

**MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL**  
**SECRETARIA DE DEFESA CIVIL**

**MANUAL DE PLANEJAMENTO**  
**EM DEFESA CIVIL**

**VOLUME IV**

Antônio Luiz Coimbra de Castro

Ministro da Integração Nacional

Fernando Bezerra

Secretário de Defesa Civil

Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira

Gerente de Projeto

Antônio Luiz Coimbra de Castro

Colaboração Técnica:

Ana Zayra Bittencourt Moura

Francisco Quixaba Filho

Lélio Bringel Calheiros

Maria Hozana Bezerra André

Maria Inêz Rezende Cunha

Maria Luíza Nova da Costa Bringel

Raimundo Borges

Diagramação, digitação e capa:

Marco Aurélio Andrade Leitão

**CAPÍTULOS**

I

Redução dos Desastres Tecnológicos com  
Características Focais



## CAPÍTULO I

### REDUÇÃO DOS DESASTRES TECNOLÓGICOS COM CARACTERÍSTICAS FOCAIS

---

#### TÍTULO I - FINALIDADES E OBJETIVOS

- 1 - Finalidade
- 2 - Objetivos Gerais
- 3 - Objetivos Específicos
- 4 - Conceituação e Comentários

#### TÍTULO II - CARACTERIZAÇÃO

- 1 - Ocorrência
- 2 - Importância da Opinião Pública
- 3 - Consequências Gerais e Efeitos Adversos
- 4 - Padrão Evolutivo
- 5 - Conceitos Relacionados com Incêndios
- 6 - Conceitos Relacionados com Produtos Perigosos

#### TÍTULO III - INTRODUÇÃO ÀS MEDIDAS DE REDUÇÃO

- 1 - Redução dos Riscos de Desastres Tecnológicos
- 2 - Promoção da Segurança Contra Desastres Tecnológicos
- 3 - Auditoria de Segurança

#### TÍTULO IV - AVALIAÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES TECNOLÓGICOS

- 1 - Introdução ao Estudo
- 2 - Análise das Ameaças de Eventos Adversos
- 3 - Análise do Grau de Vulnerabilidade
- 4 - Caracterização dos Riscos de Desastres
- 5 - Estudo da Evolução Cronológica dos Eventos Adversos
- 6 - Definição de Alternativas de Gestão

#### TÍTULO V - PLANEJAMENTO PREVENTIVO

- 1 - Generalidades
- 2 - Medidas Não-Estruturais
- 3 - Medidas Estruturais

## TÍTULO VI - PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA INDUSTRIAL

- 1 - Introdução ao Recuo
- 2 - Avaliação e Caracterização dos Riscos Industriais
- 3 - Redução das Ameaças Externas aos Sistemas
- 4 - Redução das Falhas Primárias dos Equipamentos
- 5 - Redução dos Erros Humanos
- 6 - Redução das Vulnerabilidades Ambientais
- 7 - Redução das Vulnerabilidades dos Recursos Humanos

## TÍTULO VII - PLANEJAMENTO DE CONTINGÊNCIA

- 1 - Generalidades
- 2 - Particularidades Relativas aos Desastres Tecnológicos Focais

# TÍTULO I

## FINALIDADE E OBJETIVOS

### **1 - Finalidade**

Orientar a implementação, no âmbito do Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC, de uma sistemática técnica, administrativa e jurídica, com o objetivo de reduzir os desastres antropogênicos de natureza tecnológica, em instalações fixas que apresentem riscos de desastres focais relacionados com produtos perigosos.

### **2 - Objetivos Gerais**

*Prevenir* desastres antropogênicos, de natureza tecnológica, especialmente aqueles relacionados com incêndios, explosões e extravasamentos de produtos perigosos, em instalações fixas, como:

- plantas e distritos industriais;
- áreas de prospecção e de mineração;
- ductos e terminais de transporte;
- parques, depósitos e entrepostos de produtos perigosos.

*Proteger* os trabalhadores destas instalações, a população vulnerável localizada em áreas circundantes e o meio ambiente, contra desastres tecnológicos em instalações fixas, que atuam com produtos perigosos.

*Supervisionar e fiscalizar* o planejamento, a implantação e a operacionalização de instalações que atuam com produtos perigosos, com a finalidade de reduzir os danos humanos, ambientais e materiais e os prejuízos econômicos e sociais, que podem incidir sobre:

- os trabalhadores destas instalações;
- a população vulnerável localizada em áreas circundantes;
- o meio ambiente e edificações circundantes;
- as próprias instalações.

### **3 - Objetivos Específicos**

*Desenvolver e promover* sistemáticas e procedimentos técnicos, administrativos e jurídicos,

relacionados com:

- a avaliação e a hierarquização dos riscos de desastres em instalações que atuem com produtos perigosos;
- a redução dos riscos de desastres nestas instalações, por intermédio de medidas estruturais e não estruturais;
- o controle e a limitação dos desastres, por intermédio do planejamento da segurança industrial;
- a obrigatoriedade de elaborar planos de contingência, adequados às hipóteses de desastres, definidas nos estudos de situação, com a finalidade de reduzir os danos e prejuízos potenciais;
- o estabelecimento de perímetros de segurança e de áreas de proteção, de dimensões adequadas, interpostos entre as instalações que representem riscos de desastres focais e os cenários circundantes, compreendendo o meio ambiente, as populações vulneráveis, as edificações e as obras de arte;
- a nucleação e o distanciamento apropriado entre os focos de riscos potenciais, no interior da área de riscos, representada pelo conjunto das instalações fixas, com a finalidade de:
  - limitar o acidente inicial;
  - bloquear a propagação do mesmo;
  - evitar a generalização do desastre.

*Implementar uma legislação específica que assegure ao SINDEC o poder de polícia relativo à vigilância da segurança global da população, com a finalidade de compulsar os agentes econômicos e produtores que contribuem para aumentar os riscos de desastres tecnológicos, a:*

- contribuírem com recursos financeiros, para os diferentes níveis do sistema, responsáveis pela redução destes desastres;
- cumprirem as sistemáticas e procedimentos técnicos, administrativos e jurídicos relativos à redução destes desastres.

#### **4 - Conceituação e Comentários**

##### **■ Produtos Perigosos**

Denomina-se substância ou produto perigoso aquele que, por sua natureza ou pelo uso que o homem faz do mesmo, pode representar riscos de danos humanos, materiais e ambientais. Esses produtos podem apresentar efeitos adversos de natureza inflamável, explosiva, corrosiva, radioativa e tóxica.

##### **■ Comentários**

É evidente que os impostos devidos aos Municípios, Distrito Federal, Estados e à União, pelas instituições que concorrem para intensificar os riscos de desastres tecnológicos, por atuarem com produtos perigosos, devem ser sobretaxados, num valor proporcional ao nível de risco que representam.

Também é lógico que as instituições que descumpram as posturas relativas à Vigilância da Segurança Global da População devem ser multadas.

Tanto as sobretaxas, como as multas, devem ser suficientemente onerosas para convencerem as instituições a investirem em segurança industrial.

## **TÍTULO II**

### **CARACTERIZAÇÃO**

#### **1 - Ocorrência**

Desastres em plantas e distritos industriais, campos de prospecção de petróleo, instalações de mineração, terminais de transporte, ductos, parques, depósitos e entrepostos de produtos perigosos, estão ocorrendo com freqüência e intensidade crescentes, em todos os continentes da Terra.

Embora estes desastres ocorram com maior freqüência nos países mais desenvolvidos, costumam provocar maior volume de danos, nos países em desenvolvimento, em função da maior vulnerabilidade sócio-cultural, econômica e tecnológica dos mesmos.

São cada vez mais freqüentes os incêndios, explosões e liberações de produtos perigosos, em instalações petrolíferas, fábricas e depósitos de fogos de artifícios, pesticidas, explosivos e munições.

Alguns desses desastres, como os ocorridos em Chernobil (Ucrânia), Bhopal (Índia) e Seveso (Itália), adquiriram características de grandes catástrofes, provocaram danos humanos, materiais e ambientais muito intensos e comoveram a opinião pública mundial.

No Brasil, o desastre focal mais intenso e violento foi o incêndio de Vila Socó, na baixada Santista. Esta vila construída clandestinamente no interior de uma área de proteção de um oleoduto, foi totalmente destruída em uma única noite, durante a qual mais de duas centenas de pessoas foram carbonizadas.

## **2 - Importância da Opinião Pública**

É clássica a afirmação de que a “garantia da segurança global da população é dever do Estado, direito e responsabilidade da cidadania”.

A prática vem demonstrando que a história natural deste processo desenvolve-se de acordo com a seguinte cronologia:

- as sociedades, na medida em que evoluem, aumentam o nível de conscientização sobre a grande importância do direito à segurança global e passam a exigir-lo com veemência crescente;
- a mobilização da sociedade desenvolve na classe política a percepção de que a segurança global passa a ser de importância prioritária para o eleitorado;
- o governo é induzido a priorizar seus deveres relacionados com a segurança global da população;
- as classes produtoras são compulsadas a reduzir suas margens de lucro e a elevar os padrões de segurança de suas instalações.

É importante que duas lendas sejam desfeitas:

- não existe risco zero nem instalação ou planta industrial absolutamente segura e imune aos desastres tecnológicos. Existem, sim, riscos mínimos, riscos toleráveis e instalações e plantas industriais com padrões de segurança razoáveis e toleráveis;
  - nenhuma instituição privada aderirá ao conceito de segurança global da população, à custa de uma redução da margem de lucros, se não for compulsada pela opinião pública e pelo governo.
- É muito importante que, mediante campanhas educativas, as comunidades desenvolvam um elevado senso de percepção de risco e, em consequência, desenvolvam um elevado padrão de exigência com relação ao nível de risco aceitável, o qual é conceituado como:

- a quantidade de risco que uma sociedade determinou como tolerável e razoável, após considerar todas as consequências associadas a outros níveis alternativos.

O nível de risco aceitável é um juízo que exige um elevado grau de responsabilidade ética e política e deve levar em consideração as consequências sociais e econômicas de cada uma das linhas de ação alternativas, em termos de equação custos/benefícios.

A equação custo/benefício tende a crescer, na medida em que aumenta o nível de qualidade de vida e, consequentemente, de exigências das sociedades mais evoluídas.

Como as sociedades mais evoluídas tendem a exportar riscos tecnológicos para os países menos desenvolvidos, é urgente que os projetos de desenvolvimento da cidadania e de mudança cultural enfoquem, prioritariamente, o conceito de segurança global da população.

## **3 - Consequências Gerais e Efeitos Adversos**

### **■ Consequências Gerais**

Dentre as consequências gerais dos desastres humanos ou antropogênicos, de natureza tecnológica, com características de desastres focais, destacam-se as seguintes:

- incêndios;

- explosões;
- emissão de produtos perigosos.

#### 1 - *Incêndio*

Denomina-se incêndio ao fogo que escapa do controle do homem, assume as características de um sinistro ou desastre, e causa grandes danos e prejuízos. Também denomina-se incêndio a qualquer sinistro acusado pelo fogo e a uma combustão ativa e intensa.

#### 2 - *Substância Explosiva*

Substância ou mistura de substâncias, em estado sólido, líquido ou pastoso que, ao entrar em combustão, libera um grande volume de gás sobre pressão, através de uma reação química de muito grande velocidade, com intensa liberação de energia mecânica e calórica e de forte efeito sonoro. O efeito mecânico provocado pela expansão, quase que instantânea da onda de hipertensão, causa danos aos corpos receptivos localizados nas imediações da explosão.

#### 3 - *Produtos Perigosos*

Denomina-se substância ou produto perigoso aquele que, por sua natureza ou pelo uso que o homem faz do mesmo, pode representar riscos de danos humanos, materiais e ambientais. Essas substâncias podem apresentar efeitos adversos de natureza inflamável, explosiva, corrosiva, radioativa e tóxica.

### ■ **Efeitos Adversos**

Estas três grandes categorias de consequências gerais produzem efeitos adversos de natureza física (mecânica e radiante), química e biológica, ao atuarem sobre os corpos receptivos existentes nos cenários dos desastres.

Dentre os efeitos adversos, destacam-se os seguintes:

- produção de ondas de choque, fragmentações, impactos, desabamentos, naufrágios e demais efeitos mecânicos;
- produção de ondas sonoras, radiações térmicas, radiações nucleares e demais efeitos irradiantes;
- reações químicas de natureza erosiva e outras;
- combustões ou reações químicas de oxidação com intensa produção de calor e de chama e destruição do material combustível, em presença do oxigênio ou comburente, com produção de vapor de água, dióxido de carbono, outros gases resultantes da oxidação, cinzas e material carbonizado;
- contaminação e poluição ambiental, afetando o biótopo e a biocenose;
- reações tóxicas causadas por interações químicas danosas entre os organismos vivos e os produtos perigosos que são absorvidos ou entram em contato com os mesmos.

### 4 - **Padrão Evolutivo**

Quanto ao padrão evolutivo, os desastres tecnológicos com características de desastres focais, podem ser:

- *súbitos ou de evolução aguda*, nos casos de incêndios, explosões e bruscas emissões de produtos perigosos;
- *graduais ou de evolução crônica*, nos casos de contaminação e poluição ambiental por rejeitos sólidos, efluentes líquidos e gases tóxicos;
- *por somação de efeitos parciais*, nos casos de intoxicações crônicas de efeitos acumulativos, que podem ocorrer entre operários e nas comunidades que entram em contato com rejeitos industriais.

São vulneráveis a intoxicações causadas por emissões de produtos perigosos:

- os operários e trabalhadores das instituições que operam com produtos tóxicos;
- as populações vulneráveis circundantes que contatam accidentalmente com rejeitos sólidos,

efluentes líquidos e emissões de gases destas empresas.

Estes quadros tóxicos podem ocorrer de forma aguda nos casos de acidentes, com brusca liberação destes produtos, mas muito freqüentemente ocorrem de forma crônica e gradual. Por tais motivos, o pessoal de medicina do trabalho, que opera nestas instalações, deve estar preparado para identificar estes quadros, com grande precocidade, por intermédio de exames clínicos e laboratoriais periódicos.

## **5 - Conceitos Relacionados com Incêndios**

### **■ Fogo, Combustão e Incêndio**

#### **1 - Fogo**

Processo químico de transformação de materiais combustíveis e inflamáveis. A combinação química do combustível com o oxigênio ou comburente dá origem a uma reação de oxidação, com intensa produção de calor. O calor, gerado pela reação exotérmica, alimenta a reação em cadeia e a combustão. Quando o combustível é sólido ou líquido, é necessário que, numa primeira fase, o mesmo seja gaseificado pela ação do calor, para depois combinar-se com o oxigênio.

#### **2 - Fogo Aberto**

É aquele que queima para fora, envolvendo a instalação ou edificação, com chamas, gases em combustão e fumaça aquecida.

#### **3 - Fogo Confinado**

É aquele que queima em recinto fechado.

#### **4 - Combustão**

Estado de um corpo que queima produzindo calor e luz. Reação química de oxidação, com intensa produção de calor e, normalmente, de chama. reação química de oxidação de caráter exotérmico, que resulta da combinação de um corpo combustível com o oxigênio comburente, com intensa produção de energia calórica. A intensidade da chama depende da quantidade de oxigênio disponível no ambiente onde ocorre a combustão.

#### **5 - Combustão Ativa**

É aquela que ocorre em ambiente rico em oxigênio. Nestes casos, a reação de oxidação é mais lenta, menos intensa, a produção de calor e de chama é muito grande.

#### **6 - Combustão lenta**

É aquela que se desenvolve em ambiente pobre em oxigênio. Nestes casos, a reação de oxidação é mais lenta, menos intensa, a produção de calor é gradual e não ocorre chama.

#### **7 - Incêndio**

Incêndio é o fogo que escapa ao controle do homem, assume características de um sinistro ou desastre e causa grandes danos e prejuízos. Caracteriza-se como uma combustão ativa e intensa e como um sinistro, normalmente de grandes proporções, causado pelo fogo.

#### **8 - Conflagração**

Incêndio que se propaga com grande intensidade.

### **■ Tetraedro de Fogo**

Para que um incêndio se inicie e se propague, é necessário a conjugação dos seguintes elementos condicionantes que constituem o tetraedro de fogo:

#### **1 - Combustíveis**

Corpos, substâncias ou compostos sólidos, líquidos ou gasosos, que alimentam o processo de combustão, ao queimar em presença de oxigênio e de uma fonte de calor.

#### **2 - Comburente**

Constituído pelo oxigênio que, ao combinar-se com o combustível, provoca uma reação química de oxidação, com intensa liberação de energia calórica. Quanto mais ventilado e rico em oxigênio for o ambiente, mais ativa será a combustão e mais intensa a produção de calor e de chama.

#### **3 - Calor**

É necessária uma fonte de chama e calor para dar início ao processo de ignição. Iniciada a combustão, a grande produção de energia térmica facilita a gaseificação dos combustíveis sólidos e líquidos e permite a combinação dos mesmos com o oxigênio, realimentando o processo combustivo.

#### 4 - Reação Exotérmica em Cadeia

A alimentação do processo combustivo é mantida a partir da conjugação de condições que permitem e facilitam o desenvolvimento da reação química exotérmica em cadeia.

### ■ Inflamabilidade, Centelha, Ponto de Inflamabilidade e Ponto de Fulgor

#### 1 - Inflamabilidade

Inflamabilidade é a facilidade com que um determinado material combustível entra em processo de ignição, por contato com chama, centelhas de diferentes origens ou fonte de calor externo, em presença de oxigênio.

#### 2 - Centelha

É uma partícula ígnea e luminosa que se desprende:

- de um corpo incandescente;
- do choque entre dois corpos densos;
- de um dielétrico.

Também chamada de *chispa* ou *fagulha*, a centelha desprende-se mais facilmente do choque entre dois materiais densos, quando um desses for metálico e estiver eletrizado. No caso de dielétricos, a centelha salta entre seus dois pólos, com produção de luz, calor e ondas sonoras.

#### 3 - Ponto de Fulgor

Também chamado de temperatura de fulgor, é a temperatura mínima a partir da qual um corpo combustível começa a desprender gases inflamatórios que, em presença de oxigênio e de fonte externa de calor, podem dar início ao processo de combustão.

#### 4 - Ponto de inflamabilidade

Temperatura acima do ponto de fulgor, acima da qual um determinado corpo combustível inicia o processo de combustão.

### ■ Classificação dos Incêndios

CLASSE DE INCÊNDIO	C A R A C T E R I Z A Ç Ã O
CLASSE "A"	Fogo em material sólido. Os sólidos, por normalmente serem porosos, queimam tanto em superfície, como em profundidade. Os combustíveis sólidos mais freqüentes são os materiais celulósicos, como madeiras, panos, papéis, tapetes, divisórias, musgos, gravetos e folhas secas. As madeiras resinosas queimam mais rapidamente.
CLASSE "B"	Fogo em material líquido e gasoso. Os combustíveis líquidos queimam em superfície. Os combustíveis gasosos podem queimar em superfície ou em volume, em função da velocidade da ponta de chama. Os combustíveis líquidos e gasosos mais freqüentes são o álcool etílico e os derivados de petróleo, como gasolina, nafta, óleo combustível, éter, GLP e propano
CLASSE "C"	Fogo em material elétrico ou energizado. A extinção do fogo em equipamentos elétricos deve ser realizada com agente não condutor de energia elétrica, como o dióxido de carbono e o pó químico. São contra-indicados os extintores de espuma e de água-gás.
CLASSE "D"	Fogo em material pirofosfórico, como os metais sódio, potássio, magnésio e zircônio, os quais se inflamam espontaneamente em contato com o ar atmosférico. Nestes casos, a extinção deve ser realizada por compostos específicos, como areia, limalha de ferro e sal-gema ou halita mineral.

## ■ Caracterização dos Materiais Inflamáveis, em Função do Ponto de Fulgo

CLASSE	PONTO DE FULGOR	PRINCIPAIS COMBUSTÍVEIS
1	Abaixo de 4°C	Gasolina, nafta, éter, acetona e benzina
2	Acima de 4°C e abaixo de 21°	Álcool etílico, formol, acetato de amilo
3	Acima de 21°C e abaixo de 93°C	Querosene, terebintina e álcool amílico

## ■ Classificação dos Materiais Combustíveis, de acordo com a Norma Alemã DIN 4.102

CLASSE	PADRÃO	DISCRIMINAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO
B <sub>1</sub>	Difícilmente combustível	Lâ pura, filmes cinematográficos e confiança, materiais tratados com retardantes do fogo. Só queimam em presença de fonte externa de calor e apagam quando a fonte é retirada.
B <sub>2</sub>	Normalmente combustível	Madeira com mais de 2mm de espessura e carvão.
B <sub>3</sub>	Facilmente combustível	Continua a queimar sozinho, com velocidade normal, após a retirada da fonte externa de calor. Madeira com menos de 2mm de espessura, celulose, papel, palha, papelão e a maioria dos gases e líquidos inflamáveis que, em presença de oxigênio, queimam com grande velocidade de alastramento e intensa liberação de energia calórica.

## ■ Conceitos Relacionados com Explosões e Bolas de Fogo

### 1 - Ponta de Chama

Língua de fogo que se forma pelo contato dos gases e vapores combustíveis com o oxigênio, durante o processo de combustão. As pontas de chama conduzem o incêndio de um compartimento para outro e, em função de sua velocidade de propagação, podem ser causa de detonação ou de deflagração.

### 2 - Bola de Fogo

Fenômeno que ocorre durante um incêndio, quando um volume de gás inflamável, inicialmente comprimido, escapa repentinamente para a área de combustão.

Nestas condições, devido a despressurização, forma-se um volume esférico de gás em expansão, cuja superfície queima, enquanto a massa se eleva, em função da redução da densidade provocada pelo superaquecimento. Não ocorre onda de pressão e a nuvem em combustão emite grande quantidade de energia calórica, sobre uma área considerável, enquanto se eleva na atmosfera.

### 3 - Bleve

O termo é formado pela sigla da expressão inglesa: “boiling liquid expanding vapour explosion”, e corresponde a uma explosão de vapores em expansão, a partir de um líquido em ebulição.

O fenômeno ocorre quando acontece uma ruptura de um recipiente de estocagem, em consequência de fogo externo. Nestas condições, acontece uma liberação instantânea do produto em combustão, que se expande rapidamente na área de incêndio, provocando uma **bola de fogo**.

### 4 - Explosão de Nuvem de Vapor Continuado

A explosão de uma nuvem de vapor, em ambiente confinado, além do efeito térmico, produz uma onda de choque intensa. Quando a onda de hipertensão atinge valores incompatíveis com a integridade do invólucro ou continente, provoca a ruptura e destruição do mesmo e a liberação de uma massa de produtos combustíveis.

### 5 - Explosão de Nuvem de Vapor não Confinado

A explosão de uma nuvem de vapor ao ar livre costuma produzir uma onda de choque de intensidade moderada, com predominância do efeito térmico.

### 6 - Deflagração

Fenômeno que ocorre quando a velocidade com que a ponta de chama penetra no produto não reagido (frente de reação) aproxima-se da velocidade do som e provoca uma intensa onda de pressão.

### 7 - Detonação

Fenômeno que ocorre quando a velocidade com que a ponta de chama penetra no produto não reagido

(frente de reação) ultrapassa a velocidade do som. A detonação, por ocorrer de forma extremamente rápida, provoca maiores efeitos mecânicos e sonoros e menores efeitos térmicos.

#### **8 - Substância Explosiva**

Substância ou mistura de substâncias, em estado sólido, líquido ou pastoso, que libera um grande volume de gás sob pressão, através de uma reação química de grande velocidade, ao entrar em combustão, provocando intensa liberação de energia mecânica e calórica, além de forte efeito sonoro.

O efeito mecânico causado pela expansão quase que instantânea da onda de hipertensão provoca a destruição de corpos receptivos na área de explosão.

