12000	124
13000	128
14000	131
15000	134
16000	137
17000	140
18000	143
19000	145
20000	148
30000	170

Substância:	<b>Dimetilamina</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	187
50000	201
60000	214
70000	226
80000	236
90000	245
100000	254
150000	292
200000	323
250000	348
300000	369
350000	388
400000	408
450000	423
500000	439

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	Dissulfeto de carbono
Volume (m <sup>3</sup> )	Distância (m)
5	11
10	15
20	19
30	22
40	25
50	29
60	32
70	36
80	38
90	41
100	43
200	46
300	57
400	62
500	67
600	71
700	75
800	79
900	83
1000	86
1500	88
2000	107
2500	110
3000	114
3500	120
4000	124
4500	128
5000	138
5500	142
6000	148
6500	152
7000	156
7500	160
8000	164
8500	168
9000	172
9500	175
10000	178
20000	212
30000	248
40000	276
50000	294
60000	324
70000	344
80000	364
90000	381
100000	397

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Estireno</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	3,0
50	3,5
60	4,0
70	4,5
80	5,0
90	5,5
100	6,0
200	6,5
300	7,0
400	7,5
500	15,0
600	21,0
700	23,0
800	23,5
900	24,0
1000	25,0
1500	25,5
2000	26,0
2500	27,0
3000	28,0
3500	33,0
4000	35,0
4500	37,0
5000	38,0
5500	39,0
6000	40,0
6500	41,0
7000	41,5
7500	42,0
8000	43,0
8500	44,0
9000	46,0
9500	47,0
10000	48,0
20000	55,0
30000	65,0
40000	72,0
50000	78,0
60000	85,0
70000	89,0
80000	94,0
90000	98,0
100000	102,0

Substância:	Etano
Massa (kg)	Distância (m)
10	0
50	0
100	8
150	9
200	16
250	19
300	22
350	24
400	26
450	27
500	28
550	29
600	30
650	32
700	33
750	34
800	36
850	37
900	38
950	39
1000	40
1500	46
2000	58
2500	64
3000	69
3500	73
4000	77
4500	81
5000	84
5500	88
6000	91
6500	99
7000	101
7500	104
8000	106
8500	108
9000	110
9500	111
10000	113
11000	116
12000	121
13000	125
14000	129
15000	132
16000	136
17000	139
18000	142
19000	143
20000	144
30000	168

Substância:	<b>Etano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	183
50000	195
60000	215
70000	226
80000	236
90000	244
100000	251
150000	287
200000	319
250000	346
300000	367
350000	385
400000	404
450000	421
500000	435

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Etanol Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	13,0
50	14,0
60	14,5
70	15,0
80	15,5
90	16,0
100	16,5
200	17,0
300	23,0
400	26,0
500	27,0
600	28,5
700	29,0
800	33,0
900	36,0
1000	37,0
1500	37,5
2000	40,5
2500	43,0
3000	45,0
3500	49,5
4000	52,0
4500	55,0
5000	56,5
5500	58,0
6000	60,0
6500	61,0
7000	64,0
7500	66,0
8000	68,0
8500	69,0
9000	71,0
9500	72,0
10000	74,0
20000	86,0
30000	99,5
40000	111,0
50000	121,0
60000	121,5
70000	131,0
80000	147,0
90000	154,0
100000	161,0

Substância:	<b>Etileno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	0
50	7
100	15
150	17
200	20
250	23
300	25
350	28
400	30
450	32
500	33
550	35
600	36
650	37
700	38
750	39
800	40
850	41
900	42
950	43
1000	44
1500	53
2000	64
2500	70
3000	75
3500	80
4000	84
4500	88
5000	89
5500	91
6000	94
6500	97
7000	100
7500	102
8000	105
8500	107
9000	109
9500	111
10000	114
11000	118
12000	121
13000	125
14000	128
15000	132
16000	135
17000	138
18000	141
19000	143
20000	146
30000	170

Substância:	<b>Etileno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
30000	170
40000	193
50000	208
60000	222
70000	234
80000	245
90000	255
100000	265
150000	307
200000	340
250000	370
300000	389
350000	410
400000	429
450000	446
500000	462

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	GLP
Massa (kg)	Distância (m)
10	0
50	11
100	17
150	22
200	25
250	28
300	30
350	33
400	35
450	36
500	37
550	38
600	39
650	40
700	41
750	43
800	44
850	45
900	46
950	47
1000	48
1500	52
2000	58
2500	71
3000	76
3500	81
4000	84
4500	88
5000	90
5500	93
6000	95
6500	99
7000	101
7500	104
8000	106
8500	108
9000	110
9500	113
10000	115
11000	120
12000	123
13000	127
14000	132
15000	135
16000	138
17000	141
18000	143
19000	146
20000	148
30000	167