#### **9 - Substância Pirotécnica**

Substância ou mistura de substâncias preparada para produzir efeitos luminosos, sonoros, calor, gases e fumaças coloridas, como consequência de reações químicas oxidativas, exotérmicas, auto-sustentáveis e não detonantes.

Mesmo com efeitos mecânicos moderados, as substâncias pirotécnicas são classificadas como explosivos.

### **6 - Conceitos Relacionados com Produtos Perigosos**

#### **■ Substância Perigosa**

Denomina-se produto ou substância perigosa aquela que, por sua natureza ou pelo uso que o homem faz da mesma, pode representar riscos de danos humanos, ambientais e materiais. Estas substâncias podem apresentar efeitos adversos de natureza inflamável, explosiva, corrosiva, radioativa e tóxica.

#### **■ Substância Tóxica**

Substância que pode causar efeito nocivo aos organismos vivos, quando entram em contato ou são absorvidos pelos mesmos, como resultado de interações químicas.

#### **■ Pesticidas**

Termo genérico utilizado para designar substâncias utilizadas para controlar organismos vivos, vegetais ou animais, daninhos ao homem e às plantas que lhes são úteis.

As formas de vida consideradas como prejudiciais ao homem e a agricultura compreendem as:

- pragas vegetais, como os fungos e as ervas daninhas;
- pragas e vetores animais, como ratos, morcegos hematófagos, insetos, carrapatos, ácaros e outros.

Os pesticidas utilizados na agricultura são denominados praguicidas ou agrotóxicos.

Os pesticidas mais utilizados em campanhas de saúde pública e na agricultura são os inseticidas, larvicidas, acaricidas, carrapaticidas, rodenticidas (raticidas), fungicidas e herbicidas.

#### **■ Toxidade Geral**

Como os pesticidas são produtos produzidos com a finalidade de exterminar organismos vivos animais e vegetais, daninhos ao homem, é inevitável que atuem como venenos e que tenham um forte potencial de toxicidade para o homem e para os animais e plantas úteis.

Na formulação dos pesticidas, também os solventes devem ser considerados como potencialmente tóxicos.

Os produtos tóxicos podem ser absorvidos pelo organismo por ingestão ou por inalação e, muitas vezes, por contato direto com a pele, as conjuntivas e com as mucosas.

Os pesticidas podem desencadear quadros de intoxicações exógenas:

- agudas, alguns dos quais rapidamente fatais;
- crônicas e de evolução progressiva.

## **TÍTULO III**

### **INTRODUÇÃO ÀS MEDIDAS DE REDUÇÃO**

#### **1 - Redução dos Riscos de Desastres Tecnológicos**

#### **■ Redução das Ameaças**

Enquanto que a redução dos desastres naturais depende, predominantemente, da redução das vulnerabilidades dos cenários, a redução dos desastres humanos de natureza tecnológica depende,

fundamentalmente, da redução das ameaças e, numa segunda instância, das vulnerabilidades dos cenários.

Por tais motivos, todos os projetos de implantação de instalações que possam representar aumento de riscos de desastres tecnológicos, devem ser precedidos de criteriosos estudos de riscos, cujos relatórios e conclusões devem ser amplamente divulgados.

Compete à sociedade, em função de **critérios de aceitabilidade** estabelecidos, decidir se aceita ou não um crescimento do nível de ameaças de desastres, por intermédio de seus representantes idôneos.

### ■ Critérios de Aceitabilidade

Critérios de aceitabilidade são **valores sociais** que definem o grau de aceitabilidade de um projeto determinado, em função de uma escala de danos e prejuízos prováveis, caso se perca o controle sobre os riscos, os quais, quando ultrapassados, invalidam o projeto.

Os critérios de aceitabilidade são estabelecidos pelas sociedades, por intermédio de órgãos representativos e variam proporcionalmente em função da qualidade de vida e do nível de exigência das mesmas, com relação à segurança global.

Em função dos critérios de aceitabilidade, os representantes da sociedade e as autoridades responsáveis:

- verificam o nível de segurança global do projeto;
- decidem se o mesmo deve ou não ter continuidade.

### ■ Incremento dos Padrões de Segurança

Caso se decida pela aceitabilidade do projeto, os estudos analíticos devem ser direcionados para aumentar os níveis de segurança:

- das plantas industriais e de cada uma das unidades de processamento;
- dos processos de industrialização;
- relacionados com as Normas Gerais de Ação - NGA, Normas Padrões de Ação - NPA e com os procedimentos padronizados;
- dos sistemas de segurança industrial e de controle e limitação dos sinistros, nas fases iniciais;
- dos planos de contingência, em circunstâncias de desastres.

## 2 - Promoção da Segurança Contra Desastres Tecnológicos

Como não existe risco zero e o desastre pode acontecer a qualquer momento, as instituições que prospectam, mineram, importam, industrializam, comercializam e transportam produtos perigosos, devem ser compulsadas a:

- providenciar seguros, inclusive contra danos e prejuízos causados a terceiros e ao meio ambiente;
- contratar os serviços de companhias especializadas em segurança industrial;
- organizar e adestrar, quando for o caso, suas próprias brigadas de combate aos sinistros e de limitação de danos;
- acatar as atividades de auditoria de segurança realizadas por órgãos competentes do governo e das companhias de seguros, por intermédio de seus próprios organismos técnicos ou mediante a contratação de firmas especializadas.

As companhias especializadas em **segurança industrial** devem ter capacidade comprovada para:

- realizar rigorosas análises e avaliações de riscos tecnológicos;
  - desenvolver um planejamento preventivo, objetivando reduzir a ocorrência de acidentes e de desastres;
  - desenvolver um planejamento de segurança industrial, objetivando combater os sinistros e limitar ao máximo a intensidade dos mesmos, reduzindo os danos e prejuízos provocados, no âmbito da instituição;
  - desenvolver um planejamento de contingência, objetivando reduzir as repercuções dos desastres sobre as comunidades adjacentes e sobre o meio ambiente.

É evidente que os impostos devidos aos Municípios, Distrito Federal, Estados e à União, pelas instituições que concorrem para intensificar o nível de riscos de desastres tecnológicos, por

atuarem com produtos potencialmente perigosos, podem e devem ser sobretaxados, num valor proporcional ao nível de risco acrescido.

Também é evidente que as instituições que descumprirem as posturas baixadas pelo sistema responsável pela **Vigilância das Condições de Segurança Global** devem ser multadas.

Tanto as multas, como as sobretaxas, devem ser suficientemente onerosas, para convencerem as instituições a melhorarem seus níveis de segurança industrial.

Evidentemente, as companhias de seguro beneficiam-se dos sistemas de segurança contra desastres tecnológicos, ao:

- diminuírem as margens de riscos de seus contratos;
- aumentarem o volume de seus negócios, em função da redução das taxas e das tarifas;
- aumentarem as margens de lucro, em função da redução das tarifas pagas pelas mesmas, às grandes companhias de resseguros nacionais e estrangeiras.

Por tais motivos, é lógico que os impostos devidos ao governo, pelas companhias de seguros, devem ser diretamente proporcionais ao grau de segurança global implantado pelo Sistema.

### **3 - Auditoria de Segurança**

Tanto os órgãos governamentais, como as companhias de seguros, podem contratar firmas ou equipes especializadas em **auditoria de segurança**, com a responsabilidade de rever os estudos de risco e supervisionar os planos e as medidas de controle dos padrões de segurança das instituições privadas que atuam com produtos perigosos.

#### **■ Caracterização do Processo**

##### *Intenção do Projeto*

As instituições privadas que atuam com produtos perigosos encaminham aos órgãos responsáveis pela auditoria de segurança, um memorial muito detalhado, caracterizando a Intenção do Projeto.

A **Intenção do Projeto** é o detalhamento do que se espera da operação de uma determinada planta industrial, na ausência de desvios nos comandos de estudos. O relatório que consubstancia a intenção do projeto é apresentado de forma descritiva, acompanhado de numerosos anexos com diagramas, fluxogramas, detalhamento dos instrumentos e equipamentos de controle, transcrição de Normas Gerais de Ação, Normas Padronizadas de Ação e procedimentos padronizados.

**Normas Gerais de Ação - NGA** é um conjunto de normas genéricas que regulamentam o funcionamento da instituição como um todo.

**Normas Padronizadas de Ação - NPA** é um conjunto de normas específicas que regulamentam o funcionamento detalhado de cada uma das unidades que compõem a instituição (unidade de processamento).

**Comandos de Estudos** são os pontos sensíveis e focais de uma planta industrial ou unidade de processamento, nos quais os parâmetros do processo devem ser mais cuidadosamente examinados, para verificar a existência de possíveis desvios. Os comandos de estudos mais importantes nas unidades de processamento são:

- os diagramas de instrumentação;
- as tubulações e as válvulas de segurança;
- os sistemas de monitorização;
- as NGA, NPA e os procedimentos padronizados.

## ■ Revisão e Auditoria de Segurança de Processo

### 1 - Revisão de Segurança de Processo

É a inspeção realizada por uma equipe externa à instituição, que analisa a planta industrial, unidades de processamento, projetos e instalações industriais e de parques e depósitos de produtos perigosos, normas e procedimentos padronizados, sistemas de controle e planos de contingência, com o objetivo de analisar e solucionar problemas reais.

### 2 - Auditoria de Segurança de Processo

É a inspeção metódica de uma planta industrial e de todas as suas unidades de processamento, dos projetos e instalações industriais, parques e depósitos de produtos perigosos, bem como de normas e de procedimentos padronizados, sistemas de controle e de limitação de sinistros, planos preventivos e de contingência, com a finalidade de confirmar ou aperfeiçoar o planejamento de segurança estabelecido.

A atividade de auditoria técnica deve ser desenvolvida por organizações e equipes diferentes daquelas que detalharam a segurança industrial da instituição.

## TÍTULO IV

# AVALIAÇÃO DE RISCOS DE DESASTRES TECNOLÓGICOS

### 1 - Introdução ao Estudo

#### ■ Sistemática de Avaliação de Riscos de Desastres

A avaliação de riscos de desastres é uma metodologia de estudo de situação que permite identificar e caracterizar os riscos de desastres, estimar a importância dos mesmos, valorizá-los e hierarquizá-los, com a finalidade de definir alternativas de gestão para o processo de redução de desastres.

Em princípio, aplica-se a mesma sistemática de avaliação de riscos aos desastres naturais, humanos e mistos, com as devidas adaptações.

A avaliação dos riscos de desastres tecnológicos desenvolve-se nas seguintes etapas:

- análise das ameaças de eventos adversos;
- análise do grau de vulnerabilidade;
- caracterização dos riscos de desastres.

No caso específico dos riscos tecnológicos, também é importante:

- estudar a evolução cronológica dos eventos adversos e dos acidentes;
- definir alternativas de gestão relativas ao processo de redução de desastres e de limitação de danos.

Concluindo, o estudo de situação, definem-se as **hipóteses de planejamento** e, a partir das alternativas de gestão, são estabelecidas diretrizes gerais de planejamento, relacionadas com os planos de:

- prevenção de desastres;
- segurança industrial;
- contingência ou resposta aos desastres.

O planejamento global deve estender-se a todas as fases do processo de industrialização e ocupar-se da redução das ameaças e da vulnerabilidade dos cenários, da proteção das populações em risco e da ambiência circunvizinha.

Especial atenção deve ser dada a:

- localização da planta industrial e ao distanciamento de áreas vulneráveis;
- nucleação e espaçamento dos prováveis focos de desastre, no interior da planta industrial;
- destinação dos rejeitos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas.

#### ■ Introdução aos Estudos de Segurança dos Sistemas e de Riscos Operacionais

### 1 - Análise de Segurança dos Sistemas

É uma disciplina técnica que tem por finalidade avaliar e aumentar o nível de segurança intrínseca e o

grau de confiabilidade de um sistema determinado, para riscos previsíveis.

Como a segurança intrínseca é o inverso do nível de insegurança ou grau de vulnerabilidade, os projetos de redução de riscos e de preparação para desastres contribuem para aumentar o nível de segurança.

## 2 - *Estudos de Riscos Operacionais*

Estudo crítico, formal, minucioso e sistematizado de uma planta industrial, planos de engenharia, normas e procedimentos padronizados, com a finalidade de avaliar:

- o potencial de risco de mau funcionamento e de operação inadequada de ítems de equipamentos;
- as consequências destes riscos sobre as instalações, caso se concretizem.

Para identificar estes riscos, uma equipe técnica multidisciplinar experiente, com especialistas em segurança industrial, normas e procedimentos de segurança e no processo industrial a ser examinado, examina o projeto formulando perguntas sistematizadas sobre o mesmo, utilizando palavras-guia.

Para identificar os riscos operacionais, a equipe técnica utiliza como suporte uma detalhada descrição das intenções do projeto, da planta industrial, do processamento industrial, das diferentes unidades de processamento, dos equipamentos e das normas e procedimentos padronizados.

A atenção da equipe deve ser preferencialmente direcionada para os chamados comandos de estudos, como diagramas de instrumentação, válvulas de segurança, tubulações, sistemas de monitorização das operações e sistemas de segurança.

### ■ Introdução aos Estudos Analíticos de Risco

#### 1 - *Análise Preliminar de Risco*

Método de estudo preliminar e sumário de riscos, o qual normalmente é conduzido pela equipe técnica em conjunto com a comunidade ameaçada, com o objetivo de identificar os desastres potenciais mais importantes e de maior probabilidade de ocorrência na região estudada e as características intrínsecas dos mesmos.

No caso dos desastres tecnológicos, é uma metodologia de estudo de riscos realizada durante a fase de planejamento e desenvolvimento de uma determinada planta ou processo industrial, com a finalidade de prever e prevenir riscos de desastres que podem acontecer durante a fase operacional.

#### 2 - *Análise de Falhas e de Efeitos*

Método específico de análise de riscos, concebido para ser utilizado em equipamentos mecânicos, com o objetivo de identificar as falhas potenciais que podem provocar eventos adversos e também os efeitos desfavoráveis destes eventos.

O método de análise consiste:

- na tabulação de todos os sistemas e equipamentos existentes numa determinada planta industrial;
- na identificação das modalidades de falhas possíveis em cada um deles;
- na especificação dos efeitos desfavoráveis destas falhas sobre o sistema e sobre o conjunto das instalações.

#### 3 - *Análise de Falha Humana*

Método empírico e analítico que identifica as causas e os efeitos dos erros humanos observados e em potencial.

O método também identifica as condições ambientais dos equipamentos e dos procedimentos padronizados que podem contribuir para provocar erros humanos.

#### 4 - *Análise de Falhas dos Equipamentos*

Método de estudo analítico que estuda as falhas de um equipamento aberto ou fechado, ligado ou desligado, com ou sem vazamento e identifica as causas e os efeitos das mesmas.

Estuda também os parâmetros para que estas falhas sejam detectadas em tempo oportuno e a maneira específica como uma operação deve ser interrompida na vigência de uma falha.

## **5 - Árvore de Eventos**

Técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos, utilizada para avaliar as possíveis consequências de um desastre potencial, resultante de um **evento inicial**, tomado como referência.

O evento inicial pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao sistema, como a interrupção do fluxo de energia elétrica;
- um erro humano;
- uma falha de equipamento.

O método antecipa e descreve, de forma seqüenciada, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do evento inicial.

Os resultados da análise da árvore de eventos caracterizam:

- as seqüências lógicas de eventos intermediários;
- o conjunto seqüenciado de eventos intermediários que, a partir do evento inicial, culmina no evento topo ou principal.

## **6 - Árvore de Falhas**

Técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos, na qual, a partir da focalização de um determinado acontecimento definido como **evento topo** ou **principal**, se constrói um diagrama lógico que especifica as várias combinações de falhas de equipamentos, erros humanos e/ou de ocorrências externas ao sistema, que podem provocar o acontecimento adverso.

## **7 - Método DOW**

Método utilizado para estudar plantas industriais em situação de risco e avaliar os danos prováveis, caso o desastre se concretize.

A aplicação do método permite especificar os riscos relacionados com as diferentes operações e processamentos desenvolvidos em cada uma das unidades de processamento da planta industrial e indicar as medidas para reduzir estes riscos específicos.

O método não é utilizado para avaliar acidentes pouco prováveis, mas que produzem danos muito intensos e prejuízos muito custosos.

## **8 - Método MOND**

Desenvolvido a partir do método Dow, o método Mond é específico para analisar a **toxicidade**, a **reatividade** e a **inflamabilidade** dos insumos, produtos e resíduos de uma planta industrial.

O método também é útil para definir e especificar o material a ser utilizado para equipar cada uma das unidades de processamento.

## **2 - Análise das Ameaças de Eventos Adversos**

A análise das ameaças de eventos adversos ocorre em três etapas:

### **① Identificação e Caracterização das Ameaças**

Compreende o estudo dos fenômenos e eventos adversos, naturais ou antropogênicos, causadores de desastre e também de suas características intrínsecas e da probabilidade de ocorrência dos mesmos, de seus prováveis epicentros e da provável magnitude dos mesmos.

Permite também a identificação dos cenários que podem ser afetados por seus efeitos desfavoráveis.

### **② Caracterização dos Efeitos Desfavoráveis**

Compreende o estudo dos diferentes efeitos desfavoráveis, físicos, químicos, biológicos e psicológicos destes eventos ou fenômenos adversos, sobre os grupos populacionais vulneráveis e sobre os corpos receptores existentes nos cenários dos desastres e a repercussão destes efeitos sobre a saúde e a incolumidade das populações em risco, sobre o patrimônio e sobre as instituições, serviços essenciais e meio ambiente.

### **③ Avaliação da Magnitude dos Eventos Adversos e dos Níveis de Exposição**

Compreende o estudo dos ciclos evolutivos dos eventos adversos, considerando as variáveis tempo,

magnitude e nível de exposição e, ainda, a definição de parâmetros que permitam a monitorização e o acompanhamento dos eventos ou parâmetros.

Em muitos casos, torna-se necessário monitorizar o nível diário de exposição dos grupos populacionais em risco, dos corpos receptores e do meio ambiente.

Nos casos de riscos de desastres naturais, a monitorização permite comparar as variações de magnitude e de nível de exposição, com as médias mensais de longo período e com os níveis de alerta e alarme referenciados para a evolução do fenômeno, no cenário considerado.

No caso de riscos de desastres tecnológicos, a monitorização permite acompanhar o processamento industrial, de acordo com parâmetros preestabelecidos, facilitando os processos de robotização e alertando o sistema, em tempo real, sobre quaisquer desvios do processo estabelecido nas intenções do projeto.

## ■ Conceituação

### 1 - Evento

Em análise de risco, evento é a ocorrência ou acontecimento que causa distúrbio ao sistema considerado.

O evento pode ser:

- externo ao sistema, quando envolve fenômeno da natureza, interrupções do suprimento de água, de energia e outros;
- interno ao sistema, quando envolve erros humanos ou falhas do equipamento.

### 2 - Evento Adverso

Em análise de risco, é o fenômeno, ocorrência ou acontecimento, causador de um desastre.

Ocorrência desfavorável ou acontecimento que provoca danos, prejuízos e infortúnio.

### 3 - Evento Catastrófico

Evento pouco frequente mas que, quando ocorre, gera gravíssimas consequências, em termos de desastres.

### 4 - Evento Externo

Ocorrência externa ao sistema, como:

- interrupção no fornecimento de água ou de energia;
- fenômeno da natureza.

### 5 - Evento Interno

Ocorrência interna ao sistema, como:

- falha humana;
- falha de equipamento.

### 6 - Evento Básico

Falha ou defeito primário do equipamento que repercute sobre o funcionamento do mesmo, provocando danos que:

- não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa;
- independem de outras falhas ou defeitos adicionais.

### 7 - Evento Crítico ou Inicial

Evento que dá início a uma cadeia de acidentes, que resulta num desastre, a menos que o sistema de segurança interfira em tempo, com o objetivo de reduzi-lo ou controlá-lo.

### 8 - Evento Intermediário

Evento que ocorre dentro de uma cadeia de incidentes e que pode atuar:

- propagando e intensificando a seqüência;

- interferindo sobre a mesma e reduzindo a intensidade do desastre.

#### *9 - Evento Topo ou Principal*

Evento que desencadeia o desastre.

Evento resultante de uma combinação de falhas ou defeitos do sistema, que ocorrem de forma seqüenciada e que podem ser diagramadas de uma forma lógica, por intermédio de uma árvore de eventos ou de uma árvore de falhas.

No caso da árvore de falhas que é construída em sentido inverso ao da seqüência cronológica, o evento topo ou principal é o ponto de partida do diagrama.

No caso da árvore de eventos, o ponto de partida do diagrama é o evento crítico ou inicial e o evento topo ou principal é a conclusão da diagramação.

### ■ Estudos de Recorrência

Nos desastres humanos de natureza tecnológica, os estudos de recorrência de falhas e acidentes depende de métodos analíticos e empíricos e permitem definir o provável número de ciclos operativos, a partir do qual um determinado evento adverso ou acidente pode concretizar-se.

Estes estudos permitem definir a cronologia das atividades de manutenção preventiva dos equipamentos que constituem cada uma das unidades de processamento de uma planta industrial. Sem nenhuma dúvida, uma boa sistemática de padronização de procedimentos, relacionados com a manutenção preventiva, é uma das mais importantes medidas de prevenção de desastres.

### 3 - Análise do Grau de Vulnerabilidade

#### ■ Generalidades

Diferente do estudo das ameaças que se centraliza na análise do(s) evento(s), acontecimento(s) ou fenômeno(s) causador(es) ou indutor(es) de desastres, os estudos de vulnerabilidade centralizam-se nos cenários dos desastres e nos sistemas.

Quando se estuda o grau de vulnerabilidade, se está estudando o nível de insegurança intrínseca dos sistemas e dos cenários dos desastres. Como insegurança é o inverso da segurança, os estudos de vulnerabilidade têm por finalidade e objetivo aumentar o nível de segurança intrínseca dos cenários dos desastres e dos sistemas.

Definidas as ameaças ou eventos adversos potenciais, as principais categorias de consequência dos desastres tecnológicos (incêndios, explosões e emissão de produtos perigosos) e os efeitos físicos, químicos e biológicos dos mesmos sobre os corpos receptivos existentes no cenário dos desastres, compete estudar a vulnerabilidade dos mesmos a cada um desses efeitos.

É importante ressaltar que, mesmo nos desastres tecnológicos, a intensidade dos danos costuma depender muito mais do grau de vulnerabilidade dos cenários dos desastres, do que da magnitude dos eventos adversos.

É por este motivo que:

- a incidência dos desastres tecnológicos é diretamente proporcional ao grau de desenvolvimento social, econômico e tecnológico da sociedade considerada;
- a intensidade desses desastres é inversamente proporcional ao grau de desenvolvimento sociocultural, à qualidade de vida e ao nível de exigência da sociedade considerada e ao grau de preocupação da mesma com a segurança global da população.

Quando se estuda os cenários que podem ser afetados por desastres tecnológicos, deve-se considerar os cenários:

- naturais e modificados pelo homem;
- relacionados com as plantas industriais e com as áreas de exposição e de proteção que circundam estas plantas.

Na medida em que os cenários confundem-se com os ecossistemas naturais e modificados pelo homem, é necessário que sejam consideradas as partes constituintes de cada um desses sistemas, ou seja, os biótopos e as biocenoses. É evidente que, ao estudar as biocenoses, além dos vegetais e dos animais, os seres humanos deverão ser considerados na condição de seres vivos e interdependentes dos demais componentes sistêmicos.

## ■ Metodologia

### 1 - Vigilância Ambiental

A vigilância ambiental é a observação sistematizada do ambiente e caracteriza-se pela medição e interpretação das variáveis ambientais, com propósitos definidos. A vigilância ambiental compreende o conjunto das seguintes ações:

- observação e medição sistemática dos condicionantes macroambientais relacionados com o sistema considerado;
- medição sistemática da concentração de agentes poluentes e contaminantes nocivos nos seguintes componentes ambientais: ar, água, solo, alimentos, ambiente de trabalho, habitat e produtos específicos;
- descrição, análise, comparação, avaliação e interpretação das medições sistemáticas de agentes poluentes, em função da variação das condicionantes macroambientais do sistema.

### 2 - Análise Ambiental

Método utilizado para detectar, mediante análise, um composto químico que se encontra numa amostra ambiental. Quando a substância ou composto encontra-se presente em quantidades inferiores a uma parte por um milhão (p.p.m.), denomina-se análise de resíduos.

### 3 - Limite de Controle

Limite de controle indica o nível aceitável de exposição ambiental, o qual, quando excedido, implica em medidas necessárias ao restabelecimento da situação de normalidade.

### 4 - Limite de Exposição

Limite de exposição corresponde ao nível máximo de exposição aceitável para seres humanos, o qual não deve ser ultrapassado em nenhuma hipótese.

### 5 - Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental é uma metodologia de estudo de situação destinada a obter o conhecimento mais completo possível sobre o estado do meio ambiente, intacto ou submetido a vários níveis de degradação e/ou de recuperação e suas tendências evolutivas.

É uma metodologia integrada de investigação e avaliação das condições atuais e das tendências evolutivas dos ecossistemas, utilizando técnicas de:

- monitorização;
- vigilância ambiental;
- coleta, comparação e avaliação de informações;
- revisão permanente dos dados obtidos.

As conclusões da avaliação ambiental devem embasar o processo decisório político.

## ■ Finalidade

No caso dos desastres tecnológicos com características focais, os estudos dos cenários também permitem definir, entre as várias opções de localização das plantas industriais, a menos desfavorável, tanto para as áreas edificadas com as instalações, como para as áreas circunvizinhas.

Na escolha de uma área onde será construída uma nova planta industrial de produtos perigosos, devem ser considerados os seguintes fatores:

- *distanciamento* de áreas vulneráveis naturais, como nascentes, cursos de água e reservas ambientais, e modificadas pelo homem, como conjuntos habitacionais, áreas de lazer e de comércio que concentram grandes densidades de usuários;
- *dimensões* da área destinada à construção da planta industrial e de futuras ampliações, de forma a permitir o adequado nucleamento dos focos de risco e o distanciamento entre os mesmos, para dificultar a generalização dos desastres;
- *relevo* da área onde serão edificadas as diversas unidades de processamento da planta industrial;
- *geologia* da área considerada;
- *profundidade do lençol freático*, com a finalidade de reduzir os riscos de contaminação e poluição dos mesmos;

- proximidade de áreas que facilitam o armazenamento e/ou tratamento dos rejeitos sólidos e dos efluentes líquidos;
- direção e o regime dos ventos dominantes.

Deve-se buscar o máximo de distanciamento possível entre as áreas críticas, onde os riscos de desastres são mais prováveis, e as áreas vulneráveis ao efeito dos mesmos.

Calculada com o máximo de exatidão possível, a **área de exposição**, de contorno aproximadamente circular, que pode ser afetada com mais intensidade pelos desastres focais, a mesma deve ser adquirida pela empresa responsável pela indústria e transformada em **área de proteção ambiental**. Indústrias que apresentem riscos de emanações de gases perigosos devem, em princípio, serem localizadas a jusante dos ventos dominantes, com relação às áreas vulneráveis.

Estudos relativos à **geologia de engenharia** devem ser amplamente considerados, quando do projeto, construção e operação de plantas industriais.

Os estudos de geologia de engenharia aplicam conhecimentos das ciências geológicas, relativos ao meio físico, aos planejamentos de engenharia.

#### **4 - Caracterização dos Riscos de Desastres**

##### **■ Generalidades**

Estudados os eventos adversos relacionados com os desastres tecnológicos com características focais, as categorias gerais de consequências, como incêndios, explosões e emissão de produtos perigosos e os efeitos físicos, químicos e biológicos dos mesmos, sobre os diferentes corpos receptivos existentes nos cenários dos desastres, pode-se concluir o **estudo de situação**, estimando os prováveis danos humanos, materiais e ambientais, que poderão ocorrer, caso se perca o controle sobre os riscos.

O estudo analítico dos riscos permite avaliar, dentro de um determinado sistema, os eventos adversos potenciais (ameaças), os corpos receptivos vulneráveis aos efeitos dos mesmos e os danos prováveis, que poderão ocorrer, caso se perca o controle sobre os riscos.

##### **■ Metodologia de Estudo**

###### *1 - Estudo do Risco Geral do Processo - Fator RGP*

O fator inerente ao processo industrial, o qual pode contribuir para aumentar a **magnitude** de um acidente ou ocorrência (evento).

O fator RGP relaciona-se com:

- operações químicas desenvolvidas nas unidades de processamento, como o manuseio e a transferência de produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos ou altamente reagentes, e reações químicas de caráter exotérmico, com grande produção de energia;
- grau de isolamento, compartimentação e estanqueidade das unidades de processamento;
- condições gerais relacionadas com as vias de acesso e de evacuação das unidades de processamento, com a drenagem e com a exaustão e remoção de ar das mesmas.

###### *2 - Estudo do Risco Específico do Processo - Fator REP*

Fator inerente ao processo industrial, que pode concorrer para aumentar a **probabilidade de ocorrência** de um desastre.

O fator REP relaciona-se com:

- as condições intrínsecas do processamento, como níveis de temperatura e de pressão e a presença de substâncias perigosas (inflamáveis, explosivas, corrosivas e tóxicas);
- as possibilidades de vazamento das juntas das tubulações e de outras falhas de equipamentos.

###### *3 - Consequência do Pior Caso*

Ao se avaliar o potencial de riscos de um projeto industrial, é desejável que se conduza um estudo de situação que considere os parâmetros de riscos máximos definido como **consequência do pior caso**.

Esta metodologia aplica-se ao estudo dos chamados **eventos catastróficos**, caracterizados por serem muito pouco freqüentes e por gerarem gravíssimas consequências, quando ocorrem.

Esta metodologia permite uma estimativa conservadora das prováveis consequências de um desastre muito grande que ocorra na sua maior gravidade.

Um bom exemplo de estudo de uma consequência do pior caso é o exame de uma hipótese de desastre tecnológico, caracterizado pela liberação de todo o material tóxico de um determinado depósito para a área de maior vulnerabilidade, durante o período noturno, causando o máximo de efeito nocivo a um grupo populacional totalmente exposto e que não foi alertado a tempo.

#### *4 - Risco Mínimo ou Insignificante*

Ao contrário do exemplo anterior, em termos práticos, em condições de risco insignificante, não existe incentivos para modificar e aperfeiçoar os sistemas e atividades que os provoquem.

#### *5 - Risco Aceitável*

Neste caso, o risco é tão pequeno, de consequências tão limitadas e associado a benefícios tão significativos, que os grupos sociais bem informados se predispõem a aceitá-lo.

A aceitabilidade deve fundamentar-se em estudos técnicos confiáveis e considerar os fatores sociais econômicos e políticos, bem como os benefícios decorrentes da condição.

#### *6 - Estudo das Avarias*

Quando estudados dentro das unidades de processamento das plantas industriais, os danos materiais podem ser classificados como avarias.

Para fins de engenharia mecânica, avaria corresponde a qualquer modificação das condições de funcionamento de um equipamento de uma determinada planta industrial, que implique na redução da eficiência e/ou eficácia de uma determinada operação.

A avaria é considerada como **grave**, quando impede o funcionamento de um determinado equipamento essencial à operação da unidade de processamento, implicando em grandes reparos de material avariado.

A avaria é considerada como **leve** quando, embora reduza a eficiência e/ou eficácia de um determinado equipamento, permite o seu funcionamento e utilização, sem riscos para o pessoal de operações e de manutenção e sem possibilidades de evoluir para uma avaria grave.

### **■ Finalidade**

O relacionamento e a caracterização dos riscos de desastres permitem a hierarquização dos mesmos, pela ordem de importância, considerando as seguintes variáveis:

- probabilidade de ocorrência;
- intensidade dos danos prováveis.

A estimativa dos danos prováveis, caso um determinado desastre se concretize, e a hierarquização desses danos, pela ordem de importância (*Risk Ranking*), permite estabelecer a prioridade de ações de resposta aos desastres.

### *Critérios de Aceitabilidade*

Estes critérios são valores que definem se uma determinada escala de danos prováveis pode ou não ser aceita por um determinado grupo social.

É importante que estes critérios sejam estudados e propostos, com o máximo de lisura e de responsabilidade técnica, ética e política, por equipes especializadas absolutamente idôneas e adotados depois de completamente debatidos pelos representantes destes grupos sociais, com plena participação de suas lideranças.

Uma vez aprovados, os critérios de aceitabilidade são utilizados para nortear as decisões sobre o grau de segurança dos projetos industriais.

#### **5 - Estudo da Evolução Cronológica dos Eventos Adversos**

### **■ Generalidades**

Nesta etapa, estuda-se a evolução cronológica dos eventos adversos e das seqüências de incidentes, em função da variável tempo, e procura-se estabelecer parâmetros que permitam o acompanhamento e a monitorização do processo de industrialização, nas diferentes unidades de processamento da planta industrial.

Estabelecidos os parâmetros de normalidade, que permitem balizar as atividades do processo de industrialização, são definidos os níveis de alerta e de alarme para cada uma das operações do processo.

O balizamento dos parâmetros de normalidade é extremamente importante para permitir as

atividades relacionadas com a:

- vigilância do processamento industrial;
- vigilância ambiental;
- segurança do trabalho;
- medicina de trabalho.

Ao término do estudo, as equipes técnicas passam a ter melhores condições para verificar os diferentes diagramas da planta industrial.

### ■ Metodologia de Estudo

#### 1 - Evolução Cronológica dos Eventos

A ocorrência dos eventos, relacionados com desastres tecnológicos de características focais, desenvolve-se de acordo com a seguinte cronologia:

- **Evento crítico ou inicial:** aquele que dá início a uma cadeia de acidentes ou eventos intermediários, que resulta num desastre, caso o sistema de segurança não interfira a tempo de reduzi-lo, limitá-lo e controlá-lo;
- **Evento intermediário:** aquele que ocorre dentro de uma cadeia de acidentes e que pode atuar propagando a seqüência ou interferindo sobre a mesma, bloqueando-a e reduzindo o desastre;
- **Evento topo ou principal:** aquele que ocorre como resultado de uma combinação de falhas ou defeitos do sistema, as quais ocorrem de forma seqüenciada, e que causa o desastre.

#### 2 - Árvore de Eventos

Técnica dedutiva de análise de riscos, utilizada para avaliar as consequências possíveis de um desastre potencial, resultante de um evento **crítico inicial**, tomado como referência.

O evento crítico inicial pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao sistema;
  - uma ocorrência interna ao sistema, como um erro humano ou uma falha de equipamento.
- O método antecipa e descreve, de forma seqüenciada, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do evento **crítico** inicial.
- Os resultados da análise da árvore de eventos caracterizam:
- seqüências lógicas de eventos intermediários;
  - o conjunto seqüenciado de eventos intermediários que, a partir do evento crítico inicial, culmina no evento topo ou principal.

#### 3 - Árvore de Falhas

Técnica dedutiva de análise de riscos na qual, a partir da focalização do evento **topo ou principal**, se constrói um diagrama lógico que especifica as várias combinações de falhas de equipamento, erros humanos e/ou ocorrências externas ao sistema, que podem desencadear o acontecimento.

### ■ Finalidade

O estudo da evolução cronológica dos eventos adversos e o estabelecimento de parâmetros de normalidade, facilitam o desenvolvimento de alternativas de gestão, objetivando a prevenção dos desastres tecnológicos com características focais, a promoção de atividades de segurança industrial e o planejamento de contingência.

Na medida em que se aprofundam, os conhecimentos relativos às seqüências de incidentes aumenta a facilidade para se planejar os sistemas de segurança, com o objetivo de interferir e bloquear o desenvolvimento destas seqüências.

### 6 - Definição de Alternativas de Gestão

#### ■ Generalidades

A definição de alternativas de gestão funciona como fase conclusiva da avaliação de riscos de desastres tecnológicos e como elo de ligação com o:

- planejamento preventivo;
- planejamento de segurança industrial;
- planejamento de contingência.

O planejamento preventivo, através de medidas estruturais e não-estruturais, tem por objetivo reduzir:

- a probabilidade de ocorrência de eventos adversos ou a magnitude dos efeitos dos mesmos;
- as vulnerabilidades dos cenários naturais ou modificados pelo homem, aos desastres previstos no estudo de situação.

O planejamento da segurança industrial tem por objetivo reduzir os níveis de **insegurança** intrínseca inerentes ao processamento industrial.

O planejamento de contingência tem por objetivo prever as medidas de resposta aos desastres, que devem ser desencadeados com a finalidade de reduzir os **danos** humanos, materiais e ambientais e os **prejuízos** econômicos e sociais.

### ■ Finalidade

A definição de alternativas de gestão tem por objetivo estabelecer diretrizes gerais de planejamento relacionadas com os planejamentos preventivo, de segurança industrial e de contingência.

## TÍTULO V

### PLANEJAMENTO PREVENTIVO

#### 1 - Generalidades

O planejamento preventivo, relacionado com a redução dos desastres humanos de natureza tecnológica com características focais, é desenvolvido por intermédio de medidas **não-estruturais** e **estruturais**, com a finalidade de reduzir os riscos de desastres e de implementar projetos de preparação para emergências e desastres, com o objetivo de limitar a intensidade dos mesmos. O planejamento preventivo é desenvolvido com ênfase para a redução da vulnerabilidade dos cenários de desastres potenciais de natureza tecnológica, da ambiência circundante e dos grupos populacionais em risco, enquanto que o planejamento da segurança industrial é desenvolvido com ênfase para a redução das ameaças de desastres potenciais ou eventos adversos.

As medidas **não-estruturais** relacionam-se com o uso adequado do espaço geográfico e com a implementação de normas técnicas, regulamentos de segurança e projetos de preparação para emergências e desastres. O uso adequado do espaço geográfico depende da definição de áreas de riscos ou focos epicentrais de desastres tecnológicos em potencial e de áreas vulneráveis aos efeitos destes desastres, do microzoneamento e de adequadas medidas de urbanização.

As medidas **estruturais** tem por objetivo aumentar o grau de segurança intrínseca dos cenários potenciais de desastres e da ambiência circundante, por intermédio de atividades construtivas. Ao se planejar as medidas estruturais, relativas às atividades de engenharia civil, é importante considerar as três mais importantes categorias de consequências gerais dos desastres tecnológicos: **incêndios, explosões e emissão de substâncias ou produtos perigosos**.

Embora as medidas não-estruturais e estruturais sejam igualmente importantes, um planejamento deficiente relativo às medidas não-estruturais, especialmente daquelas relacionadas com o uso adequado do espaço geográfico, é de muito difícil correção numa etapa posterior.

#### 2 - Medidas Não-Estruturais

Dentre as medidas não-estruturais relacionadas com a prevenção de desastres tecnológicos de natureza focal e com a redução dos riscos destes desastres, destacam-se as seguintes:

- uso adequado do espaço geográfico;
- implementação de projetos de preparação para emergências e desastres;
- implementação de normas e regulamentos de segurança, relativos à proteção dos cenários de desastres.

#### ■ Uso Adequado do Espaço Geográfico

Num país de dimensões continentais, como o Brasil, o uso racional do espaço geográfico depende muito mais de motivações de ordem cultural, tecnológica e política, do que de motivações econômicas.

Porém, mesmo em países de pequena extensão e densamente povoados, como o Japão, o uso racional do espaço geográfico deve prevalecer quando se objetiva a redução dos desastres, especialmente os de natureza tecnológica.

Na escolha da localização de uma área, onde se pretende construir uma planta ou distrito industrial

ou qualquer outra instalação que manipule produtos perigosos, devem ser considerados os seguintes fatores:

- distanciamento de áreas vulneráveis;
- dimensões da área, compatíveis com a nucleação dos focos de risco;
- relevo geográfico;
- profundidade do lençol freático;
- condições atmosféricas dominantes.

#### **1 - Distanciamento de Áreas Vulneráveis**

Distritos e plantas industriais, ductos, parques, depósitos e demais instalações que manipulem com produtos perigosos, inclusive terminais de transporte, devem ser considerados como focos potenciais de desastres tecnológicos, relacionados com estes produtos. Por este motivo, estas instalações devem ser implantadas numa distância adequada de áreas vulneráveis.

As áreas vulneráveis a desastres tecnológicos relacionados com produtos perigosos podem ser:

- *naturais*, como regiões de nascentes e de mananciais de água, reservas e áreas de proteção ambiental;
- *modificadas pelo homem*, como áreas habitacionais e outras áreas industriais e de prestação de serviço, especialmente quando concentram grandes densidades de usuários.

Ao se analisar as possíveis áreas vulneráveis, deve-se avaliar os corpos receptivos a possíveis efeitos físicos, químicos e biológicos, relacionados com as três categorias de consequências gerais dos desastres tecnológicos de natureza focal.

O distanciamento das áreas vulneráveis é implementado por variáveis relacionadas com:

- a provável intensidade dos desastres;
- as três categorias de consequências gerais dos desastres tecnológicos com características focais;
- o relevo geográfico;
- as condições atmosféricas dominantes.

##### **□ Intensidade do Desastre**

Ao se avaliar a provável intensidade dos desastres, as **consequências do pior caso** devem ser consideradas como parâmetros de planejamento. A utilização deste parâmetro não é exagerada, mas realista, tanto que o incêndio de vila Socó é um caso típico do pior caso.

É evidente que, quanto mais graves forem as consequências do pior caso e mais intensos os desastres previsíveis, maior deverá ser a distância entre os prováveis focos de desastres tecnológicos e as áreas vulneráveis.

##### **□ Categorias de Consequências Gerais**

O distanciamento depende, também, das prováveis consequências gerais dos desastres tecnológicos, se incêndio, explosão ou emissão de substâncias perigosas, examinadas individualmente ou em conjunto. É importante avaliar os efeitos físicos (irradiantes ou mecânicos), químicos e biológicos de cada uma destas categorias de consequência, sobre os corpos receptivos dos cenários dos desastres e da ambência adjacente.

##### **□ Influência do Relevo**

A influência do relevo deve ser considerada. Elevações interpostas entre uma área com riscos de explosões e as áreas vulneráveis, contribui para reduzir a propagação da onda de choque e dos efeitos irradiantes.

##### **□ Influências Climáticas**

Os acidentes relacionados com a emissão de produtos perigosos são influenciados pelas categorias de estabilidade atmosférica ou categorias de PASQUIL, que corresponde às condições meteorológicas no momento do acidente. Nestes casos, deve-se considerar principalmente a turbulência atmosférica vertical, que é influenciada pela cobertura nublada, pelas radiações solares e pela velocidade do vento.

O regime e o sentido dos ventos dominantes influenciam no distanciamento. Da mesma forma, a presença constante de camadas de inversão com intensa redução da circulação vertical do ar, provoca a elevação dos índices de poluição e são fatores que devem ser considerados na localização

de distritos industriais.

O distanciamento das áreas vulneráveis modificadas pelo homem deve considerar, com prioridade, a grande mobilidade dos grupos populacionais, que podem ser atraídos pela própria área industrial com riscos intensificados, em busca de melhores oportunidades de emprego, de redução dos custos de transporte ou por outras razões.

O planejamento da localização de uma instalação que manipula com produtos perigosos, a partir de um enfoque relacionado com a urbanização, deve considerar as seguintes áreas:

- área de riscos ou área crítica;
- área de exposição;
- áreas de proteção;
- áreas *non-aedicandi*;
- áreas de segurança;
- áreas de refúgio.

#### Áreas de Riscos e Áreas Críticas

Área de risco é aquela onde existe uma possibilidade de ocorrência de um evento adverso importante. Área crítica é aquela onde está ocorrendo um desastre e onde há grande probabilidade de que o desastre reincida. Em outras palavras, área de risco é uma área de desastre potencial, enquanto que área crítica é a mesma área após a ocorrência do desastre. É evidente que nestas áreas deve ser vetada a construção de habitações e de outras instalações que não sejam as próprias plantas industriais.

#### Áreas de Exposição e Áreas de Proteção

Área de exposição é uma área de contorno aproximadamente circular, demarcada ao redor de um foco de riscos de desastres tecnológicos, onde pode ocorrer danos significativos, caso ocorra um desastre.

Ao redor das áreas de exposição deve ser estabelecido um **perímetro de segurança**, com a finalidade de facilitar a demarcação de áreas de proteção dos cenários circundantes.

As áreas de proteção são demarcadas com a finalidade de:

- circunscrever focos de riscos ou epicentros de prováveis desastres tecnológicos;
- distanciar os focos de risco de cenários circundantes modificados pelo homem, como áreas residenciais;
- proteger recursos naturais e componentes essenciais dos ecossistemas naturais, como mananciais. Em princípio, a criação de Áreas de Proteção Ambiental - APA, relacionadas com a preservação ou com a proteção de recursos naturais, são de responsabilidade dos governos. No entanto, as áreas de proteção, delimitadas ao redor de prováveis focos de desastres tecnológicos, com o objetivo de distanciá-los de áreas vulneráveis modificadas pelo homem, são de responsabilidade das empresas que manipulam produtos perigosos.

Áreas de proteção adequadas também devem circunscrever os locais de deposição de rejeitos sólidos e de efluentes líquidos resultantes do processo industrial.

Tanto as áreas de risco de desastres tecnológicos, como as áreas de exposição e de proteção, devem ser definidas como **áreas *non-aedicandi***. Ao se regulamentar estas áreas devem ser vetados quaisquer tipos de edificações, que não as relacionadas com o processamento industrial e estabelecidas pesadas multas para cobrir transgressões destas posturas.

#### Áreas de Segurança

Áreas de segurança são aquelas localizadas além das áreas de exposição e onde não há possibilidade de que ocorram danos às pessoas em risco. É para estas áreas que as pessoas em risco devem ser evacuadas numa primeira instância. Estas áreas de segurança devem ser demarcadas em locais de fácil acesso e que não interfiram com as operações de combate direto aos sinistros.

Definidas as áreas de segurança, os técnicos em urbanização estudam e balizam os eixos de evacuação mais favoráveis entre as áreas de risco e as áreas de segurança.

#### Áreas de Refúgio

Naqueles locais onde os efeitos físicos, químicos e biológicos dos desastres poderão ser tão intensos

que possam representar riscos para a sobrevivência e para a incolumidade das pessoas, os eixos do sistema de evacuação devem inter-relacionar-se com as **áreas de refúgio**.

As áreas de refúgio integram o sistema de evacuação e são partes dos pavimentos de construção reforçada e separadas do restante da edificação, por paredes e portas capazes de resistir, por mais tempo, aos efeitos mecânicos, irradiantes, químicos e biológicos provocados pelas explosões, incêndios e emissão de produtos perigosos.

As áreas de refúgio são planejadas com a finalidade de aumentar a probabilidade de sobrevivência e de incolumidade das pessoas, em circunstâncias de desastres de grande gravidade e de facilitar o processo de evacuação e as atividades de busca e salvamento.

Compete ao urbanista balizar os eixos de evacuação e definir as necessidades relativas às áreas de refúgio. No entanto, a construção de áreas e corredores de refúgio e de escadas enclausuradas são ações construtivas relacionadas com as medidas estruturais.

## *2 - Dimensionamento da Área*

As dimensões das áreas destinadas à construção de plantas e distritos industriais, e outras instalações responsáveis pelo processamento ou pela manipulação de produtos perigosos, devem ser suficientemente amplas e espaçosas para permitir:

- futuras ampliações;
- um adequado nucleamento e espaçamento de focos de desastres potenciais.

O nucleamento e o espaçamento (distanciamento) dos focos de desastres potenciais é a **mais importante medida não-estrutural** desenvolvida com a finalidade de evitar a generalização do desastre.

Para que este objetivo seja cabalmente atingido, é imperativo que:

- num distrito industrial, as plantas industriais que processam produtos perigosos sejam adequadamente distanciadas das demais;
- numa planta industrial, as unidades de processamento que possam dar origem a desastres focais, também sejam adequadamente distanciadas das demais.