Substância:	<b>GLP</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	186
50000	202
60000	217
70000	227
80000	235
90000	244
100000	255
150000	294
200000	321
250000	345
300000	369
350000	388
400000	407
450000	425
500000	439

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	n-Heptano Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	14,0
40	15,0
50	16,0
60	16,5
70	23,0
80	25,0
90	26,0
100	27,0
200	27,5
300	31,0
400	37,0
500	41,0
600	44,0
700	47,0
800	51,0
900	55,0
1000	57,0
1500	57,5
2000	65,0
2500	70,0
3000	76,0
3500	80,0
4000	84,0
4500	87,0
5000	91,0
5500	94,0
6000	97,0
6500	100,0
7000	103,0
7500	106,0
8000	109,0
8500	111,0
9000	114,0
9500	116,0
10000	118,0
20000	137,0
30000	161,0
40000	180,0
50000	197,0
60000	211,0
70000	224,0
80000	236,5
90000	248,0
100000	259,0

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	n-Hexano Distância (m)
5	0,0
10	12,0
20	17,0
30	21,0
40	24,0
50	28,0
60	29,0
70	32,0
80	34,0
90	36,0
100	39,0
200	41,0
300	45,0
400	50,0
500	54,0
600	59,0
700	62,0
800	65,0
900	68,0
1000	70,0
1500	71,0
2000	79,0
2500	86,0
3000	92,0
3500	98,0
4000	103,0
4500	108,0
5000	113,0
5500	117,0
6000	121,0
6500	124,0
7000	128,0
7500	131,0
8000	135,0
8500	138,0
9000	141,0
9500	144,0
10000	147,0
20000	170,0
30000	201,0
40000	225,0
50000	247,0
60000	266,0
70000	281,0
80000	297,0
90000	311,0
100000	325,0

Substância: Massa (kg)	Hidrogênio Distância (m)
10	0
50	25
100	26
150	31
200	36
250	40
300	49
350	52
400	55
450	57
500	59
550	62
600	64
650	65
700	67
750	69
800	71
850	72
900	74
950	75
1000	76
1500	88
2000	98
2500	105
3000	112
3500	118
4000	124
4500	129
5000	134
5500	138
6000	143
6500	146
7000	150
7500	154
8000	157
8500	161
9000	164
9500	167
10000	170
11000	175
12000	181
13000	187
14000	192
15000	197
16000	201
17000	206
18000	210
19000	214
20000	217
30000	248

Substância:	<b>Hidrogênio</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	273
50000	295
60000	316

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Isobutanol Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	3,0
50	3,5
60	4,0
70	4,5
80	5,0
90	5,5
100	6,0
200	6,5
300	14,0
400	15,0
500	15,5
600	22,0
700	23,0
800	24,0
900	25,0
1000	25,5
1500	26,0
2000	27,0
2500	28,0
3000	30,0
3500	34,5
4000	37,0
4500	38,0
5000	39,5
5500	41,0
6000	42,0
6500	42,5
7000	43,0
7500	44,0
8000	45,0
8500	47,0
9000	48,5
9500	50,0
10000	51,0
20000	58,0
30000	69,0
40000	76,0
50000	83,0
60000	90,0
70000	95,0
80000	99,0
90000	104,0
100000	109,0

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Isopropanol</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	14,0
50	15,0
60	15,5
70	16,0
80	16,5
90	17,0
100	23,0
200	23,5
300	27,0
400	29,0
500	34,0
600	38,0
700	41,0
800	42,0
900	43,0
1000	47,0
1500	47,5
2000	52,5
2500	56,0
3000	61,0
3500	65,0
4000	68,0
4500	70,0
5000	73,0
5500	77,0
6000	79,0
6500	81,5
7000	84,0
7500	85,0
8000	87,0
8500	89,0
9000	91,0
9500	93,0
10000	95,0
20000	110,0
30000	129,0
40000	144,0
50000	157,0
60000	169,0
70000	180,0
80000	189,5
90000	199,0
100000	207,0

Substância:	<b>Metano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	0
50	0
100	13
150	15
200	17
250	18
300	19
350	20
400	21
450	22
500	25
550	27
600	28
650	30
700	31
750	33
800	34
850	35
900	36
950	37
1000	38
1500	47
2000	54
2500	57
3000	61
3500	66
4000	70
4500	73
5000	76
5500	80
6000	82
6500	85
7000	88
7500	90
8000	97
8500	99
9000	101
9500	103
10000	104
11000	107
12000	110
13000	113
14000	115
15000	118
16000	120
17000	122
18000	124
19000	130
20000	132
30000	156