Embora a necessidade de nucleamento e de espaçamento entre os focos de desastres potenciais com a finalidade de evitar a generalização dos desastres seja óbvia e evidente, numerosos distritos e plantas industriais que processam produtos perigosos foram construídos sem estes cuidados básicos. É evidente que, quando estas regras básicas de segurança industrial são feridas, é extremamente difícil a correção dos problemas decorrentes, numa segunda instância.

É desejável que o distanciamento dos focos de desastres potenciais levem em consideração as **consequências do pior caso** que, como já foi explicitado, é uma valorização realista e não extremamente pessimista, uma vez que o pior caso ocorre com uma freqüência bem maior do que se imagina.

## *3 - Relevo Geográfico*

É muito importante que o planejador saiba tomar partido da modelagem do terreno, para limitar o efeito dos desastres.

Barreiras topográficas naturais, ou mesmo artificiais, são bastante eficazes para limitar alguns dos efeitos dos desastres tecnológicos, especialmente os de natureza física, como a propagação de ondas de choque e de irradiações térmicas ou de outros gêneros.

As barreiras topográficas, proporcionadas pelo relevo, são extremamente eficazes para limitar os efeitos mecânicos e irradiantes dos desastres, especialmente em plantas industriais onde predominam os riscos de explosões ou de incêndios com explosões.

No caso especial das indústrias de explosivos, é desejável que as unidades de processamento sejam distribuídas individualmente pelos diferentes compartimentos do terreno, de tal forma que as barreiras topográficas dificultem a propagação dos desastres.

É normal que as barreiras naturais sejam complementadas com barreiras artificiais constituídas por linhas de aterros muito bem consolidados e compactados.

## *4 - Geologia da Área*

A geologia de engenharia é uma área muito importante do conhecimento humano de extrema

importância para a prevenção dos desastres antropogênicos de natureza tecnológica. Por aplicar conhecimentos relacionados com a geologia e com a mecânica dos solos na área de engenharia, este ramo do conhecimento é extremamente importante na fase de planejamento dos projetos construtivos.

A geologia de engenharia interage com outros ramos do conhecimento tecnológico, especialmente com a sinistrologia e com:

- a sismologia;
- a dinâmica das encostas;
- o estudo das fundações.

No que diz respeito à sinistrologia, os desastres relacionados com a geologia de engenharia situam-se numa área fronteiriça entre os desastres naturais, humanos e mistos.

Mesmo no Brasil, onde a atividade tectônica é relativamente reduzida, os grandes projetos de engenharia devem ser precedidos por estudos sismológicos, especialmente no caso de construções que podem ser causa de sismicidade induzida, como as grandes barragens.

Estudos relativos à geomorfologia devem ser considerados quando se planeja a localização ou o traçado de grandes obras de engenharia, especialmente quando envolvem instalações que processam produtos perigosos.

Grandes obras de engenharia não devem ser localizadas em terrenos inconsolidados e em áreas de encostas sujeitas a:

- movimentos gravitacionais de massa, como escorregamentos de solo, rastejos, corridas de massa e tombamentos ou rolamentos de rochas e matacões;
- processos de transporte de massa ou processos erosivos intensos, como erosões laminares, ravinamento, formação de boçorocas, desbarrancamentos e outros.

A profundidade em que se encontra o substrato rochoso inalterado, ou horizonte “D” do solo, é extremamente importante para a estimativa das necessidades relativas às fundações, objetivando um embasamento seguro para as estruturas das edificações.

Os estudos geotectônicos são também importantes para evitar erros, como a construção de obras extremamente complexas, como usinas átomo-elétricas em áreas de falhas geológicas.

A construção de numerosos trechos de estradas em áreas de terrenos inconsolidados e sujeitos a freqüentes deslizamentos, demonstra que também a engenharia rodoviária deve incorporar tecnologias de geologia de engenharia ao planejamento construtivo.

#### *5 - Profundidade do Lençol Freático*

Em princípio, a construção de plantas e distritos industriais, especialmente quando processam produtos perigosos, deve ser evitada em áreas onde o lençol freático é superficializado.

É evidente que, quanto mais superficializado for o lençol freático, maiores serão:

- as dificuldades de drenagem e de esgotamento das águas pluviais;
- as facilidades para a poluição e contaminação das águas de subsuperfície.

Como as facilidades portuárias são critérios econômicos extremamente importantes para a localização de complexos industriais, é normal que as áreas de retroporto sejam prioritariamente avaliadas, quando se planeja a localização de um novo distrito industrial.

A faixa de contato entre os continentes e os oceanos está sujeita a uma dinâmica interativa intensa, onde a mudança das paisagens é a regra.

A longo prazo não existem linhas de costas estabilizadas. Ou o mar está crescendo sobre o continente, como nos litorais de falésias, ou ao contrário, o continente está crescendo sobre o mar, como nos litorais de restinga.

Como nas áreas conquistadas do mar pelos continentes, é normal que os lençóis freáticos sejam superficializados, em princípio, o retroporto destas áreas são contra-indicados para a localização de distritos industriais especializados no processamento de produtos perigosos.

#### *6 - Condições Atmosféricas*

O estudo das condições atmosféricas dominantes é de grande importância para decidir sobre a localização de plantas e distritos industriais que:

- produzam importantes emanações de gases poluidores;
  - apresentem riscos de vazamento de produtos perigosos em estado gasoso.
- Por tais motivos, o estudo das condições atmosféricas dominantes é muito importante nos estudos de sinistrologia relacionados com:
- desastres antropogênicos, de natureza tecnológica, com características focais;
  - desastres mistos relacionados com a geodinâmica terrestre externa, como chuvas ácidas e o efeito estufa.

No que diz respeito aos desastres mistos, é importante entender que as modificações ambientais atuam não somente em caráter local mas, principalmente, com repercussões globais. Por esses motivos, está cada vez mais evidente que as chuvas ácidas que estão destruindo as florestas do norte da Europa são geradas por emanações de gases dos grandes complexos industriais situados no leste da América do Norte.

No que diz respeito aos desastres tecnológicos com características focais relacionados com a emanação de gases tóxicos, é importante que se considere as condições de estabilidade atmosférica ou **categorias de Pasquil**. As condições atmosféricas vigentes, quando da emanação de gases poluentes, ou quando do vazamento de gases perigosos, permitem antecipar os reflexos destas emanações ou vazamentos sobre os cenários dos desastres, tanto em termos de intensidade dos efeitos, como em extensão da área afetada.

Essas avaliações levam em consideração os reflexos das condições atmosféricas sobre as condições de turbulência e circulação do ar em sentido vertical, provocada pelas correntes ascendentes, e em sentido horizontal, provocada pelo regime, direção e sentido dos ventos dominantes nas camadas.

Enquanto que a intensificação nas condições de circulação vertical e horizontal inferem na ampliação da **área de exposição**, a redução destas condições influem na intensificação do risco local.

O regime, a direção e o sentido dos ventos dominantes devem ser considerados, prioritariamente, na localização de plantas industriais com riscos de vazamento de gases perigosos. Complexos industriais que podem ter acidentes com vazamento de gases perigosos, como **cloro**, não devem ser localizados a montante de grandes aglomerados urbanos.

A inversão do gradiente de temperatura nas camadas atmosféricas reduz as condições de circulação vertical entre as camadas e as correntes ascendentes. Em consequência, a inversão do gradiente de temperatura nas camadas, quando associada à intensificação da emanação de gases poluidores resultantes da atividade industrial ou de veículos automotores, caracterizam um desastre misto.

Como este fenômeno é bastante freqüente na baixada Santista e na região metropolitana de São Paulo, a principal diretriz para os planejadores do desenvolvimento do Estado de São Paulo deve ser: interiorizar o desenvolvimento industrial do Estado, promovendo novos pólos de desenvolvimento industrial, ao longo da Hidrovia Paraná-Tietê, das ferrovias, após modernizadas, e dos grandes troncos rodoviários.

Da mesma forma, no planejamento do desenvolvimento de cidades como Goiânia, Anápolis e Brasília, onde este fenômeno ocorre com grande freqüência, as diretrizes devem ser:

- promover plantas e distritos industriais de indústrias leves e não poluidoras;
- desencorajar a implantação de indústrias pesadas e/ou poluidoras;
- priorizar a construção de sistemas de transporte de massa, como metrôs, monotrilhos e outros.

## ■ Implementação de Projetos de Preparação

### 1 - Generalidades

Dentre os projetos de preparação para emergências e desastres, o mais importante é a implementação de **brigadas de anti-sinistros**.

As brigadas anti-sinistro devem ser constituídas por três grupamentos ou equipes especializadas:

- grupamento de combate aos sinistros;
- grupamento de busca e salvamento, evacuação e resgate;
- grupamento de atendimento emergencial.

A brigada deve ser cadastrada em conjunto e os Corpos de Bombeiros Militares podem cooperar no adestramento das mesmas. Ao término da fase de adestramento geral da brigada, todos os seus componentes deverão estar aptos para:

- utilizar corretamente todos os tipos de equipamentos de combate aos sinistros, disponíveis nas instalações, em quaisquer circunstâncias;
- transportar feridos em macas ou utilizando meios de fortuna (recursos adaptados);
- ministrar primeiros socorros e encaminhar as vítimas para o tratamento emergencial;
- conduzir o pessoal a ser evacuado, pelas vias de fuga estabelecidas;
- desencadear o plano de contingência da instalação, se e quando necessário.

A brigada deve reciclar o treinamento periodicamente, com o apoio do Corpo de Bombeiros Militares. Como os elementos da brigada devem ter muito boas condições físicas, o treinamento físico é indispensável.

Todos os componentes da brigada deverão dispor de:

- uniforme (colete) com distintivos que facilitem sua identificação;
- equipamento de proteção individual.

A escala de serviços da brigada deve cobrir as 24 horas do dia, em turmas de 8 horas. A previsão aos elementos da equipe de prontidão varia entre 8 e 24 homens, para cada 10.000 m<sup>2</sup> de área construída, em função do nível de risco das diferentes unidades de processamento. Nos horários em que as unidades de processamento não estão operando, a previsão de elementos em prontidão se reduz à metade.

## *2 - Missões Específicas das Equipes ou Grupamentos*

### Grupamento de Combate aos Sinistros

Compete às equipes de combate aos sinistros:

- desencadear o alarme e o plano de chamada de todos os elementos da brigada, quando necessário;
- acionar o Corpo de Bombeiros Militares e as demais brigadas de combate aos sinistros do distrito industrial;
- combater o sinistro, conforme foi planejado, e com os equipamentos disponíveis;
- retirar elementos combustíveis das proximidades dos focos de desastres;
- acionar válvulas de segurança para bloquear vazamentos de produtos perigosos;
- acionar os sistemas de segurança e os sistemas de alívio;
- relatar aos bombeiros militares as circunstâncias de desastre e as providências adotadas;
- apoiar e reforçar os bombeiros militares, quando os mesmos assumirem a responsabilidade pelo combate ao desastre;
- reforçar as ações de outra brigada anti-sinistro, quando em apoio a operações de combate a desastres em outras plantas do distrito industrial, de acordo com planos de cooperação preestabelecidos;
- desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.

### Grupamento de Busca e Salvamento

Compete às equipes de busca e salvamento, evacuação e resgate:

- conduzir a evacuação de todo o pessoal que não esteja empenhado diretamente nas ações anti-sinistro, pelos eixos de evacuação (vias de fuga) preestabelecidos;
- buscar, salvar e evacuar todos as pessoas afetadas pelo sinistro nas áreas de risco e/ou exposição;

- ministrar os primeiros socorros;
- bloquear as áreas de risco intensificado e de exposição, para pessoas não autorizadas;
- retirar todos os veículos dos estacionamentos próximos aos pavilhões afetados pelo sinistro;
- manter abertas as vias de acesso ao local do sinistro para os trens de combate aos sinistros dos Corpos de Bombeiros;
- apoiar e/ou reforçar as ações das demais equipes;
- desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.

**Grupamento de Atendimento Médico Emergencial**

- ministrar os primeiros socorros e o atendimento médico emergencial aos pacientes vitimados pelo desastre;
- ministrar o tratamento emergencial aos pacientes intoxicados;
- conduzir os pacientes intoxicados, por mecanismos de contato do tóxico com a pele ou mucosas, por corredores de duchas;
- proceder a reanimação cardiorrespiratória e a manutenção da ventilação pulmonar dos pacientes intoxicados por inalação;
- encaminhar para Unidades de Queimados, Politraumatizados ou de Intoxicados, aqueles pacientes que necessitem de tratamento especializado;
- providenciar sobre a continuidade do tratamento dos pacientes vitimados pelo desastre;
- rever as medidas de primeiros socorros e as imobilizações provisórias;
- transportar os pacientes feridos em macas ou padiolas;
- desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.

*3 - Conceitos Relacionados com o Assunto*

**Sistema de Segurança**

Conjunto de equipamentos, normas e procedimentos preestabelecidos, com a finalidade de responder a uma seqüência de eventos acidentais ou a um conjunto de condições anormais e evitar a propagação de um desastre.

**Válvula de Segurança**

Válvula que funciona automaticamente, em determinadas condições de temperatura e pressão, para evitar elevações de temperaturas e sobrepressões, além de limites preestabelecidos e determinados.

**Sistema de Alívio**

Conjunto de equipamentos, normas e procedimentos preestabelecidos e previstos no projeto de instalação da planta industrial, com a finalidade de responder a uma seqüência de eventos acidentais, interferindo na mesma e bloqueando sua propagação, com o objetivo de controlar e limitar o sinistro.

*4 - Comentários*

Os tóxicos podem ser absorvidos pelo organismo por intermédio de uma ou mais das seguintes vias:

- ingestão;
- inalação;
- contato direto com a pele, mucosas e conjuntivas.

No caso de intoxicações exógenas, relacionadas com desastres tecnológicos de natureza focal, não é normal a absorção por ingestão, restando a absorção por inalação ou por contato com a pele, mucosas e conjuntivas como as mais freqüentes e normais.

No caso das intoxicações por contato com a pele ou mucosas, o procedimento inicial e mais importante é submeter a vítima a um banho de ducha, com água abundante, durante o qual o paciente livra-se de suas vestes que, posteriormente, serão incineradas. Recomenda-se que estes banhos de ducha tenham a duração mínima de 15 minutos.

Os pacientes intoxicados por inalação deverão ser rapidamente retirados do ambiente, reanimados e mantidos com ventilação pulmonar assistida.

*5 - Equipamento de Proteção Individual*

Equipamento que protege o corpo contra o contato com produtos tóxicos conhecidos ou suspeitados. De acordo com o grau de proteção, estes equipamentos foram divididos em quatro

categorias:

- *Nível A*: encapsulado total ou escafandro. Este equipamento isola totalmente o operador do meio ambiente e é utilizado quando é necessário o maior nível de proteção para as vias respiratórias, peles, mucosas e para os olhos;
- *Nível B*: equipamento de respiração autônoma, com isolamento completo da cabeça, do pescoço e parte superior do tronco e proteção para o restante do corpo. Este equipamento deve ser utilizado quando for necessário um maior nível de proteção para as vias respiratórias, olhos e mucosas dos aparelhos digestivo e respiratório e um menor grau de proteção para a pele;
- *Nível C*: equipamento com máscara de filtro. Este equipamento provê proteção para as vias respiratórias, olhos e pele, contra poeiras em suspensão;
- *Nível D*: uniforme comum de trabalho. Este equipamento pode ser complementado por óculos, luvas e botas e não provê proteção para as vias respiratórias, pele, mucosas e olhos contra produtos perigosos e não deve ser utilizado em locais de risco de vazamentos;
- *Roupa Aluminizada*: traje de amianto ou material similar, pintado com tinta aluminizada e dotado de capuz com visor de vidro especial. Este equipamento protege o bombeiro contra o calor irradiante e, eventualmente, do contato direto com a chama.

### ■ Implementação de Normas e Regulamentos de Segurança

A implementação de normas e regulamentos de segurança é um direito da sociedade e tem por objetivo:

- reduzir os riscos de danos humanos para todo o pessoal que trabalha na instalação e para as comunidades que vivem nas proximidades das mesmas;
- garantir a segurança das instalações contra sinistros e reduzir os danos materiais;
- proteger o meio ambiente e reduzir danos ambientais;
- proteger o patrimônio e reduzir os prejuízos econômicos e sociais;
- reduzir o valor das taxas e tarifas de seguros.

Em princípio, estas normas e regulamentos devem ser estabelecidos por proposta dos órgãos governamentais responsáveis pela garantia da segurança global da população. O aperfeiçoamento desta legislação depende:

- do nível de exigência da sociedade que tem a responsabilidade política de exigir que o governo garanta seu direito à segurança contra sinistros;
- do desenvolvimento de um novo ramo do direito, o **Direito de Desastres**.

Normalmente, as companhias de seguro estabelecem as condições mínimas para a aceitação de seguros, inclusive contra prejuízos impostos a terceiros, relacionados com a industrialização e/ou manipulação de produtos perigosos. Também é normal que estas companhias estabeleçam diversos níveis de condições que, se preenchidas, podem reduzir taxas e tarefas.

### *Fiscalização e Auditoria Técnica*

Tanto a legislação, como os contratos de seguros, devem estabelecer o direito dos órgãos governamentais e das companhias de seguro, para fiscalizar e auditar as condições de segurança das empresas que atuam com produtos perigosos.

A fiscalização destas empresas é desenvolvida por atividades de auditoria e de vigilância permanente. É importante caracterizar que:

- as atividades de auditoria desenvolvem-se por um tempo determinado, podendo ser repetidas a intervalos que são estabelecidos em função dos riscos específicos dos processos inspecionados;
- as atividades de vigilância são sistêmicas e de caráter permanente.

### Auditoria de Segurança de Processo

É a inspeção metódica de uma planta industrial, das unidades de processamento, das normas e procedimentos estabelecidos, dos sistemas de controle e de limitação de danos e dos planos de contingência e de segurança industrial, comparando-os com as **intenções do projeto**, com o objetivo de confirmar e aperfeiçoar planos e dispositivos de segurança estabelecidos. A auditoria de segurança deve ser conduzida por uma equipe diferente da que planejou a segurança da planta industrial.

**Revisão de Segurança de Processo**

É a inspeção realizada por uma equipe externa, que analisa a planta industrial, as unidades de processamento, normas e procedimentos, os sistemas de controle e de limitação de danos e os planos de segurança industrial e de contingência, com o objetivo de detectar e solucionar problemas reais.

**Vigilância**

Atividade ou subsistema responsável pela medida, controle e aferição de parâmetros definidos como indicadores de riscos específicos.

**Vigilância aos Fatores de Risco**

Conjunto de ações relacionadas com a identificação das características e dos aspectos situacionais, relacionados com fatores de risco, e com a monitorização sistemática das variáveis identificadas, com a finalidade de caracterizar situações de risco que podem ser a curto prazo ou iminentes.

**Vigilância Ambiental**

Observação sistematizada caracterizada pela medição, registro, comparação e interpretação das variáveis ambientais, com objetivos específicos. A vigilância ambiental compreende as seguintes ações:

- observação, registro e medição sistemática dos agentes nocivos ao meio ambiente, nos seguintes compartimentos ambientais: ar, água, solo, habitat, ambiente de trabalho e também nos alimentos e em outros produtos específicos;
- observação, registro e medição sistemática dos condicionantes macroambientais, com reflexos sobre os ecossistemas;
- análise, comparação, avaliação, interpretação e descrição das relações interativas entre as variações macroambientais dos macrossistemas e as medições dos agentes nocivos ao meio ambiente.

**Vigilância a Segurança do Trabalho**

É a aplicação da metodologia de vigilância com a finalidade de proteger os trabalhadores e garantir a saúde e a incolumidade dos mesmos.

No caso específico, contra riscos de desastres tecnológicos, acidentes de trabalho e contra intoxicações agudas ou crônicas relativas a produtos perigosos.

**Limite de Controle**

Indica um nível aceitável de exposição ambiental que, se excedido, implica em medidas necessárias ao restabelecimento da situação de normalidade.

**Limite de Exposição**

Indica o nível máximo de exposição aceitável para seres humanos, o qual não deve ser ultrapassado, em nenhuma hipótese.

### **3 - Medidas Estruturais**

Ao se planejar a construção de uma planta ou distrito industrial, deve haver uma preocupação de localizá-la em área de riscos reduzidos e distante de áreas vulneráveis, e de construí-la com uma tecnologia que aumente sua resistência contra riscos de desastres previsíveis.

De acordo com o Regulamento de Tarifas de Seguro Incêndio do Brasil - TSIB, os riscos isolados são distribuídos em:

- três classes, variando de A a C, em função do nível de risco;
- treze tipos, variando em função da natureza de sua ocupação e dos riscos inerentes a seu funcionamento.

As plantas industriais que processam produtos perigosos são normalmente classificadas na classe B

(riscos intensos) ou C (riscos muito intensos) e a tipificação dos riscos é normalmente superior a 5 (cinco).

É evidente que o nível de risco pode ser reduzido e, em consequência, o custo das tarifas de seguro, em função do grau de eficiência dos sistemas de segurança.

Dentre as medidas estruturais relacionadas com a redução dos riscos de sinistros, destacam-se as relacionadas com:

- a segurança estrutural;
- o combate aos sinistros.

### ■ Segurança Estrutural

#### 1 - *Planejamento da Edificação da Planta Industrial*

Plantas e distritos industriais devem ser minuciosamente planejados, bonitos, funcionais, seguros e salubres.

Durante o planejamento e a construção de uma planta industrial, deve haver uma preocupação dominante com a segurança estrutural da edificação. A estrutura da edificação deve ser planejada com uma muito boa margem de segurança contra riscos previsíveis e deve ser compatível com o grau de complexidade e dimensões da obra.

#### 2 - *Obrigações Contratuais*

É necessário que se estabeleçam muito claramente as responsabilidades relacionadas com a condução das obras de engenharia civil e com a instalação dos equipamentos mecânicos das unidades de processamento e se definam, objetivamente, as obrigações contratuais das firmas de:

- **planejamento**, responsável pela elaboração minuciosa do projeto da obra e de todas as plantas baixas, cortes e perspectivas necessárias. Além do projeto arquitetônico, as firmas de planejamento são responsáveis pelos cálculos de estrutura e pela especificação dos materiais, insumos e equipamentos a serem utilizados e instalados nas diversas unidades de processamento da planta industrial;
- **segurança**, responsáveis pela análise e avaliação de riscos de desastres e pelo planejamento dos sistemas de segurança industrial, prevenção de desastres, normas e procedimentos padronizados de segurança e pelos planos de contingência;
- **construtoras e instaladoras**, responsáveis pela construção da planta industrial, pela instalação do equipamento nas diversas unidades de processamento industrial, pela proposta do cronograma de obras e pela contratação de firmas subempreiteiras, sob estrita responsabilidade das primeiras;
- **fiscalização e de auditoria técnica**, com a responsabilidade de representar a empresa contratante na fiscalização diária e na auditoria do empreendimento. Compete a estas firmas o controle de qualidade e a medição das etapas concluídas, de acordo com o cronograma de obras, e a autorização para que se efetuem os pagamentos, além do desempenho das atividades de vigilância, de auditoria técnica e de recepção e teste de funcionamento, após a conclusão da obra.

As firmas de auditoria de segurança são responsáveis pelas atividades de auditoria de segurança do processamento, pela vigilância dos fatores de risco e pela vigilância da segurança do trabalho.

É necessário ressaltar a imensa importância de uma especificação competente e minuciosa. Na prática, a margem de lucro das firmas empreiteiras responsáveis pela edificação da planta industrial e pela instalação dos equipamentos, aumenta e função das deficiências na especificação. Por esses motivos, tanto a empresa contratante, como as firmas de planejamento, devem priorizar as atividades relacionadas com a especificação.

Deverá, também, ficar estabelecido, mediante cláusula contratual que, qualquer material, insumo ou equipamento, que não tenha sido especificado detalhadamente, deverá ser de boa qualidade e produzido por firma idônea e de comprovada capacidade tecnológica.

### ■ Estudos de Fluxos e Áreas de Refúgio

#### 1 - *Estudos de Fluxos*

Ao dar início ao planejamento arquitetônico e funcional da planta industrial, as equipes multidisciplinares de planejamento devem ocupar-se, inicialmente, da compartimentação racional da

planta e, numa segunda etapa, dos estudos de fluxos entre as diversas unidades de processamento e de apoio.

Ao se estudar os fluxos, deve-se planejar a circulação horizontal e, quando for o caso, vertical, entre as diversas unidades de processamento, tanto em condições normais, como em circunstâncias de desastres.

Ao se aprofundar os estudos de fluxo, é necessário caracterizar:

- o que circula;
- de que forma circula;
- circula de onde para onde;
- que condições são necessárias para que a circulação flua de forma adequada e com o máximo de segurança.

Numa planta industrial circulam pessoas e coisas.

Dentre as pessoas, é necessário estudar a circulação do pessoal:

- técnico, responsável pelas atividades-fim das unidades de processamento;
- técnico, responsável pelas atividades-meio, como manutenção, serviços gerais, serviços de apoio e brigada anti-sinistro;
- burocrático, responsável pelo desempenho das atividades administrativas.

Há que considerar, também, os locais de circulação para visitantes, compradores e fornecedores.

Dentre as coisas, é importante estudar a circulação dos:

- equipamentos, tanto nas fases de instalação, como nas de desinstalação e de manutenção;
- insumos utilizados no processamento industrial;
- produtos industriais, tanto nas linhas de montagem e diferentes etapas de processamento, como após acabados;
- despejos, resíduos e efluentes, especialmente quando perigosos;
- equipamentos necessários aos sistemas de segurança.

A circulação numa planta industrial pode desenvolver-se por:

- corredores e elevadores, que podem ser de uso geral ou de uso restrito. A menos que haja especificação em contrário, os corredores de uso geral devem ter uma largura mínima de 2,40m e os elevadores de uso geral devem ter dimensões mínimas de 2,40 por 1,80 metros;
- escadas e esteiras rolantes;
- ductos e tubulações que devem ser claramente sinalizados, por código de cores, em função do produto transportado;
- containers, que podem trafegar por vias privativas de trânsito, tanto em sentido horizontal, como em sentido vertical;
- sistemas de cremalheiras, por onde deslizam cofres ou outros invólucros;
- outros sistemas de transporte.

Além dos estudos de fluxos, relacionados com as atividades rotineiras, é indispensável que, nesta fase, sejam estudadas as vias de acesso e as de fuga e evasão, que serão utilizadas em circunstâncias de sinistros.

## 2 - Estudo das Áreas de Refúgio

Como já foi explicitado, o sistema de circulação horizontal e vertical, em circunstâncias de sinistros, deve guardar estreitas relações interativas com as áreas de refúgio.

As áreas de refúgio são planejadas e construídas com a finalidade de aumentar as probabilidades de sobrevivência e de garantia da incolumidade das pessoas, em circunstâncias de sinistros de grande intensidade. Nas indústrias de produtos perigosos, onde os riscos de explosões, incêndios e vazão de produtos perigosos são muito intensos, as vias de acesso e de evasão em circunstâncias de sinistro, devem ser construídas com as características de áreas de refúgio.

Estas vias de circulação, com características de áreas de refúgio, devem ser planejadas para serem utilizadas como:

- eixos de fuga e evasão ou de evacuação de pessoas, em circunstâncias de sinistros;
- eixos facilitadores das atividades de busca e salvamento e de resgate de feridos;

- vias de acesso que permitam o carreamento dos meios necessários às atividades de combate direto aos sinistros.

Em indústrias, onde os riscos de desastres de grandes proporções são importantes e onde são previstas condições ambientais extremamente adversas para seres humanos, as ações de combate aos desastres podem ser telecomandadas, a partir de salas com características de áreas de refúgio, mediante sistemas efetores altamente robotizados.

### *3 - Especificações para Escadas Enclausturadas*

Em casos de incêndio, com ou sem explosões ou vazão de produtos perigosos, o uso de elevadores deve ser interditado. Em consequência, devem ser planejadas vias protegidas de circulação vertical, mediante a construção de escadas enclausturadas.

Escadas enclausturadas devem ser equipamentos de construção, de caráter obrigatório, em edifícios altos, edificações com grandes densidades de usuários, e em plantas industriais com mais de dois pavimentos.

Desenvolvida com as características de uma área de refúgio, a escada enclausturada é planejada como uma estrutura autônoma e independente do restante da edificação e construída no interior de uma caixa vertical, com estrutura reforçada e paredes corta-fogo.

Em todos os pavimentos, as escadas enclausturadas são precedidas por antecâmaras estanques, protegidas por portas corta-fogo que evitem a penetração de fogo, fumaça e de outras emanações tóxicas, em circunstâncias de sinistros.

A construção de escadas enclausturadas deve:

- ser desenvolvida em caixas verticais, com estrutura reforçada, que deve ser calculada e construída independentemente do restante da estrutura de sustentação das edificações. A escada deve ser separada do restante dos pavimentos por antecâmaras protegidas por portas corta-fogo e dotadas de equipamentos de exaustão;
- garantir total estanqueidade, com relação aos pavimentos e ao meio ambiente externo, de forma a impedir a invasão das áreas de refúgio por chuvas, fumaças, gases aquecidos ou outras emanações perigosas, como monóxido de carbono;
- impedir a formação de um vão central, entre os lances de escadas, que facilite a ascensão concentrada de gases aquecidos e de chamas, através da caixa de escada, em função do efeito chaminé ou efeito Venturi;
- ser construída por paredes mais espessas que as dos pavimentos, de material incombustível e mau condutor de calor. Quando existirem riscos aumentados de irradiações nucleares, as paredes podem ser duplas, com o intervalo entre elas preenchido por cimento baritado;
- dispor de fontes e circuitos de energia autônomos, independentes e protegidos, para alimentar exaustores, luminárias e outros equipamentos elétricos, em circunstâncias de desastres;
- dispor de um sistema de iluminação, alimentado pelo sistema autônomo de energia, para garantir boas condições de visibilidade durante a evacuação. Deve-se escolher luzes amarelas, que permitem visibilidade mesmo em ambientes saturados de fumaça;
- dispor de sistemas de exaustão de fumaça e de outras emanações tóxicas e de sistemas de ventilação, suficientes para manter o ar respirável;
- prever degraus amplos, de material não derrapante, sem perigosos estreitamentos nas partes internas dos lances de escada e com amplos patamares interpostos.

### *4 - Comentários*

O uso de produtos celulósicos, resinosos e metálicos, bem como de outros materiais facilmente combustíveis e bons condutores de calor, deve ser absolutamente vetado na construção de escadas enclausturadas.

A circulação horizontal das áreas de refúgio deve ser planejada com especificações semelhantes às das escadas enclausturadas.

Em plantas industriais que manipulem produtos perigosos e apresentam riscos de desastres com incêndios, explosões e vazamento de substâncias perigosas, as áreas de refúgio devem ser planejadas considerando estas três categorias gerais de consequências.

Nestas condições, tanto os postos de combate aos sinistros, como as vias de acesso aos mesmos, devem ser planejados e construídos com as características de áreas de refúgio.

### ■ Medidas Construtivas de Redução de Incêndios, Explosões e Vazamentos

A prevenção de incêndios e das explosões é desenvolvida a partir de estudos relacionados com o tetraedro de fogo e das condições que podem provocar explosões.

Quanto maior for o risco de incêndio, maiores serão as necessidades de controle e de redução:

- da carga combustível;
- da carga comburente;
- do efeito calor;
- das causas de ignição.

#### 1 - *Carga Combustível*

A carga de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos devem ser minuciosamente estudada e reduzida ao mínimo indispensável ao processamento industrial. Mesmo nas áreas administrativas e de apoio, a carga de materiais celulósicos, como móveis e divisórias de madeira, tapetes, carpetes e cortinas, deve ser reduzida ao máximo e substituída por materiais tratados por substâncias que retardem a combustão.

Os ductos e tubulações de combustíveis líquidos e gasosos devem se estanques de muito boa qualidade e dotados de juntas e válvulas seguras. É necessário que estes ductos sejam facilmente acessíveis, sinalizados por códigos de cores e interligados à rede de alívio que permita o desvio desta carga combustível, em casos de sinistros, numa determinada unidade de processamento.

#### 2 - *Carga Comburente*

Numerosas indústrias utilizam oxigênio e ar comprimido no processamento industrial. Nestes casos, os ductos e tubulações devem ser planejados e construídos com os mesmos cuidados das tubulações de combustíveis.

Da mesma forma, ao se planejar a ventilação natural dos ambientes de trabalho, o efeito Venturi deve ser considerado, para que se evite a ascensão concentrada de ar aquecido, juntamente com chamas e gases combustíveis, em casos de incêndio.

#### 3 - *Efeito Calor*

Em áreas de riscos intensificados de incêndios, podem ser planejados e instalados:

- chuviscos de teto ou “*sprinklers*”;
- serpentinas resfriadoras.

Os sistemas de chuviscos de teto ou “*sprinklers*” devem ser acionados automaticamente por sensores periféricos de fumaça e de calor. Todas as vezes que os chuviscos de teto forem acionados automaticamente, o sistema de alarme deve ser disparado indicando a área afetada.

Os sistemas de serpentinas refrescadoras devem ser planejados e instalados no sistema de ductos com o objetivo de manter a temperatura dos corpos combustíveis abaixo do **ponto de fulgor** e, principalmente, do **ponto de inflamabilidade**.

#### 4 - *Causas de Ignição*

A redução dos riscos de incêndio, além de depender da escolha criteriosa de equipamentos e materiais de construção pouco combustíveis e de ponto de inflamabilidade elevado, depende também da redução dos riscos de ignição por centelhamento, calor ou chama.

A grande maioria dos incêndios não intencionais que ocorrem no Brasil, origina-se em uma rede elétrica sobrecarregada, em função de incorreções no planejamento da mesma ou de acréscimos não planejados e indevidos na carga de consumo.

Ao se planejar as diferentes compartimentações das redes de distribuição de energia elétrica, em uma planta industrial, é muito importante:

- considerar as diferentes compartimentações de redes independentes, para evitar interferências, sobrecargas e piques ou quedas bruscas de consumo;
- definir adequadamente as características de cada uma das redes autônomas e compartimentadas, o consumo previsto e as capacidades das mesmas, com a finalidade de evitar sobrecargas, aquecimentos e curtos-circuitos;

- para cada uma das redes autônomas, definir adequadamente a tipificação de equipamentos de ampliação e de redução de potenciais e de proteção das redes e dos equipamentos elétricos;
- definir as redes e sistemas prioritários e os equipamentos que devem ser mantidos energizados através dos geradores de energia do sistema emergencial, em caso de queda do fornecimento de energia.

Infelizmente, no País, redes de eletricidade bem planejadas e instaladas começam a ser sobrecarregadas poucos dias depois da inauguração da instalação. O hábito de fazer proliferar ligações não previstas e irregulares está profundamente arranjado entre os brasileiros. Os “benjamins” são os equipamentos elétricos mais populares e qualquer aprendiz de eletricista acha-se autorizado para instalar “gambiarras”.

Por todos estes motivos, os incêndios originados nas redes elétricas são tão frequentes.

Os riscos de centelhamento produzidos por descargas atmosféricas também devem ser considerados, especialmente no Brasil, onde o fenômeno ocorre com maior freqüência e intensidade que nos demais países do mundo.

Por esse motivo, os sistemas de pára-raios devem ser adequadamente planejados, instalados e aterrados.

Nas plantas industriais, defeitos de especificação ou de instalação de eixos, juntas e mancais ou deficiências na manutenção e lubrificação dos mesmos, podem gerar superaquecimentos em função do atrito.

Para evitar a perda de controle dos processos de combustão e a propagação de incêndios, as caldeiras e outras unidades de apoio e de processamento, onde o processo de combustão ocorre de forma controlada, devem ser adequadamente protegidas e nucleadas de forma estanque e distanciada.

#### *5 - Redução dos Efeitos das Explosões*

A redução dos efeitos das explosões é conseguido:

- pela compartimentação adequada e pelo distanciamento e proteção dos focos de riscos;
- pelo direcionamento da onda de choque.

Indústrias de explosivos devem ser localizadas em áreas compartimentadas pelo relevo natural. A compartimentação natural pode ser complementada por um sistema de barreiras com aterros artificiais adequadamente consolidados. Em princípio, as unidades de processamento com riscos intensificados de explosão, devem ser distribuídas isoladamente em compartimentos diferentes do terreno, para se evitar a generalização dos sinistros.

A arquitetura das unidades de processamento e de depósito de explosivos deve ser planejada de forma que a onde de choque seja direcionada para cima, em sentido vertical, e se dissipe no espaço. Para facilitar a dissipação da onda de choque, os telhados são planejados para serem facilmente levantados pela explosão.

Nestas instalações, as câmaras de refúgio devem ter paredes muito reforçadas e serem, em princípio, subterrâneas. Quanto mais estanques forem as áreas de refúgio, menor a propagação da onde de choque no interior das mesmas e menores os riscos de *efeito blast* sobre os tímpanos e alvéolos pulmonares.

#### *6 - Redução dos Riscos de Vazão de Produtos Perigosos*

Normalmente, os produtos perigosos vazam sob a forma líquida ou gasosa, em plantas industriais.

A redução dos riscos relacionados com a vazão de produtos perigosos depende:

- do controle de qualidade dos ductos, tubulações e válvulas de segurança;
- da existência de sistemas de alívio que permitam desviar o fluxo destes produtos, em casos de vazamento;
- da existência de eficientes sistemas de drenagem, no caso de líquidos, e de exaustão, no caso de gases perigosos.

A instalação de sistemas de monitorização ambiental permite a detecção de vazamentos ainda nas fases iniciais.

### **■ Sistema de Combate aos Incêndios**

O sistema de combate a incêndios é constituído por:

- uma rede de informações, alerta e alarme;
- um subsistema de hidrantes;
- um subsistema de extintores.

#### *1 - Rede de Informações, Alerta e Alarme*

Esta rede normalmente é constituída por:

- sensores periféricos e calor, chama e fumaça;
- dispositivos periféricos de alarme acionados manualmente;
- dispositivos periféricos de alarme acionados automaticamente, todas as vezes que um equipamento de combate a incêndio é utilizado;
- uma central de informações, alerta e alarme normalmente localizada na sala da central telefônica ou em sala contígua a mesma;
- dispositivo de alerta sonoro e visual, que permite a imediata localização do foco de desastre;
- rede de terminais telefônicos privilegiados para facilitar o acionamento das equipes da brigada anti-sinistro.

#### *2 - Subsistema de Hidrantes*

Os hidrantes normalmente são distribuídos pela parte interna e externa das edificações. A quantidade e a distribuição dos mesmos depende de estudos de riscos de incêndios e são padronizadas pelo **Regulamento de Tarifas de Seguro Incêndio do Brasil - RTSIB**, de acordo com a classe de risco e o tipo.

A localização dos hidrantes deve ser planejada para facilitar o acesso e a operação dos mesmos e para evitar que os operadores sejam bloqueados por chama ou fumaça ou atingidos por escombros, caso o princípio de incêndio não seja debelado com os recursos disponíveis.

##### **Equipamento dos hidrantes**

As mangueiras, esguichos e requintes têm suas características como cumprimento, diâmetro e resistência a pressão estabelecidos pelo **RTSIB**, de acordo com a classe e o tipo de risco.

As mangueiras são divididas em seções de mangueira, providas em suas extremidades por engates tipo **STARZ**. Os esguichos e requintes devem ser indeformáveis, de material não corrosível, em condições normais de armazenamento e operação e devem resistir às pressões estabelecidas para as mangueiras.

**Esguicho** é a peça destinada a formar e orientar o jato de água.

**Requinte** é a peça destinada a dar forma ao jato de água e corresponde à extremidade do esguicho. Cada hidrante é dotado com duas chaves de união, uma chave para abrir a válvula do hidrante e, no mínimo, dois requintes, sendo um para formar jato sólido e outro para formar neblina.

##### **Tubulação**

As tubulações devem ser de aço galvanizado, aço preto ou de cobre. Somente as tubulações subterrâneas podem ser de polivinilcloroetano - PVC reforçado.

O diâmetro das tubulações deve ser definido, em cada caso, por intermédio de cálculos de hidráulica, sendo admitido um diâmetro de, no mínimo, 63 milímetros.

A resistência à pressão deve ser de, no mínimo, 150% da prevista para as operações. As conexões, válvulas e registro devem ter as mesmas condições de resistência a pressão previstas para as tubulações.

Caso as tubulações se comuniquem entre si, deverá haver possibilidade de isolá-las, mediante registros.

As pressões e volumes medidos no requinte do hidrante que apresentarem as condições de operação menos favoráveis, devem ser compatíveis com a classe e grau de risco, conforme estabelecido pelo **RTSIB**.

##### **Reservatórios**

Os reservatórios são elevados e subterrâneos e, em ambos os casos, devem preencher os seguintes requisitos:

- ser estanques, com paredes internas lisas e protegidas contra infiltrações e deterioração;

- dispor de indicadores de nível em posição visível e serem dotados com dispositivos de descarga ou “ladrão”;
- ser fechado com tampa e dispor de dispositivos que facilitem a inspeção.

**Os reservatórios elevados** devem:

- dispor de dispositivos de proteção contra descargas atmosféricas;
- ter capacidade para garantir o suprimento de água, a plena carga, por, no mínimo, 30 minutos;
- ter uma altura suficiente para garantir a pressão de funcionamento nos requintes dos hidrantes situados no pavimento mais elevado.

É recomendável que existam dois reservatórios elevados, em intercomunicação, com as saídas providas de válvulas de retenção.

**Os reservatórios subterrâneos** devem ser de grande capacidade e ter condições de alimentar os reservatórios elevados e/ou de garantir a pressão nos hidrantes, mediante conjunto moto-bomba.

#### Conjunto Moto-Bomba

O conjunto moto-bomba deve atender aos seguintes requisitos:

- recalcar a água diretamente para a rede de alimentação dos hidrantes e para os reservatórios elevados;
- o motor deve ser acoplado diretamente a bomba;
- a ligação da energia elétrica deve ser independente da instalação geral ou facilmente desligável da rede geral, sem interromper sua alimentação;
- a bomba deve ser provida de dispositivo de descarga automática;
- dispor de saída de 63 milímetros, permanentemente aberta, entre o reservatório e o sistema de descarga;
- possuir manômetro em local de turbulência mínima, próximo da saída;
- estar protegida contra danos mecânicos e contra fogo, agentes químicos, umidade e intempéries;
- ter capacidade para manter uma pressão mínima de 100 metros de coluna de água - 100 m.c.a., em regime de trabalho estável;
- ter uma tomada de diâmetro compatível, na linha de recalque, para permitir a realização de testes;
- entrar automaticamente em funcionamento, quando qualquer hidrante do subsistema for acionado.

Todas as vezes que o conjunto moto-bomba funcionar, a simples passagem da água, através da tubulação, deve acionar o sistema de alarme.

No subsistema de hidrantes deve estar previsto, no mínimo, um ponto de ligação para o reforço do Corpo de Bombeiros, em local de fácil acesso, para permitir o bombeamento de água, dos veículos-cisternas para o subsistema. Cada **ponto de ligação** deve ter um registro de recalque com, no mínimo, duas entradas com 63 mm de diâmetro, providas de engate do Corpo de Bombeiros.

#### Instalação e Teste

O subsistema deve ser **projeto** e instalado por profissionais habilitados e idôneos e utilizar material de qualidade comprovada e indicado por normas técnicas padronizadas. Deve ser absolutamente estanque e permitir o funcionamento fácil, rápido e efetivo.

Após concluída, a instalação deve ser submetida a **teste de recebimento**, nas seguintes condições:

- ser provada, a plena carga, verificando o funcionamento de todos os seus componentes, como hidrantes, mangueiras, esguichos, requintes e válvulas;
- a pressão de ensaio deve ser igual a pressão de operação acrescida de uma margem de 50% ou, no mínimo, 5 kg/cm<sup>2</sup>;
- a duração do teste, após o estabelecimento do regime pleno, deve ser de, no mínimo, 1 hora.

O teste final obrigatório não dispensa que as instalações sejam testadas parcialmente, em função do cronograma de construção da obra.

#### Manutenção

As normas básicas de manutenção do subsistema são as seguintes:

- manter as instalações em boas condições de funcionamento e prontas para o uso;

- as válvulas de comando de tomada e de saída de água devem ser mantidas acessíveis à manobra e livres de quaisquer obstáculos;
- devem ser mantidos espaços livres de 1 metro de raio, em torno dos equipamentos, para facilitar o acesso aos mesmos;
- as vias de acesso aos equipamentos devem ter uma largura mínima de 0,60 m, sendo ideal a largura de 1 metro;
- os dispositivos de alarme e a moto-bomba devem ser revistos e testados a cada semana e o restante dos equipamentos, a cada três meses;
- os resultados das inspeções devem ser registrados em livro apropriado.

### *3 - Subsistema de Extintores*

#### Agentes Extintores

Os agentes extintores previstos pelas normas de seguro são:

- gás carbônico;
- pó químico;
- espuma;
- água-gás (água pressurizada);
- compostos halógenos;
- soda-ácido.

Os agentes mais utilizados são os quatro primeiros: gás carbônico (dióxido), pó-químico, espuma e água-gás. Os compostos halógenos são indicados apenas para casos de incêndios com substâncias pirofosfóricas, como os metais sódio, potássio e magnésio, em estado puro.

A seleção dos extintores, para uma determinada área, depende do seguintes fatores:

- natureza do fogo a extinguir;
- produto recomendado para a extinção do fogo;
- quantidade de equipamento, calculada para cada unidade.

#### Unidades Extintoras

O número mínimo de extintores portáteis por unidade extintora varia em função da capacidade de extinção de foco planejada para a mesma. A unidade extintora pode e deve ser constituída por agentes extintores diferentes, em função da natureza do fogo a extinguir.

A área máxima de proteção de uma unidade extintora varia em função de sua capacidade de extinção e do risco a proteger. É exigido um mínimo de duas unidades extintoras por pavimento, galeria, mezanino, unidade de processamento ou risco isolado.

Nas instalações administrativas da planta industrial, quando as áreas são de poucos riscos e inferiores a 50 m<sup>2</sup>, admite-se apenas uma unidade extintora.

Em nenhuma hipótese, uma única unidade extintora deve ser planejada para proteger dois pavimentos distintos.

#### Posicionamento dos Aparelhos

Os aparelhos não devem ser fixados em escadas e não devem ter sua parte superior acima de 1.70m do solo.

As unidades de extinção devem ser localizadas em pontos estratégicos, onde:

- haja menor possibilidade dos operadores serem bloqueados pelo fogo;
- estejam protegidos de desmoronamentos e outras fontes de traumatismos;
- não fiquem obstruídos por outros equipamentos;
- todos tenham conhecimento de sua posição.

## Sinalização

Os locais destinados aos extintores devem ser bem sinalizados e visíveis a partir do maior número possível de ângulos.

Devem ser observadas as seguintes normas:

- as paredes devem ser sinalizadas no local do equipamento, com círculo ou seta vermelhos, com as bordas em amarelo;
- as colunas devem ser sinalizadas, da mesma forma, em todas as suas faces;
- da mesma forma os pisos devem ser pintados, com as mesmas cores, seguindo um quadrado de 1,00 m de lado, sob os aparelhos.