Substância:	<b>Metano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	170
50000	182
60000	192
70000	202
80000	213
90000	223
100000	232
150000	265
200000	289
250000	318
300000	337
350000	354
400000	369
450000	385
500000	399

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Metanol</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	11,0
30	12,5
40	13,5
50	14,0
60	15,0
70	15,5
80	16,0
90	16,5
100	17,0
200	20,0
300	26,0
400	28,0
500	30,0
600	36,0
700	39,0
800	40,0
900	41,0
1000	42,0
1500	42,5
2000	50,0
2500	53,0
3000	56,0
3500	56,5
4000	64,0
4500	67,0
5000	69,0
5500	71,0
6000	73,0
6500	75,0
7000	77,0
7500	79,0
8000	81,0
8500	83,0
9000	85,0
9500	86,0
10000	88,0
20000	103,0
30000	120,0
40000	134,0
50000	146,0
60000	157,0
70000	167,0
80000	176,0
90000	184,5
100000	192,0

Substância:	Metilamina
Massa (kg)	Distância (m)
10	8
50	13
100	17
150	22
200	24
250	26
300	29
350	31
400	32
450	33
500	34
550	36
600	37
650	38
700	40
750	41
800	42
850	43
900	46
950	47
1000	48
1500	57
2000	61
2500	65
3000	68
3500	71
4000	75
4500	81
5000	84
5500	86
6000	87
6500	88
7000	91
7500	94
8000	96
8500	99
9000	101
9500	103
10000	105
11000	109
12000	113
13000	116
14000	120
15000	123
16000	126
17000	129
18000	131
19000	134
20000	136
30000	155

Substância:	<b>Metilamina</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	168
50000	183
60000	196
70000	207
80000	217
90000	225
100000	233
150000	266
200000	295
250000	317
300000	339
350000	358
400000	370
450000	386
500000	403

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	n-Octano Distância (m)
5	1,5
10	2,0
20	2,5
30	3,0
40	3,5
50	4,0
60	4,5
70	5,0
80	15,0
90	15,5
100	16,0
200	16,5
300	24,0
400	26,5
500	28,0
600	29,0
700	34,0
800	37,0
900	38,0
1000	39,0
1500	39,5
2000	43,0
2500	48,0
3000	51,0
3500	53,0
4000	55,5
4500	59,0
5000	62,0
5500	64,0
6000	66,0
6500	67,0
7000	69,0
7500	70,5
8000	73,0
8500	75,0
9000	76,5
9500	78,0
10000	79,5
20000	91,0
30000	106,0
40000	118,0
50000	129,0
60000	138,0
70000	147,0
80000	155,0
90000	162,0
100000	169,0

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Óx. de propileno Distância (m)
5	11
10	15
20	20
30	25
40	29
50	34
60	38
70	40
80	43
90	46
100	49
200	53
300	61
400	67
500	71
600	78
700	83
800	87
900	91
1000	95
1500	99
2000	111
2500	120
3000	129
3500	137
4000	145
4500	152
5000	157
5500	161
6000	166
6500	174
7000	180
7500	185
8000	189
8500	194
9000	198
9500	203
10000	207
20000	250
30000	313
40000	352
50000	381
60000	416
70000	443
80000	461
90000	482
100000	505

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	n-Pentano Distância (m)
5	14
10	17
20	23
30	28
40	34
50	39
60	42
70	46
80	47
90	50
100	57
200	60
300	67
400	73
500	80
600	86
700	89
800	105
900	110
1000	115
1500	119
2000	133
2500	145
3000	156
3500	164
4000	171
4500	177
5000	190
5500	197
6000	204
6500	211
7000	217
7500	223
8000	229
8500	235
9000	240
9500	245
10000	250
20000	301
30000	355
40000	407
50000	454
60000	489
70000	523
80000	552
90000	579
100000	605

Substância:	<b>Propano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	3
50	10
100	17
150	22
200	25
250	26
300	27
350	34
400	37
450	38
500	40
550	42
600	44
650	45
700	46
750	48
800	49
850	50
900	51
950	53
1000	54
1500	60
2000	67
2500	72
3000	76
3500	80
4000	83
4500	87
5000	93
5500	97
6000	100
6500	103
7000	106
7500	109
8000	111
8500	113
9000	115
9500	116
10000	117
11000	120
12000	124
13000	127
14000	130
15000	133
16000	136
17000	140
18000	143
19000	145
20000	148
30000	171