**TABELA 1**  
**TIPOS DE EXTINTORES**

CLASSE DE INCÊNDIO	GÁS CARBÔNICO	PÓ QUÍMICO	ESPUMA	ÁGUA-GÁS
FOGO A: fogo em materiais combustíveis comuns, tais como: materiais celulósicos (madeira, tecido, algodão, papel), onde o efeito do resfriamento pela água ou por soluções aquosas é de primordial importância.	Não recomendado. Apaga o fogo somente na superfície.	Não recomendado. Apaga o fogo somente na superfície.	Não recomendado. Apaga por resfriamento e abafamento.	Recomendado. Resfria, encharca e apaga totalmente.
FOGO B: fogo em líquidos inflamáveis, graxa, óleo e semelhantes, onde o efeito de abafamento é essencial.	Recomendado. Inofensivo e não deixa resíduos.	Excelente. Abafa o fogo.	Excelente. Produz um lençol de espuma que abafa o fogo.	Recomendado. Somente em forma de borriço, saturando o ar de umidade.
FOGO C: fogo em equipamentos elétricos, onde a extinção deve ser realizada com material não condutor de resíduos e não condutor.	Recomendado. Excelente. Inofensivo ao equipamento, não deixa eletricidade.	Recomendado. Bom. Não conduz eletricidade.	Não recomendado. A espuma é condutora e danifica o equipamento.	Não recomendado. Conduz eletricidade
FOGO D: fogo em materiais onde a extinção deverá ser feita por meios especiais. Por exemplo, fogo em magnésio metálico, em apara, pó, etc.	Compostos químicos específicos, limalha de ferro, halita mineral (sal gema), areia, etc.			

**TABELA 2**

## **ORIENTAÇÃO BÁSICA SOBRE O USO DE EXTINTORES**

EXTINTOR	GÁS CARBÔNICO	PÓ QUÍMICO	ESPUMA	ÁGUA-GÁS
Substância Extintora	Dióxido de Carbono (CO <sub>2</sub> ).	Pó químico seco, que desprende CO <sub>2</sub> em contato com o fogo.	Espuma formada de bolhas consistentes, cheias de CO <sub>2</sub> .	Água.
Efeito Principal	Abafamento.	Abafamento.	Abafamento.	Resfriamento pela saturação.
Procedimentos	1. Retirar a trava de segurança 2. Segurar firme o punho do difusor. 3. Apertar o gatilho. 4. Orientar o jato para a baseformar uma cortina de pó do fogo, fazendo varredura.	1. Abrir a ampola de gás. 2. Segurar firme o punho do difusor. 3. Apertar o gatilho. 4. Orientar o jato para sobre o fogo.	1. Inverter o aparelho para baixo. 2. Orientar o jato para a base do fogo.	1. Abrir a ampola de CO <sub>2</sub> que serve de propelente.
Época de Recarga	Perda de mais de 10% do peso bruto.	Perda de mais de 10% do peso bruto.	Anualmente.	Anualmente.

## **TÍTULO VI**

## PLANEJAMENTO DE SEGURANÇA INDUSTRIAL

### 1 - Introdução ao Recuo

#### ■ Caracterização do Processo

O planejamento de segurança industrial fundamenta-se em técnicas de **análise de segurança dos sistemas**, disciplina técnico-científica que tem por objetivo aumentar o grau de confiabilidade e o nível de segurança dos sistemas estudados, contra **riscos previsíveis**.

**Confiabilidade** pode ser definida como:

- a capacidade de desempenho de sistemas, equipamentos e componentes, em função de padrões estabelecidos;
- a probabilidade de que um sistema, subsistema ou equipamento desempenhe adequada e satisfatoriamente suas funções específicas, por um período de tempo determinado, sob um conjunto estabelecido de condições de operações.

Conclusivamente, a confiabilidade é uma **medida de qualidade** e depende da variável tempo.

#### *Relações Interativas*

O planejamento de segurança industrial mantém estritas relações interativas com a monitorização do processo de industrialização e com a vigilância e proteção do meio ambiente, desenvolve-se por todas as fases do processamento industrial e ocupa-se, também, com o **destino** dos rejeitos sólidos, dos efluentes líquidos e das emanações gasosas.

O conceito de proteção ambiental diz respeito ao ambiente **interno** das plantas industriais e aos **ecossistemas** naturais e modificados pelo homem que as circundam.

Enquanto que o planejamento **preventivo** relaciona-se predominantemente com as áreas de conhecimento relativas à urbanização e à engenharia civil, o planejamento de **segurança industrial** relaciona-se com as áreas de conhecimento relativas a:

- engenharia mecânica;
- engenharia química;
- ecologia humana;
- medicina do trabalho.

#### ■ Metodologia do Planejamento

##### 1 - Seqüenciamento do Planejamento

O planejamento de segurança industrial fundamenta-se num minucioso **estudo de situação**, desenvolvido com a finalidade de avaliar os riscos relacionados com as diversas fases do processamento industrial e definir as **alternativas de gestão** mais adequada para garantir a redução dos riscos caracterizados.

Concluídos os estudos de situação e o planejamento de segurança industrial, uma segunda equipe técnica, sem vínculos com a equipe até então responsável pelo planejamento, assume a responsabilidade de conduzir uma **auditoria de segurança do processo**.

A auditoria de segurança do processo tem por objetivo verificar se o planejamento de segurança é adequado e condizente com as **intenções do projeto** e, se for o caso, apresentar sugestões para aperfeiçoar os planos e dispositivos de segurança estabelecidos.

Tanto os órgãos locais de defesa civil, como as companhias de seguro, devem ter acesso ao planejamento de segurança e a auditoria de segurança do processo.

As **intenções do projeto** definem o que se espera da operação de uma determinada planta industrial, na ausência de desvios nos **comandos de estudo**.

As intenções do projeto são apresentadas sob a forma de um relatório descritivo, ao qual são anexos:

- diagramas, estudos de fluxo (fluxogramas), desenhos de instrumentos e de equipamentos;
- Normas Gerais de Ação - NGA, Normas Padrões de Ação - NPA e procedimentos padronizados.

**Comandos de Estudo** são aqueles pontos específicos onde os parâmetros dos processos são investigados para detectar possíveis desvios do planejado e estabelecido. Numa planta industrial os comandos de estudo que devem ser examinados sistematicamente são:

- as tubulações, conexões e válvulas de segurança;
- os sistemas de monitorização do processamento e os diagramas de instrumentação;
- as normas e procedimentos padronizados, inclusive de manutenção preventiva, com reflexos sobre a segurança do processamento;
- os sistemas de alívio e demais sistemas de segurança.

## 2 - *Estudo de Riscos e de Operacionalidade*

O estudo de riscos e de operacionalidade é uma metodologia de estudo de situação, que tem por finalidade identificar, avaliar e hierarquizar os riscos relacionados com as plantas e com o processamento industrial, com o objetivo de caracterizar o potencial de riscos de mau funcionamento ou de operação inadequada de itens de equipamento das **unidades de processamento** e as repercussões dos mesmos sobre a planta industrial, como um todo.

O estudo de riscos e de operacionalidade é uma metodologia de **estudo crítico**, formal, minuciosa e altamente sistematizada, o qual deve ser conduzido por uma equipe técnica multidisciplinar altamente experiente e dotada de conhecimentos técnicos relacionados com:

- segurança industrial e engenharia de segurança;
- normas e procedimentos de segurança;
- o processamento industrial a ser examinado.

A equipe técnica multidisciplinar utiliza, como suporte de informações, uma detalhada descrição da planta industrial e das **intenções do projeto**, com ênfase nos **comandos de estudo**. Ao examinar o projeto proposto, a equipe técnica formula e responde perguntas **sistematizadas** sobre o mesmo, utilizando **palavras-guias**, com a finalidade de detectar e caracterizar problemas potenciais, relacionados com a operacionalidade das diferentes **unidades de processamento**.

## 2 - Avaliação e Caracterização dos Riscos Industriais

### ■ Análise de Riscos Industriais

A análise de riscos industriais é uma metodologia de estudo de situação que permite analisar e caracterizar, num cenário industrial determinado:

- as ameaças de maior importância, em função da probabilidade de ocorrência e do provável grau de magnitude;
- as categorias gerais de consequência, relacionadas com estas ameaças;
- os principais efeitos desfavoráveis de cada uma das categorias gerais previstas;
- os sistemas receptores e corpos receptivos vulneráveis a estes efeitos adversos;
- a caracterização e hierarquização dos danos prováveis.

Os principais métodos de análise de riscos industriais são:

- análise preliminar de riscos;
- análise de falha humana;
- análise de falhas e efeitos.

### 1 - *Análise Preliminar de Riscos*

Métodos de estudos de riscos realizados durante a fase de planejamento e desenvolvimento de um determinado processo ou planta industrial, com a finalidade de prever e de prevenir riscos de desastres que podem ocorrer na fase operacional.

## *2 - Análise de Falha Humana*

Método que identifica as causas e os efeitos de erros humanos observados ou potenciais. Este método também permite identificar as condições dos processos e dos equipamentos que contribuem para provocar erros humanos e alternativas de gestão para reduzi-los.

## *3 - Análise de Falhas e de Efeitos*

Este método é específico para análises de riscos em equipamentos mecânicos e objetiva identificar e caracterizar falhas de equipamentos que podem causar acidentes ou eventos adversos e os efeitos desfavoráveis dos mesmos.

### **■ Técnicas de Análise de Riscos Industriais**

As principais técnicas de análises de riscos industriais utilizadas pelas equipes técnicas multidisciplinares são as:

- árvore de eventos;
- árvore de falhas.

#### *1 - Árvore de Eventos*

A árvore de eventos é uma **técnica dedutiva** de análise de riscos, utilizada para avaliar as possíveis consequências de um desastre potencial, resultante de um **evento inicial**, tomado como referência.

O **evento inicial** examinado pode ser:

- um fenômeno natural ou outra ocorrência externa ao Sistema;
- um erro humano;
- uma falha de equipamento.

O método permite antecipar, de forma **seqüenciada**, as consequências lógicas de um possível desastre, a partir do **evento inicial**.

Os resultados da técnica de análise da **árvore de eventos** caracterizam:

- seqüências lógicas de eventos intermediários;
- o conjunto seqüenciado de eventos intermediários, que se desenvolve a partir do evento inicial e culmina no evento topo ou principal.

#### *2 - Árvore de Falhas*

A árvore de falhas é também uma técnica dedutiva de análise de riscos industriais, na qual, a partir da focalização do evento topo ou principal, se constrói um diagrama lógico e retroativo, que especifica as diversas combinações possíveis de **falhas de equipamento, erros humanos e ocorrências externas ao sistema**, que podem provocar o acontecimento.

Para facilitar o entendimento dos estudos técnicos relativos à árvore de eventos e árvore de falhas, é importante conceituar:

#### Evento Adverso

Ocorrência ou acontecimento que causa distúrbio a um determinado sistema, podendo ser:

- *externo ao sistema*, quando envolve fenômenos da natureza, interrupções do suprimento de água ou de energia e outros acontecimentos;
- *interno ao sistema*, quando envolve erros humanos ou falhas de equipamento.

#### Evento Crítico ou Inicial

Evento que dá início a uma cadeia de acidentes que resulta num desastre, a menos que o sistema de segurança interfira, em tempo, com o objetivo de bloquear a seqüência e reduzir a intensidade do desastre.

#### Evento Intermediário

Evento que ocorre dentro de uma cadeia seqüenciada de acidentes e que pode atuar:

- propagando a seqüência;
- interferindo sobre a mesma e reduzindo as proporções do desastre.

#### Evento Básico

Corresponde a uma falha ou **defeito primário**, próprio do equipamento e que repercuta sobre o funcionamento do mesmo, provocando danos que:

- não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa;
- não dependem da ocorrência de outras falhas ou defeitos adicionais.

#### Evento Topo ou Principal

Evento resultante de uma combinação ou seqüência de falhas ou defeitos do sistema e que desencadeia o desastre. As falhas e defeitos, que culminam no evento topo, costumam ocorrer de forma seqüenciada e podem ser diagramadas de forma lógica.

Na construção de uma **árvore de eventos**, as seqüências de acidentes ou eventos são diagramados, de acordo com a **ordem cronológica** natural, a partir do evento **crítico ou inicial**, passando pelos eventos intermediários, e culminando no evento **topo ou principal**.

Na construção de uma **árvore de falhas**, as seqüências de acidentes são diagramadas em sentido oposto ao da ordem cronológica natural, a partir do evento **topo ou principal**, buscando caracterizar os eventos intermediários e iniciais.

### ■ Métodos Específicos de Análise de Riscos Industriais

Dentre os métodos específicos de análise de riscos industriais, os mais utilizados são os seguintes:

- método DOW;
- método MOND;

#### 1 - Método DOW

Corresponde a uma metodologia de estudo de situação utilizada para analisar plantas industriais e, em especial, processamentos industriais que representem riscos de desastres tecnológicos com características focais.

O método DOW não se aplica ao estudo de desastres muito pouco prováveis e de maior intensidade relacionados com eventos catastróficos.

O método permite identificar e especificar os riscos inerentes ao processo industrial, desenvolvido em cada uma das unidades de processamento, que compõem a planta industrial, a partir de um enfoque funcional. Ao estudar a dinâmica do processo industrial, o método enfoca cada uma das operações relacionadas com o processo industrial, desenvolvido em cada uma das diferentes unidades de processamento.

A metodologia tem por objetivos definir as alternativas de gestão e facilitar a especificação de itens críticos dos equipamentos, com a finalidade de reduzir a probabilidade de ocorrência de acidentes e a intensidade dos mesmos.

Conclusivamente, o método DOW procura definir a anatomia das unidades de processamento, a partir dos estudos de função.

## *2 - Método MOND*

Esta metodologia foi desenvolvida a partir do método DOW e é específica para analisar a **toxicidade, reatividade, inflamabilidade** e potencial explosivo dos insumos, produtos, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas de uma planta industrial, em função dos métodos de processamento.

Este método é extremamente útil para definir alternativas de gestão e para facilitar a **especificação de itens** críticos de equipamentos de segurança e de proteção das diferentes unidades de processamento, como filtros, sistemas de aeração e de exaustão, sistemas de drenagem e sistemas de alívio.

### **■ Caracterização dos Riscos Industriais**

A classificação e o escalonamento dos **danos prováveis (RISK-RANKING)**, em função da importância dos mesmos, em termos de intensidade e de probabilidade de ocorrência, permite uma correta caracterização e hierarquização dos riscos industriais.

A caracterização e hierarquização dos riscos industriais tem por principais objetivos:

- estabelecer adequados critérios de aceitabilidade;
- facilitar o planejamento das alternativas de gestão para reduzir a intensidade e a importância dos desastres.

#### *1 - Critérios de Aceitabilidade*

Critérios de aceitabilidade extremamente rígidos devem ser estabelecidos pelas equipes técnicas e aceitos pela sociedade, com a finalidade de facilitar as decisões relacionadas com a segurança dos projetos, a construção e a operação de plantas industriais que possam atuar como focos de desastres potenciais.

Estes critérios são **valores** que definem o grau de aceitabilidade de uma determinada planta ou processo industrial, em função de uma **escala de danos potenciais** que, quando ultrapassados, invalidam o projeto.

Estes critérios não devem se estabelecidos, baseados na falsa noção de que a **falha é impossível**.

#### *2 - Risco Aceitável*

Considera-se como aceitável o risco tão pequeno, de consequências tão limitadas e associado a benefícios tão significativos para a sociedade, que os grupos sociais **bem informados e politizados** se predisponham a aceitá-lo.

A aceitabilidade deve fundamentar-se em informações tecnológicas idôneas, confiáveis e isentas e deve considerar os fatores sociais, econômicos e políticos, bem como os benefícios decorrentes desta condição.

### **■ Alternativas de Gestão**

Na fase conclusiva do **estudo de situação** relativo à avaliação e caracterização de riscos de desastres industriais, compete levantar, de forma bastante genérica, as principais **alternativas de gestão**, para reduzir os riscos de desastres tecnológicos com características focais.

No caso de desastres em instalações industriais, os riscos podem ser diminuídos, a partir de duas vertentes:

- redução das ameaças;
- redução das vulnerabilidades.

#### *1 - Redução das Ameaças*

A redução das ameaças é garantida pela diminuição da **probabilidade de ocorrência** de eventos adversos e da **magnitude** dos mesmos.

Cabe recordar que os eventos adversos potenciais podem ser:

- *externos ao sistema*, quando envolvem fenômenos da natureza, interrupções do fornecimento de água e de energia e outros eventos de natureza antropogênica;
- *internos ao sistema*, quando envolvem falhas primárias de equipamentos e erros humanos.

#### *2 - Redução das Vulnerabilidades*

A redução das vulnerabilidades relaciona-se com o grau de insegurança intrínseca:

- dos cenários dos desastres;
- da força de trabalho;
- dos grupos populacionais em risco.

#### **3 - Redução das Ameaças Externas aos Sistemas**

O planejamento da redução das ameaças de eventos externos aos sistemas, direciona-se para a redução dos riscos de desastres primários, relacionados com:

- fenômenos da natureza;
- interrupção do suprimento de água e de energias;
- outras ameaças de natureza antropogênica.

#### ■ **Riscos de Desastres Naturais**

Os riscos de desastres naturais provocarem **desastres secundários** em plantas industriais de produtos perigosos são minimizados por intermédio:

- do distanciamento das plantas e distritos industriais das áreas de riscos intensificados de desastres naturais;
- da proteção da planta industrial contra fenômenos naturais.

Plantas industriais, especialmente quando manipulam produtos perigosos, devem ser projetadas em áreas seguras e adequadamente distanciadas de áreas de riscos intensificados de desastres naturais, como inundações, deslizamentos de encostas e incêndios florestais.

Da mesma forma, estas plantas industriais devem ser protegidas contra fenômenos naturais, especialmente contra descargas elétricas, mediante sistemas de **pára-raios** bem planejados e dimensionados e adequadamente aterrados e manutenidos.

No Brasil, os sistemas de pára-raios são muito importantes, já que nosso país é o que apresenta maior densidade de raios de todo o mundo.

#### ■ **Interrupção ou Colapso do Suprimento de Água e de Energias**

Praticamente todas as plantas industriais são altamente dependentes do suprimento de água e de energias e a interrupção ou colapso do abastecimento destes insumos críticos pode gerar uma **condição insegura**, ou seja, uma circunstância ambiental que favoreça a ocorrência de desastres ou acidentes.

Por esses motivos, ao se planejar o desenvolvimento de uma planta industrial, estes dois insumos estratégicos devem ser considerados com prioridade. É importante, também, que se planeje as **alternativas de gestão**, para solucionar os problemas resultantes do colapso do suprimento destes insumos estratégicos.

Em princípio, as plantas industriais devem ser supridas por, no mínimo, dois sistemas autônomos e independentes de abastecimento de água:

- um sistema destinado a alimentação dos hidrantes;
- um sistema de alimentação para as demais necessidades de água da planta industrial.

A água de alguns subsistemas, como o de resfriamento e o de geração de vapores nas caldeiras, pode ser reciclada e reutilizada.

É importante que seja calculado o **fator de consumo diário** da planta industrial, para estimar as necessidades de suprimento e de armazenamento de água, em cisternas subterrâneas e elevadas. Em função do nível de criticidade deste insumo estratégico, a implementação de um sistema de abastecimento de água orgânico da planta industrial pode ser plenamente justificada, quer como sistema isolado, quer como complementar ao abastecimento público.

## *2 - Administração do Suprimento de Energia*

Todas as plantas industriais são altamente dependentes dos sistemas de abastecimento de energia elétrica. Além disso, muitas outras dependem também do abastecimento de óleo combustível e de combustíveis gasosos.

Como o colapso dos sistemas de suprimento de energia, especialmente de energia elétrica, pode gerar uma **condição insegura**, o planejamento das alternativas de gestão para estas situações de colapso, deve ser prioritário.

Sempre que possível, as plantas industriais devem ser supridas por, no mínimo, duas redes independentes de energia elétrica, de forma que, quando ocorre o colapso de uma destas redes, um dispositivo de segurança desliga a planta industrial da rede colapsada e religa na outra rede.

Um sistema de geradores, que dispara automaticamente quando ocorre um colapso nas redes de suprimento de energia, deve ser planejado, para manter o suprimento de energia nas áreas críticas da planta industrial.

Como as plantas industriais são cada vez mais dependentes de sistemas de computadores, que têm suas memórias prejudicadas, mesmo nas interrupções instantâneas do suprimento de energia, um sistema “**no break**”, ligado a pilhas extremamente potentes, deve ser planejado, para evitar danos aos sistemas de informatização e de monitorização.

## *3 - Administração de Ameaças Antropogênicas*

O planejamento de segurança contra ameaças de natureza antropogênica também deve ser considerado.

Plantas industriais podem ser objeto de sabotagem e um sistema de segurança que impeça a entrada de pessoas não autorizadas na área da planta industrial deve ser estabelecido.

No Brasil, o mau hábito de soltar balões, por ocasião das festividades de São João, pode causar incêndios em instalações industriais, como destilarias de petróleo, obrigando que se planeje sistemas de segurança contra balões, por ocasião destas festividades.

## **4 - Redução das Falhas Primárias dos Equipamentos**

### **■ Generalidades**

Os eventos adversos potenciais, internos ao sistema, compreendem:

- as falhas primárias dos equipamentos;
- os erros humanos.

Como já foi especificado, as falhas potenciais dos equipamentos ou **eventos básicos**, são avaliados e caracterizados por intermédio do **Método de Análise de Falhas e de Efeitos**. Normalmente, o estudo de situação é complementado, mediante o estudo de:

- técnicas de análises específicas, como a árvore de falhas e a árvore de eventos;
- métodos de análises específicos, como os métodos de DOW e de MOND.

O Método de Análise de Falhas e de Efeitos é uma metodologia específica de análise e de avaliação de riscos de desastres tecnológicos, concebido para ser utilizado no estudo de equipamentos mecânicos de plantas industriais, com o objetivo de:

- identificar falhas ou defeitos potenciais que podem provocar o disfuncionamento do processo industrial e acidentes ou eventos adversos;
- caracterizar os efeitos desfavoráveis destes acidentes ou eventos adversos sobre o sistema.

Em linhas gerais, esta metodologia de análise de riscos tecnológicos industriais consiste na:

- tabulação metódica de todos os sistemas, subsistemas e equipamentos previstos ou existentes, em cada uma das unidades de processamento, de uma determinada planta industrial;
- identificação das modalidades de falhas e de defeitos possíveis, em cada um destes equipamentos;
- caracterização dos efeitos desfavoráveis destes defeitos e falhas sobre o funcionamento dos sistemas e subsistemas que compõem o processo industrial.

### ■ Alternativas de Gestão

Concluindo o **estudo de situação**, são examinadas as **alternativas de gestão**, com o objetivo de reduzir as falhas e defeitos possíveis, nos diversos equipamentos da planta industrial e as repercussões destas falhas sobre a fisiologia do processo industrial.

De um modo geral, o processo de redução depende da aplicação das seguintes medidas gerais:

- especificação do equipamento;
- recepção, conferência e supervisão da montagem dos equipamentos;
- manutenção preventiva;
- monitorização do funcionamento;
- sistematização dos sistemas de segurança.

#### *1 - Especificação do Equipamento*

Uma correta **especificação** do equipamento, que deve ser adquirido e instalado, pela empresa montadora, é de importância decisiva para o **futuro desempenho** da planta industrial.

Sem nenhuma dúvida, a **especificação do equipamento** é a etapa mais importante do planejamento de uma planta industrial, já que os defeitos de especificação repercutem desfavoravelmente sobre o desempenho da indústria e os problemas de funcionamento, quando caracterizados, são de solução muito difícil.

A especificação deve ser absolutamente correta e precisa e deve ser minuciosamente estudada e debatida pelas equipes técnicas da firma contratante e das firmas responsáveis pelo detalhamento do planejamento.

Somente equipes técnicas multidisciplinares muito experientes e com profundos conhecimentos do processo industrial, objeto do planejamento, e dos equipamentos disponíveis no mercado nacional e internacional, têm condições para especificar corretamente.

Como a margem de lucro das firmas montadoras tende a aumentar em função de falhas na especificação, é fácil concluir que, todas as vezes que um equipamento não é corretamente especificado, a montadora se reserva o direito de adquirir e instalar o equipamento mais barato que, na maioria das vezes, não é o de melhor qualidade, confiabilidade e durabilidade.

A metodologia do processo fundamenta-se na priorização da especificação dos **equipamentos críticos**, que normalmente coincidem com os chamados **comandos de estudo**. Numa segunda instância, são especificados todos os demais sistemas e subsistemas. Comando de estudos são aqueles equipamentos críticos, onde os parâmetros que regulam a fisiologia do processo, não devem apresentar desvios significativos da normalidade.

Por tais motivos, em princípio, devem ser prioritariamente especificados os equipamentos seguintes:

- tubulações, conexões e válvulas de segurança;
- subsistemas de monitorização do funcionamento;
- sistemas de alívio e demais sistemas de segurança;
- sistemas de proteção ambiental;
- sistemas e equipamentos de proteção individual da força de trabalho;

- painéis indicadores do funcionamento do processo industrial.

## *2 - Recepção e Controle de Qualidade*

Os equipamentos adquiridos devem se receber, conferidos e testados por equipes especializadas. É muito importante que se verifique se o equipamento adquirido corresponde às **especificações do projeto**.

Da mesma forma, a montagem dos equipamentos nas unidades de processamento deve ser cuidadosamente acompanhada e supervisionada.

Na medida em que os equipamentos são instalados, devem ser submetidos a testes de funcionamento e seus parâmetros devem ser cuidadosamente aferidos, comparados com o previsto no documento descritivo que define as **intenções do projeto** e ajustados.

Todas as vezes que a instalação de uma unidade de processamento ou sistema é concluída, todos os equipamentos instalados devem ser testados em conjunto, de acordo com normas e prazos estabelecidos.

## *3 - Manutenção Preventiva*

### Necessidade

A necessidade de manutenção preventiva está implícita nos próprios conceitos de durabilidade e de **confiabilidade**, que devem ser entendidos como medidas de qualidade que dependem das variáveis:

- tempo;
  - funcionamento conforme especificado.
- Tanto é verdade que **confiabilidade** é conceituada como:
- a probabilidade que um sistema ou equipamento desempenhe correta e satisfatoriamente suas funções específicas, por um período de tempo determinado e sob um conjunto estabelecido de condições de operação;
  - a capacidade de desempenho de componentes, equipamentos, subsistemas e sistemas, em função de padrões estabelecidos.

Da mesma forma, em análise de riscos de desastres tecnológicos, o conceito de **recorrência** relaciona-se com o número de **ciclos ou períodos**, ou melhor, com o número de horas de operação, a partir da qual uma determinada ameaça de desastre pode concretizar-se, caso não haja uma manutenção preventiva.

Por todos estes motivos, os conceitos de **confiabilidade** e de **durabilidade** estão estritamente relacionados com:

- as condições de operação, de acordo com normas rigidamente estabelecidas;
- a manutenção preventiva.

A correta operação dos equipamentos e a manutenção preventiva dos mesmos são os fatores mais importantes para **maximizar** a durabilidade e a confiabilidade dos equipamentos instalados nas unidades de processamento.

Em consequência, as Normas Padrões de Ação - NPA e os Procedimentos Padronizados, relativos à manutenção preventiva dos equipamentos instalados na planta industrial, são de capital importância para aumentar a durabilidade e garantir a confiabilidade dos mesmos.

### Escalões de Manutenção

A manutenção é uma atividade logística de extrema importância e se desenvolve em cinco escalões. O **Primeiro Escalão** de manutenção é da responsabilidade do próprio operador do equipamento.

Neste escalão, os procedimentos padronizados de manutenção são extremamente simples, competindo ao operador testar diariamente as condições de funcionamento e proceder a pequenos ajustes autorizados, de acordo com uma **lista de conferência (check-list)**.

A lista de conferência é uma metodologia simples e empírica utilizada para checar o funcionamento de equipamentos que apresentem um nível elevado de complexidade, de acordo com uma **relação**

**de procedimentos padronizados**, conferindo a ausência ou a presença de determinados recursos ou sinais, correspondentes a operações estabelecidas, em um painel de instrumentos.

Os operadores de equipamentos têm duas responsabilidades extremamente importantes:

- operar os equipamentos, obedecendo a parâmetros estritos, estabelecidos nas normas e procedimentos;
- realizar a manutenção de primeiro escalão, de acordo com o estabelecido e nos estritos limites de suas atribuições.

Só existe uma coisa pior do que um operador relapso, um operador metido de “**pato a ganso**”.

O **Segundo Escalão** de manutenção é da responsabilidade de uma equipe técnica de manutenção, orgânica da unidade de processamento.

A equipe deve estar plenamente familiarizada com todos os equipamentos instalados na unidade de processamento e deve estar em condições de assessorar e prover o apoio imediato aos operadores.

Esta equipe técnica é um dos elos mais importantes do esquema de manutenção preventiva e seu calendário de manutenção deve ser organizado de tal forma que, a intervalos regulares de tempo, a equipe complete o ciclo de manutenção preventiva de todos os equipamentos da unidade.

O **Terceiro Escalão**, da mesma forma que o quarto escalão de manutenção, são da responsabilidade da Divisão de Manutenção da planta industrial. Normalmente, o terceiro escalão é desenvolvido por **equipes de apoio direto**, que executam suas atividades na própria unidade de processamento.

O **Quarto Escalão** de manutenção é da responsabilidade das **equipes de apoio ao conjunto** que normalmente operam nas instalações da própria **Divisão de Manutenção**, onde dispõem de bancadas dotadas de maiores recursos.

O **Quinto Escalão** de manutenção normalmente é da responsabilidade da empresa produtora dos equipamentos ou de seus representantes autorizados no país. Compete à direção da Divisão de Manutenção supervisionar estas atividades e atestar sobre a eficiência dos trabalhos.

#### Competências

De um modo geral, compete:

- ao *Primeiro Escalão de Manutenção*, testar diariamente as condições de funcionamento do equipamento, proceder a pequenos ajustes e fazer as lubrificações periódicas;
- aos *Segundo, Terceiro* e algumas vezes *Quarto Escalão de Manutenção* proceder a manutenção preventiva, de acordo com um calendário rigidamente estabelecido e trocar itens de equipamentos defeituosos ou com prazos de durabilidade ultrapassados por itens novos, oriundos de fábrica;
- aos *Quarto e Quinto Escalões de Manutenção*, reparar itens de equipamentos, quando autorizados, os quais só poderão retornar à cadeia de suprimento de material de manutenção, após rigorosos testes de controle de qualidade.

#### Calendário de Manutenção Preventiva

Um calendário de manutenção preventiva, envolvendo todos os escalões de manutenção, deve ser estabelecido e fielmente cumprido.

Os itens de equipamento devem ser substituídos em função dos prazos de validade estabelecidos, mesmo que não apresentem defeitos aparentes.

Os itens substituídos só poderão retornar à cadeia de suprimento de material de

manutenção, após serem reparados e/ou submetidos a indispensáveis testes de controle de qualidade extremamente rigorosos.

## □ Conclusão

Sem nenhuma dúvida, o **Primeiro Escalão** é o mais importante de todos os escalões de manutenção.

Da mesma forma, a correta utilização do equipamento, em estrita observância aos **padrões de operação** estabelecidos, é a regra mais importante para aumentar a durabilidade e o nível de confiabilidade dos mesmos.

## ■ Monitorização do Funcionamento

### 1 - Terminologia

Inicialmente, é importante esclarecer que o verbo “monitorizar” e não monitorar, deriva do termo “monitor”, ao qual se acrescentou a partícula “izar”, que é um sufixo de ação.

Os termos “monitorar” e “monitoramento” não foram **dicionarizados** e correspondem a apropriações de terminologia de origem anglo-saxônica. Em português não existe “monitorar”, da mesma forma que não existe “dicionarar”.

Para fins de estudos de sistemas de processamento industrial, o termo monitor tem a seguinte significação:

- aparelho **eletrônico** que acompanha e controla os parâmetros de funcionamento de outros aparelhos, equipamentos ou sistemas, com a **finalidade** de comandar o desempenho dos mesmos e manter a **homeostase** do processo industrial.

O termo **homeostase** foi introduzido na fisiologia por Claude Bernard, com o significado de: *estado de equilíbrio dinâmico de um organismo vivo, em relação a suas várias funções e à composição química de seus fluidos e tecidos.*

Com o passar do tempo, a **Cibernética** - ciência que estuda os processos de comunicação e os sistemas de controle nos organismos vivos e nas máquinas - apropriou-se desta terminologia.

Com o desenvolvimento do estudo dos **sistemas** ou **entrópicos**, ficou patente a importância da monitorização e da retroalimentação dos sistemas, para que a homeostase e o arranjo estrutural e funcional dos mesmos permanecesse em equilíbrio dinâmico estável.

Como os sistemas entrópicos opõem-se aos sistemas caóticos, a retroalimentação, a monitorização e a manutenção da homeostase do processo industrial, são de capital importância para a redução dos desastres tecnológicos, já que, em última análise, estes desastres são representações do caos universal.

### 2 - Conceituação de Monitorização

**Monitorização** é conceituada como: a observação, registro, medição, comparação e avaliação, repetitiva e continuada, de parâmetros de funcionamento e de dados técnicos, de acordo com esquemas preestabelecidos, no tempo e no espaço, utilizando métodos comparativos, com a finalidade de:

- estudar todas as possíveis variáveis do fenômeno ou processo em observação;
- identificar os parâmetros de normalidade e, a partir da definição dos mesmos, todos os desvios significativos do processo;
- facilitar a tomada de decisões e permitir a articulação de respostas coerentes e oportunas.

**Monitorização de desastres** é conceituada como: a aplicação da metodologia de monitorização, com a finalidade de acompanhar um quadro evolutivo de ameaças de eventos adversos definidos e dos parâmetros das variáveis relacionadas com os mesmos, com a finalidade de prever os desastres, reduzir o grau de surpresa e facilitar a gestão dos mesmos, por intermédio de ações adequadas e

oportunas.

### 3 - Sistemas de Monitorização

Por influência da cibernetica ( do grego: *kibernetiké* - a arte do piloto), os sistemas de monitorização foram arquitetados para funcionar de maneira semelhante ao sistema nervoso dos animais mais evoluídos.

Os sistemas de monitorização são conceituados por:

- sensores periféricos;
- vias de comunicação aferentes, centrípedas ou ascendentes;
- centros de integração, ou monitores, em diferentes níveis do sistema;
- vias de comunicações horizontais e verticais, responsáveis pela interligação ou enlace entre os diferentes centros de integração
- vias de comunicações eferentes, centrífugas ou descendentes;
- órgãos efetores, responsáveis pelo desencadeamento de respostas preestabelecidas.

Nos centros de integração, os dados e informes, captados pelos sensores periféricos, são comparados e cotejados com um **repertório de informações** e de parâmetros funcionais, armazenados previamente, com a finalidade de:

- identificar desvios significativos da normalidade;
- definir tendências evolutivas dos fenômenos e processos monitorizados;
- articular respostas sistêmicas adequadas, quando necessárias.

As vias de comunicações aferentes interligam os sensores aos órgãos de integração, enquanto que os centros integrados de mais alta hierarquia são responsáveis pela coordenação e articulação das respostas sistêmicas de maior nível de complexidade.

### 4 - Aplicação da Monitorização de Desastres

A monitorização de riscos de desastres permite desencadear as situações de:

- *alerta*, que corresponde a uma situação de desastre previsível a curto prazo. Nestas condições, o dispositivo operacional das Brigadas de Emergência evolui da situação de sobreaviso, para a situação de prontidão, em condições de emprego imediato;
- *alarme*, que corresponde a uma situação de desastre iminente ou de pré-impacto. Nestas condições, o dispositivo operacional das Brigadas de Emergência evolui da situação de prontidão, para a de início ordenado das operações de resposta aos desastres.

### 5 - Conclusões

A retroalimentação sistêmica e a monitorização são importantes características dos sistemas entrópicos e autorreguláveis e são de capital importância para a manutenção da homeostase e do equilíbrio dinâmico destes sistemas.

De uma certa forma, a retroalimentação e a monitorização são as principais características distintivas entre os sistemas entrópicos e os sistemas caóticos e, sem nenhuma dúvida, os desastres são manifestações do caos.

## ■ Estudo dos Sistemas de Segurança

### 1 - Conceituação

**Sistema de Alívio** é definido como: um conjunto de equipamentos, Normas Padrões de Ação - NPA e de procedimentos padronizados, previstos no projeto de uma planta industrial, com a finalidade de responder a uma seqüência, evitando a propagação do desastre e minimizando os danos e prejuízos consequentes.

Os sistemas de alívio devem atuar da forma mais automatizada possível e em última interação com os sistemas de monitorização, funcionando como órgãos efetores destes sistemas.

**Sistema de Segurança** é definido como: um conjunto de equipamentos, Normas Padrões de Ação -

NPA, procedimentos padronizados e equipes especializadas, previstos no projeto de uma planta industrial, com a finalidade de atuar em circunstâncias de desastres e de articular respostas sistêmicas adequadas, com o objetivo de restabelecer a situação de normalidade, no mais curto prazo possível.

Na prática, os sistemas de alívio funcionam como subsistemas do sistema de segurança, permitindo que a totalidade deste sistema responda de forma articulada às seqüências de eventos acidentais, com o objetivo de:

- bloquear a propagação do desastre;
- reduzir os efeitos adversos;
- minimizar os danos e prejuízos.

#### *2 - Aplicação de Técnicas Analíticas de Diagramação*

Os estudos das **Árvores de Falhas** e das **Árvores de Eventos** permitem a diagramação de seqüências lógicas de eventos acidentais intermediários e a caracterização de conjuntos de eventos seqüenciados, que se desenvolvem em ordem cronológica, a partir dos eventos críticos ou iniciais e culminam nos eventos topos ou principais.

A análise destes diagramas facilita o planejamento dos sistemas de segurança e, em especial, dos sistemas de alívio, que são planejados e arquitetados para interferir nestas seqüências de eventos acidentais e para bloqueá-las.

#### *3 - Aplicação do Método DOW*

Como já foi especificado, o método DOW foi concebido para identificar os riscos inerentes a um determinado processo industrial, peculiar a uma unidade de processamento, a partir de um enfoque funcional.

A análise da fisiologia do processo aprofunda o estudo de cada uma das operações previstas e as consequências de desvios significativos dos parâmetros de processamento industrial, com a finalidade de:

- definir as melhores alternativas de gestão, para evitar e corrigir desvios significativos dos parâmetros estabelecidos;
- reduzir a probabilidade de ocorrência de eventos acidentais e a magnitude dos mesmos;
- facilitar a elaboração de Normas Padrões de Ação - NPA e de procedimentos padronizados, com o objetivo de monitorizar e de comandar o processo industrial;
- facilitar a especificação de equipamentos destinados ao processamento industrial e também os dos sistemas de segurança.

#### *4 - Aplicação do Método MOND*

O método MOND analisa a reatividade química, a inflamabilidade, o potencial explosivo e a toxicidade dos insumos, produtos intermediários e finais, resíduos sólidos, efluentes líquidos e emanções gasosas resultantes do processo de industrialização, com a finalidade de:

- facilitar o planejamento da arquitetura dos sistemas de alívio e dos demais sistemas de segurança;
- definir alternativas de gestão que objetivem a redução dos riscos inerentes a estes produtos e substâncias perigosas;
- facilitar a especificação dos equipamentos destinados ao processamento industrial e ao fluxo de produtos perigosos e, também, dos equipamentos dos sistemas de segurança e de proteção.

Dentre os principais equipamentos de segurança das plantas industriais e de proteção dos cenários, destacam-se os seguintes:

- filtros eletrostáticos de partículas sólidas e demais emanações tóxicas, presentes nas fumaças industriais;
- sistemas de drenagem e de tratamento dos efluentes líquidos e de produtos perigosos que podem vazar accidentalmente;
- sistemas de exaustão e de renovação do ar contaminado e poluído por emanações gasosas ou partículas em suspensão;
- sistemas de alívio.

#### *5 - Aplicação de Métodos Analíticos Relativos aos Fatores RGP e REP*

O estudo analítico dos fatores de riscos inerentes ao processamento industrial podem contribuir para reduzir:

- a magnitude e a intensidade de acidentes relacionados com os Riscos Gerais do Processo - fator RGP;
- a probabilidade de ocorrência de acidentes relacionados com os Riscos Específicos do Processo - fator REP.

Esses estudos permitem caracterizar os riscos industriais relacionados com:

- as reações químicas que se desenvolvem nas unidades de processamento;
- o manuseio, transferência e fluxo de produtos perigosos nas unidades de processamento, como combustíveis, explosivos, substâncias intensamente reativas e produtos tóxicos;
- as condições intrínsecas do processamento industrial, como temperatura e pressão, e os riscos de centelhamentos, em presença de substâncias inflamáveis ou explosivas;
- a possibilidade de falhas ou defeitos nos equipamentos que possam provocar vazamentos e de mau funcionamento de válvulas de segurança e de outros itens críticos que possam provocar picos de hipertensão ou bruscas elevações de temperatura.

Dentre as substâncias intensamente reativas, cumpre destacar alguns metalóides, como o flúor, o cloro, o bromo e o iodo, e também alguns metais alcalinos e alcalinos terrosos, como o sódio, o potássio e o magnésio, conhecidos como substâncias pirofosfóricas, por entrarem em combustão espontânea em presença do ar.

O estudo dos fatores de Risco Geral do Processo e de Risco Específico do Processo facilitam o planejamento dos sistemas de:

- monitorização dos parâmetros de funcionamento;
- alívio;
- segurança e de proteção contra os riscos previsíveis.

#### *6 - Planejamento dos Sistemas de Alívio*

Os sistemas de alívio são planejados e arquitetados para permitirem respostas simples e preestabelecidas dos órgãos efetores do sistema, a desvios significativos dos parâmetros estabelecidos, os quais são detectados pelos sistemas de monitorização. As respostas preestabelecidas podem ser automatizadas ou telecomandadas.

Normalmente, os órgãos efetores dos sistemas de alívio são acionados a partir de centros de integração de baixa hierarquia do sistema de monitorização, à semelhança dos arcos reflexos que comandam reflexo patelar, no caso do sistema nervoso humano.

Como as atividades de pesquisas, na área de sistemas de alívio, são muito intensas, qualquer tentativa de sistematização de todos os sistemas existentes será rapidamente ultrapassada pela concepção de novos sistemas, a muito curto prazo.

De um modo geral, os sistemas de alívio são planejados e arquitetados com as seguintes finalidades gerais:

- reduzir a velocidade do fluxo de produtos reagentes, em casos de superaquecimentos, riscos de hipertensão e outros desvios significativos dos parâmetros de normalidade estabelecidos;
- desviar o fluxo de produtos perigosos, mediante sistemas alternativos de tubulações, comandados por válvulas de segurança, em casos de vazamentos de produtos perigosos, ou ainda, de riscos intensificados de incêndios e/ou explosões;
- resfriar automaticamente o ambiente, por intermédio de chuveiros de teto ou *sprinklers*, os quais são acionados automaticamente em casos de elevações significativas da temperatura ambiental ou de liberação de fumaça;
- resfriar automaticamente tubulações, por intermédio de sistemas trocadores de energia calorífica, constituídos por serpentinas refrigeradas, que são acionados automaticamente quando são detectadas elevações significativas de temperatura, no interior das tubulações, que ultrapassem os parâmetros de normalidade estabelecidos;
- resfriar tanques e depósitos de combustíveis, localizados nas proximidades de focos de incêndios, mediante sistemas telecomandados e teledirecionados de lançamento de jatos de água ou de

soluções salinas hiper-refrigeradas;

- esvaziar tanques e depósitos de combustíveis, localizados nas proximidades de focos de incêndio, mediante sistemas telecomandados de tubulações subterrâneas, planejados para transferir o combustível de tanques e depósitos situados nas áreas de risco, para outros mais distanciados e localizados em áreas seguras;
- substituir o oxigênio ou combustível, por gases inertes, em casos de incêndios em compartimentos estanques, após a evacuação e o bloqueio de todas as aberturas que comunicam o mesmo com outros compartimentos;
- injetar substâncias e produtos inertes, neutralizadores e bloqueadores de reações químicas, nas tubulações alimentadoras, quando o sistema de monitorização detectar desvios significativos dos parâmetros de normalidade estabelecidos, que indiquem a hiperativação da reatividade química. De um modo geral, os sistemas de alívio são planejados e arquitetados para interferir nas seqüências de eventos acidentais, com a finalidade de bloqueá-las, ou ainda, de reduzir os efeitos adversos das mesmas.

Os sistemas telecomandados de alívio ou de combate direto aos sinistros devem ser planejados todas as vezes em que os planejadores puderem prever que, em circunstâncias de sinistros, as condições ambientais nas proximidades dos focos de sinistros serão incompatíveis com a fisiologia humana e com a incolumidade dos operadores.

No caso dos sistemas teledirecionados e telecomandados de resfriamento de incêndio, é necessário que a direção, o ângulo de elevação e o débito do jato de incêndio sejam controlados a distância por guarnições protegidas em refúgios.

**Jato de Incêndio** corresponde a um jato de água proveniente de um esguicho, o qual deve ter forma, volume e pressão adequados para garantir o controle e a extinção do incêndio. Os jatos de incêndio podem ser em forma de chuveiro, quando constituídos por gotas grossas e compactas, ou em forma de neblina, quando fragmentado em partículas muito finas. Quanto ao volume e pressão, os jatos de incêndio podem ser naturais ou normais, quando o débito variar entre 150 e 1.350 litros por minuto; pequeno, quando o débito for inferior a 150 litros por minuto e pesado, quando o débito for superior a 1.350 litros por minuto.

No caso de incêndios em refinarias de petróleo, os jatos de incêndio normalmente são pesados e em forma de chuveiro.

**Válvula de Segurança** é uma válvula que funciona automaticamente todas as vezes que a temperatura, a pressão e outros parâmetros de normalidade estabelecidos, forem significativamente ultrapassados no interior das tubulações.

É importante que, todas as vezes que um determinado sistema de alívio for acionado, esta atividade seja muito claramente registrada em um painel de instrumentação e os dispositivos de alerta e/ou de alarme sejam disparados.

## 5 - Redução dos Erros Humanos

### ■ Generalidades

#### 1 - Importância dos Estudos Ergonômicos

A **ergonomia** ocupa-se do estudo da organização metódica do trabalho, em função dos objetivos estabelecidos e das relações interativas e de interdependência entre o homem e a máquina.

Sem nenhuma dúvida, os **estudos ergonômicos**, ao enfocarem as estreitas relações de interdependência entre o homem e a máquina, além de numerosas outras aplicações, podem contribuir para a redução dos erros humanos e para otimizar:

- a concepção, o projeto e o desenho (“*design*”) da máquina e de equipamentos cada vez mais adequados e adaptados à anatomia, à fisiologia e, em especial, à neurofisiologia humana;
- a seleção física e psicotécnica dos recursos humanos;
- o adestramento de operadores melhor capacitados para a operação das diferentes máquinas e equipamentos especializados;
- o planejamento e a especificação das condições ambientais que favoreçam o melhor desempenho dos operadores e reduzam a incidência de erros humanos.

A ergonomia permite otimizar o planejamento e a especificação das máquinas e dos equipamentos de processamento industrial e de segurança individual e coletiva, das condições ambientais e das normas e procedimentos padronizados, tudo com a finalidade de reduzir:

- a probabilidade de ocorrência de falhas humanas;
- os riscos de acidentes traumáticos e de ocorrência de intoxicações exógenas agudas ou crônicas;
- a incidência de doenças profissionais.

## 2 - Análise de Falhas Humanas

A metodologia da análise de falhas humanas foi concebida com a finalidade de identificar as causas e os efeitos dos erros humanos observados ou em potencial. Este método empírico-dedutivo também permite caracterizar as condições ambientais dos equipamentos e relacionadas com o processo industrial, que contribuem para intensificar e maximizar os erros humanos.