Substância:	<b>Propano</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	188
50000	200
60000	216
70000	229
80000	240
90000	249
100000	257
150000	293
200000	322
250000	353
300000	373
350000	391
400000	410
450000	427
500000	442

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>Propileno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
10	4
50	10
100	17
150	22
200	25
250	26
300	27
350	29
400	36
450	38
500	40
550	42
600	43
650	45
700	46
750	47
800	48
850	50
900	51
950	52
1000	53
1500	59
2000	66
2500	72
3000	78
3500	82
4000	85
4500	89
5000	92
5500	95
6000	98
6500	103
7000	106
7500	109
8000	111
8500	114
9000	116
9500	118
10000	121
11000	125
12000	126
13000	131
14000	134
15000	137
16000	139
17000	141
18000	143
19000	145
20000	147

Substância:	<b>Propileno</b>
Massa (kg)	Distância (m)
30000	173
40000	193
50000	207
60000	219
70000	229
80000	242
90000	253
100000	262
150000	302
200000	333
250000	359
300000	378
350000	400
400000	419
450000	437
500000	454

**NORMA EM REVISÃO**

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	<b>Tolueno</b> Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	3,0
50	15,0
60	15,5
70	16,0
80	16,5
90	17,0
100	23,0
200	23,5
300	27,0
400	29,0
500	32,0
600	37,0
700	40,0
800	41,0
900	42,0
1000	44,0
1500	44,5
2000	51,0
2500	55,0
3000	59,5
3500	63,0
4000	66,0
4500	69,0
5000	71,0
5500	74,0
6000	77,0
6500	79,0
7000	81,5
7500	83,0
8000	85,0
8500	87,0
9000	88,0
9500	90,0
10000	92,0
20000	107,0
30000	125,0
40000	139,5
50000	153,0
60000	164,0
70000	174,0
80000	184,0
90000	193,0
100000	201,0

Substância: Volume (m <sup>3</sup> )	Trietilamina Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	13,0
30	15,0
40	16,0
50	17,0
60	23,0
70	25,0
80	26,0
90	28,0
100	29,0
200	29,5
300	32,0
400	41,0
500	45,0
600	47,0
700	52,5
800	56,0
900	58,0
1000	60,0
1500	60,5
2000	69,0
2500	75,0
3000	81,0
3500	85,5
4000	89,0
4500	93,0
5000	97,0
5500	101,0
6000	104,0
6500	107,0
7000	110,0
7500	114,0
8000	116,5
8500	119,0
9000	122,0
9500	124,0
10000	126,0
20000	148,0
30000	174,0
40000	195,0
50000	213,0
60000	229,0
70000	244,0
80000	257,0
90000	270,0
100000	282,0

Substância: Massa (kg)	Trimetilamina Distância (m)
10	12
50	21
100	26
150	29
200	32
250	35
300	37
350	39
400	41
450	42
500	44
550	45
600	46
650	48
700	49
750	50
800	51
850	52
900	53
950	54
1000	55
1500	63
2000	70
2500	75
3000	80
3500	84
4000	88
4500	91
5000	95
5500	98
6000	100
6500	104
7000	106
7500	108
8000	111
8500	113
9000	115
9500	118
10000	119
11000	124
12000	127
13000	131
14000	134
15000	137
16000	140
17000	143
18000	145
19000	148
20000	151
30000	173

Substância:	<b>Trimetilamina</b>
Massa (kg)	Distância (m)
40000	191
50000	206
60000	219
70000	231
80000	242
90000	252
100000	261
150000	299
200000	330
250000	355
300000	377
350000	398
400000	417
450000	433
500000	450

**NORMA EM REVISÃO**

Substância:	<b>m-Xileno</b>
Volume (m <sup>3</sup> )	Distância (m)
5	1,0
10	1,5
20	2,0
30	2,5
40	3,0
50	3,5
60	4,0
70	4,5
80	5,0
90	5,5
100	6,0
200	6,5
300	14,0
400	15,0
500	22,0
600	24,0
700	25,0
800	25,5
900	26,0
1000	27,0
1500	27,5
2000	28,0
2500	33,0
3000	36,0
3500	38,0
4000	39,0
4500	40,0
5000	41,0
5500	42,5
6000	44,0
6500	46,0
7000	48,0
7500	49,0
8000	51,0
8500	52,0
9000	53,0
9500	54,0
10000	54,5
20000	63,0
30000	73,0
40000	82,0
50000	89,0
60000	95,0
70000	101,0
80000	107,0
90000	111,0
100000	116,0