### ■ Importância dos Estudos Epidemiológicos

Os estudos epidemiológicos dos desastres tecnológicos com características focais permitiram caracterizar que, na grande maioria das vezes, os **eventos críticos ou iniciais** dependem muito mais das falhas humanas que dos defeitos de equipamentos.

Os estudos epidemiológicos também permitiram que se concluisse que, na imensa maioria das vezes, as falhas humanas foram induzidas por:

- condições ambientais inadequadas, desfavoráveis e inseguras;
- desenhos inadequados das máquinas e dos equipamentos;
- deficiente seleção psicotécnica e física dos recursos humanos;
- programas de capacitação e de valorização de recursos humanos mal planejados e executados;
- normas e procedimentos padronizados inadequados e inadaptados à neurofisiologia humana;
- fadiga e estresse dos operadores.

O inter-relacionamento dos estudos epidemiológicos e ergonômicos permitem concluir sobre a imensa importância dos estudos relacionados com a neurofisiologia humana e a cibernetica.

### ■ Planejamento da Redução dos Erros Humanos

O estudo sistematizado das seqüências de eventos acidentais, associados aos estudos ergonômicos e aos estudos epidemiológicos, facilitam o planejamento da redução dos erros humanos responsáveis pelo desencadeamento ou pelo agravamento dos desastres.

Também, no estudo dos erros humanos, podem ser identificados fatores relacionados com os:

- riscos gerais do processo - RGP;
- riscos específicos do processo - REP.

#### 1 - Medidas Relacionadas com Fatores de RGP

Dentre as medidas de ordem genérica relacionadas com a redução dos fatores de riscos gerais do processo, cumpre destacar as seguintes:

##### Exame Físico e Psicotécnico

O exame físico, ergonômico e psicotécnico dos recursos humanos, por ocasião da admissão e a intervalos de tempo regulares, com o objetivo de verificar o estado geral, as condições de higidez e, em especial, os condicionantes psicotécnicos, neurosensoriais e neuromotores da força de trabalho, é de capital importância para a valorização da mesma.

É necessário ressaltar que, tanto as condições neurofisiológicas, como as psicotécnicas, inclusive as relacionadas com a higidez dos órgãos dos sentidos, com a capacidade de atenção e com a velocidade no desencadeamento dos reflexos condicionados, não devem ser flexibilizadas em função das tarefas a serem realizadas e dos parâmetros estabelecidos, para cada caso, considerando-se as relações interativas entre o homem e a máquina.

##### Motivação dos Recursos Humanos

A força de trabalho deve ser permanentemente motivada, por intermédio de campanhas educativas, desencadeadas em cooperação com a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA, para a importância da redução de falhas humanas, causadoras de seqüências de eventos acidentais.

##### Programa de Treinamento e Capacitação

Um importante programa de treinamento e capacitação dos recursos humanos deve ser promovido,

com a finalidade de valorizar a força de trabalho, maximizar o desempenho dos operadores e reduzir a incidência de erros humanos e de acidentes de trabalho. Este programa deve ser complementado por um programa de inspeção e de auditoria técnica do desempenho e da correta execução dos procedimentos padronizados, acompanhado de reciclagem e treinamento em serviço.

□ Programa de Redução das Causas de Estresse

Está comprovado que a fadiga física e mental e o estresse contribuem para intensificar as falhas humanas e os acidentes de trabalho. Por estes motivos, é importante que exista uma equipa multidisciplinar que se responsabilize pelo desenvolvimento desse programa.

□ Programa de Otimização do Condicionamento Físico e Mental

Um programa de optimização do condicionamento físico e mental da força de trabalho é muito importante para a valorização dos recursos humanos e normalmente desenvolve-se em três campos de atuação:

- complementação alimentar;
- educação física;
- recreação do pessoal.

Estes programas, quando bem desenvolvidos, melhoram as condições de higidez, o estado geral e o desempenho neurosensório muscular da força de trabalho e contribui para a redução dos erros humanos e dos acidentes de trabalho.

*2 - Medidas Relacionadas com os Fatores de REP*

Dentre as medidas de ordem genérica relacionadas com a redução dos fatores de riscos específicos do processo, destacam-se as seguintes:

□ Incremento do Conforto Ambiental

O incremento das condições básicas e do nível de conforto ambiental contribui para reduzir as vulnerabilidades decorrentes de uma relação desarmoniosa entre o homem, o ambiente e a máquina, e contribui para reduzir os erros humanos, os acidentes de trabalho e as doenças profissionais.

O conforto ambiental diz respeito às condições de iluminação, ao nível de ruídos, às condições de temperatura e conforto térmico, à ausência de odores nocivos e prejudiciais e de partículas em suspensão no ar, à limpeza do ambiente de trabalho, ao uso de pisos antiderrapantes e a numerosas outras condições que contribuem para aumentar o nível de segurança e reduzir os riscos de desastres e de acidentes de trabalho.

É necessário que o ambiente seja planejado e arquitetado para que os órgãos dos sentidos não sejam agredidos por condições ambientais nocivas aos mesmos.

□ Incremento da Automação e da Robotização

A máquina humana é limitada pelas condições dos órgãos dos sentidos e pelo menor nível de precisão dos órgãos efetores, dependentes de respostas neuromusculares.

A evolução industrial e o desenvolvimento das **linhas de montagem** provocaram, inicialmente, uma especialização de tarefas, o crescimento da força de trabalho empenhada nas atividades industriais e uma interminável e monótona repetição de gestos e procedimentos padronizados.

Com o decorrer do tempo, os procedimentos tornaram-se cada vez mais complexos, as jornadas de trabalho foram cada vez mais reduzidas e as crescentes exigências de especialização contribuíram para a valorização dos recursos humanos.

A **evolução tecnológica** dos tempos atuais, somada ao desenvolvimento dos **programas de qualidade total**, intensificaram as exigências relacionadas com os níveis de precisão e com a velocidade do fluxo de operações, fazendo com que, em muitos casos, os estreitos limites da **máquina humana** fossem ultrapassados.

Como consequência desta evolução, o processo de **automação e de robotização** foi intensificado.

A automação e a robotização estão contribuindo poderosamente para:

- a redução da força de trabalho;
- o incremento de recursos humanos de elevados níveis de especialização e de escolaridade;
- a valorização dos recursos humanos;

- a redução da incidência de erros humanos e dos acidentes de trabalho.

As consequências sociais desta evolução também são extremamente importantes:

- há uma crescente redução dos antagonismos históricos que existiam entre o capital e o trabalho;
- esta situação de antagonismo está sendo rapidamente substituída por um conceito de parceria.

Com a evolução destes conceitos, a própria organização social em camadas está sendo substituída por uma organização em pilares. É possível que, com o tempo, os *Boards* ou *Câmaras*, aliados aos grupos de pressão, passem a ter mais importância socioeconômica que os grandes sindicatos e confederações.

## 6 - Redução das Vulnerabilidades Ambientais

### ■ Caracterização

Numerosas indústrias, especialmente as de produtos perigosos, caracterizam-se por possuírem um grande potencial para poluir e contaminar o meio ambiente e por contribuírem para degradar os ecossistemas e deteriorar os recursos naturais.

Como os recursos naturais são finitos e o desenvolvimento irresponsável contribui para degradar o meio ambiente de muitos países, é indispensável que o conceito de desenvolvimento sustentável e responsável seja, cada vez mais, difundido e imposto pelas sociedades evoluídas.

#### *Desenvolvimento Sustentável*

Desenvolvimento sustentável é aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a possibilidade das futuras gerações também atenderem suas próprias necessidades.

O desenvolvimento sustentável também é conceituado como **responsável**, ao ser entendido como:

- o uso e a gestão responsáveis dos recursos naturais, de modo a propiciar um maior benefício para as gerações atuais, mantendo, porém, suas potencialidades para atender às necessidades e aspirações futuras, pelo maior espaço de tempo possível.

A evolução doutrinária caracterizou que existe uma importante interação entre:

- desenvolvimento sustentável;
- proteção ambiental;
- redução de desastres;
- bem-estar social.

Por esses motivos, é imperioso que o processo de planejamento do desenvolvimento nacional conte, de forma muito clara e permanente, a prevenção de desastres e a proteção ambiental.

### ■ Importância da Avaliação e da Vigilância Ambiental

Os métodos de avaliação e de vigilância, ao permitirem a acumulação de conhecimentos e uma melhor compreensão da realidade ambiental, facilitam o processo decisório, com o objetivo de proteger o meio ambiente e reduzir as vulnerabilidades ambientais e a incidência de desastre tecnológicos com características focais.

#### 1 - Avaliação Ambiental

A avaliação ambiental é uma metodologia de estudo, desenvolvida com a finalidade de obter o conhecimento mais completo e profundo possível, sobre o estado atual e sobre as tendências evolutivas do meio ambiente, intacto ou submetido a diversos níveis de degradação ou de recuperação.

Por esse motivo, a **avaliação ambiental** é um processo integrado de investigação das condições ambientais atuais e de suas tendências evolutivas, permitindo a atualização e a constante revisão e incorporação dos dados pesquisados, por intermédio de técnicas de:

- monitorização e de vigilância ambiental;
- coleta de informes e processamento de informações confiáveis.

O repertório de informações, resultantes do processo de avaliação ambiental, serve de embasamento para a Política Ambiental Brasileira e para facilitar o processo decisório das autoridades políticas competentes.

## *2 - Avaliação do Impacto Ambiental*

A avaliação do impacto ambiental é uma metodologia de investigação, conduzida por uma equipe multidisciplinar experiente, durante a fase de planejamento de **plantas industriais**, obras de arte de grande porte e novos métodos de processamento, a serem implantados numa determinada região, com a finalidade de estimar e avaliar possíveis impactos e alterações ambientais que possam ser provocadas pelos mesmos.

O exame, análise, avaliação de possíveis impactos e alterações ambientais têm por finalidade garantir o desenvolvimento sustentável e responsável, em harmonia com o meio ambiente e com os princípios de preservação e valorização dos recursos naturais.

Esta metodologia de investigação é conduzida por uma equipe multidisciplinar de experiência comprovada e tem por objetivos específicos identificar os:

- interesses da sociedade, consubstanciada na Política Ambiental do Brasil;
- riscos de degradação ambiental e dos recursos naturais;
- impactos sobre a flora e a fauna e sobre a biodiversidade;
- impactos sobre a saúde e sobre a incolumidade das pessoas em risco.

O processo de avaliação dá origem a um **Relatório de Impacto sobre o Meio Ambiente - RIMA** que, para ser realmente útil, deve ser elaborado e difundido em termos facilmente comprehensíveis pela sociedade e pelas autoridades que decidirão a respeito.

Os aspectos positivos e negativos dos projetos estudados devem ser identificados e especificados, em função de critérios que sejam realmente relevantes para as sociedades potencialmente afetadas.

Um bom RIMA não deve limitar-se a apontar os aspectos positivos e negativos dos **projetos investigados** mas deve, principalmente, sugerir alternativas de gestão, com o objetivo de:

- maximizar os aspectos positivos;
- minimizar os aspectos negativos.

## *3 - Vigilância Ambiental*

A vigilância ambiental é a observação sistematizada do meio ambiente, caracterizada pelas ações de medição, registro, comparação e interpretação das variáveis ambientais, com propósitos definidos.

A vigilância ambiental compreende o conjunto das seguintes atividades gerais:

- medição sistemática das concentrações de agentes poluentes nocivos existentes nos seguintes compartimentos e componentes ambientais: solo, água, ar, ambiente de trabalho, habitat, alimentos e produtos específicos;
- observação e medição sistemática dos condicionantes macroambientais dos sistemas estudados;
- análise, comparação, avaliação, interpretação e descrição sistematizada das medições de poluentes ambientais e das interrelações entre as concentrações dos mesmos e os condicionantes macroambientais dos sistemas estudados.

### **■ Estudos das Alterações Ambientais**

**Alteração ambiental** é conceituada como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por quaisquer **formas de matéria ou de energia**, resultantes de fenômenos naturais e principalmente de atividades humanas.

Estas alterações podem ocorrer de forma súbita, como a provocada pela brusca liberação de dioxina, em Seveso, na Itália, mas na maioria das vezes ocorre de forma gradual e por somação de efeitos parciais, como na baixada Santista e em numerosas áreas industriais da América do Norte e na Europa.

#### *Liberação de Agentes Nocivos*

##### Agente Nocivo

Agente nocivo é conceituado como todo agente que **altera o meio ambiente** e que pode:

- representar um risco significativo para a saúde individual e coletiva das pessoas e dos demais seres vivos;
- repercutir negativamente, mesmo que de forma indireta, sobre a incolumidade das pessoas e do patrimônio ambiental, econômico e cultural.

#### Agente NBQ ou Agente QBR

Agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou mesmo biológica, considerado perigoso, e que pode ser liberado para o meio ambiente, em consequência de desastres tecnológicos podendo, também, ser empregado intencionalmente, no curso de operações militares, até mesmo contra populações nacionais, por Estados pouco éticos.

#### Agente Tóxico

Conceitua-se como agente tóxico qualquer substância ou composto químico que tenha efeito nocivo potencial sobre organismos vivos, animais e vegetais. O efeito nocivo pode variar entre **danos funcionais, lesões anatômicas e inviabilização das condições vitais** dos organismos afetados.

#### Despejos Perigosos

São considerados como perigosos os despejos químicos, biológicos e radiológicos que, por suas características físico-químicas, produzem efeitos **tóxicos, inflamáveis, explosivos, corrosivos e radiativos** e que, por esses motivos, representam riscos significativos para o meio ambiente e para a saúde dos seres vivos e para a incolumidade das pessoas e do patrimônio.

Os efeitos nocivos podem depender das propriedades dos próprios agentes despejados ou podem decorrer de reações químicas entre estes despejos e outros produtos presentes no meio ambiente.

#### Liberação de Dioxina no Meio Ambiente

O maior desastre com liberação de dioxina ocorreu em Seveso, na Itália, o qual foi considerado, juntamente com os desastres de Chernobil, na Ucrânia, e de Bophal, na Índia, como um dos maiores desastres tecnológicos deste final de século.

A dioxina é uma substância extremamente perigosa, utilizada na produção de herbicidas e estudos epidemiológicos demonstraram que, além dos efeitos tóxicos agudos, tem efeitos **teratogênicos e carcinogênicos**, a longo prazo.

#### Poluente

O mesmo que contaminante, corresponde a qualquer fator físico, químico ou biológico que altera, polui ou contamina o meio ambiente. Corresponde a qualquer agente ou substância presente no meio ambiente, em concentrações que podem causar danos aos componentes do mesmo. Os poluentes podem ser sólidos, líquidos ou gasosos e são considerados como:

- *poluente ou contaminante primário*, quando é emitido a partir de uma fonte identificável;
- *poluente ou contaminante secundário*, quando resulta da reação química entre um dejetos e um agente preexistente no meio ambiente;
- *poluente ou contaminante antropogênico*, quando sua presença no meio ambiente, em concentrações perigosas, resulta de ações ou omissões humanas.

#### Produto Químico Persistente

Substância ou produto químico resistente aos processos naturais de depuração, como as reações oxidativas e outras atividades de biodegradação e que, por esses motivos, tendem a se acumular no meio ambiente, com graves prejuízos, a longo prazo, para a biosfera. Exemplo típico de produtos químicos persistentes são os pesticidas organoclorados, como o DDT.

#### Resíduo

Material resultante de processos físicos, químicos e biológicos, como combustão, destilação, filtração, evaporação, fermentação, espremedura e outros, e que permanece sem aplicação no ciclo de produção e consumo.

#### Resíduos de Praguicidas

Os resíduos de praguicidas correspondem a quaisquer substâncias específicas, presentes em alimentos, rações, produtos agrícolas e mananciais, como consequência do uso inadequado e

irresponsável de praguicidas na agricultura. O termo inclui não apenas os praguicidas primários, como os produtos derivados de sua metabolização, desde que tenham importância toxicológica, mesmo que potencial.

## ■ Normas de Controle Ambiental

### 1 - Importância

É absolutamente necessário e indispensável que, para defender os interesses maiores da sociedade que representa, o Estado tenha competência para baixar normas relacionadas com o controle ambiental e **poder de polícia**, para compulsar as pessoas físicas e jurídicas a cumpri-las.

Estas normas devem fundamentar-se em especificações técnicas, muitas das quais são propostas por agências internacionais subordinadas à Organização das Nações Unidas e accordadas internacionalmente pelos Estados-Membros. Estas normas são estabelecidas no âmbito dos países pelas autoridades normativas competentes.

### 2 - Normas de Qualidade Ambiental

As normas de qualidade ambiental são constituídas por um conjunto de requisitos, fundamentados em critérios técnicos, que são estabelecidos pelas autoridades normativas, competentes, com a finalidade de definir as condições qualitativas e quantitativas ótimas, dos recursos componentes que constituem o meio ambiente, como o solo, o ar atmosférico e as águas de superfície e de subsuperfície.

As normas de qualidade ambiental estabelecem as concentrações máximas admissíveis das diferentes substâncias e compostos potencialmente perigosos, nos diversos compartimentos do meio ambiente. As concentrações estabelecidas não podem ser excedidas, salvo em condições excepcionais.

As normas de qualidade ambiental dizem respeito aos:

- ambientes naturais;
- ambientes modificados pelo homem;
- ambiente ocupacional.

Estas normas estabelecem as concentrações máximas de produtos potencialmente perigosos, que são permitidas nos diferentes compartimentos do meio ambiente, durante um período de tempo estabelecido.

### 3 - Normas de Emissão e de Descarga

As normas de emissão definem os limites quantitativos impostos a uma determinada fonte de emissão de produtos potencialmente perigosos, durante um período de tempo estabelecido, em função da capacidade depurativa do compartimento ambiental estudado.

As normas de descarga estabelecem, genericamente, as concentrações máximas permitidas de produtos potencialmente perigosos em efluentes ou emissores industriais ou urbanos, de uma determinada área vulnerável.

### 4 - Análise Ambiental

A análise ambiental é o processo utilizado para detectar, no caso das análises qualitativas, e medir a concentração, no caso das análises quantitativas, de substâncias ou produtos perigosos de amostras coletadas no meio ambiente, por intermédio de análises químicas laboratoriais.

Denomina-se análise de resíduos quando a substância detectada encontra-se presente, porém em concentrações inferiores a uma parte por milhão - p.p.m.

### 5 - Limite de Controle

O limite de controle indica o nível máximo **aceitável** de exposição ambiental que, quando ultrapassado, implica na tomada de medidas emergenciais, para que a situação de normalidade seja restabelecida, no mais curto prazo possível.

### 6 - Limite de Exposição

O limite de exposição indica o nível máximo de exposição ambiental aceitável por seres humanos

hígidos, o qual não deve ser ultrapassado, em nenhuma hipótese.

## *7 - Máxima de Concentrações Médias Diárias de Contaminantes Atmosféricos*

Nos distritos industriais, esta medida corresponde a um nível máximo de concentrações médias diárias de contaminantes atmosféricos, registradas num ponto de medição determinado, durante um período definido de observação.

### **■ Medidas de Descontaminação Ambiental**

#### *1 - Despejo*

Corresponde à designação genérica de qualquer tipo de produto residual, restos ou lixos procedentes da indústria, da agricultura, da mineração de atividades comerciais e de áreas residenciais.

Os despejos ou resíduos correspondem a produtos sólidos, líquidos ou gasosos, sem utilidade para o sistema que o produziu, e que devem ser removidos e, sempre que possível, neutralizados ou reciclados, para evitar perigosas alterações ambientais.

#### *2 - Descontaminação Ambiental*

As medidas de descontaminação ambiental devem ser estudadas, com grande antecipação, todas as vezes em que se planeja a implantação de uma nova planta ou processo industrial. A ausência desta preocupação com a mudança ambiental caracteriza o chamado desenvolvimento irresponsável, o qual pode causar danos de muito difícil reversão, no meio ambiente.

A descontaminação ambiental é conceituada como uma metodologia que tem por finalidade absorver, remover, neutralizar, tornar inofensivos ou mesmo destruir agentes nocivos ao homem e ao meio ambiente. Estes agentes nocivos podem ser químicos, biológicos ou radiológicos.

Em princípio, o meio de conversão do produto perigoso para o meio ambiente deve ser inofensivo aos ecossistemas e em harmonia com os processos naturais de depuração ambiental. Os métodos de limpeza, neutralização, remoção e eliminação dos produtos perigosos, devem causar o mínimo de prejuízos ao meio ambiente e aos seres vivos que integram a biota.

#### *3 - Proteção do Ambiente Ocupacional e do Ambiente Circundante*

O ambiente ocupacional corresponde a locais que podem ser abertos ou fechados, onde se desenvolvem atividades laborativas específicas, as quais devem ser próprias e adequadas a estes ambientes.

Obrigatoriamente, o ambiental ocupacional deve ser **seguro, salubre e confortável**, permitindo o máximo de produtividade da força de trabalho e garantindo o máximo de incolumidade e de higiene aos recursos humanos.

O meio ambiente que circunda os focos potenciais de desastres tecnológicos também deve ser protegido contra a ocorrência destes desastres.

É importante ressaltar que o conceito de proteção ambiental diz respeito não apenas aos desastres agudos, mas, principalmente, aos desastres de evolução crônica e, em especial, aos resultantes da somação de efeitos parciais.

#### *4 - Princípio da Reciclagem*

Os métodos de reciclagem fundamentam-se no princípio de Lavoisier, segundo o qual na natureza nada se cria e tudo se transforma.

A filosofia da reciclagem fundamenta-se na idéia de que aquilo que é um **resíduo**, sem utilidade para uma determinada indústria ou área habitacional, pode ser um **insumo** importante para um novo processo industrial. A reciclagem, além de ser o processo mais importante de descontaminação ambiental, contribui para a preservação dos recursos naturais.

#### *5 - Importância da Biodegradação*

A biodegradação corresponde a um dos mais importantes processos de depuração natural e caracteriza-se pela decomposição de uma determinada substância perigosa, no ambiente natural, como consequência da ação de sistemas biológicos integrados.

As substâncias ou produtos biodegradáveis, ao contrário dos produtos químicos persistentes, não

apresentam tendência para se acumular no meio ambiente, acima de limites aceitáveis. Por esta razão, a indústria deve priorizar a produção de produtos biodegradáveis, por serem menos nocivos, a longo prazo, para o meio ambiente.

#### *6 - Corpos de Bota-Fora e Bacias de Contenção*

**Bota-Fora** corresponde a áreas de deposição de resíduos sólidos, normalmente inertes, resultantes de processos produtivos industriais, de mineração ou da construção civil. O depósito resultante é conhecido como **corpo de bota-fora** e deve ser planejado com grande antecipação, quando do planejamento inicial.

**Bacias de Contenção** correspondem a áreas limitadas por depressões no terreno, algumas vezes circundadas por diques e suficientemente distanciadas de mananciais naturais, as quais são destinadas a conter efluentes líquidos e eventuais vazamentos de tanques e de tubulações, enquanto se processa a depuração dos mesmos, com a finalidade de reduzir os riscos de poluição ambiental.

#### *7 - Filtros Eletrostáticos*

Os filtros eletrostáticos, quando bem planejados, podem reduzir em mais de 98% os riscos de contaminação ambiental resultantes de emanações gasosas.

É importante registrar que as emanações gasosas, além dos efeitos tóxicos de ação imediata, podem ser causas de desastres mistos secundários, como as chuvas ácidas, o efeito estufa e a redução da camada de ozônio.

#### *8 - Incineradores de Grande Potência*

Em alguns casos, a única forma de destruição de produtos perigosos é a incineração dos mesmos em incineradores especiais de muito grande potência.

Tendo em vista o custo extremamente elevado destes incineradores, que atuam em temperaturas extremamente elevadas, é indispensável que os mesmos sejam planejados e implementados para destruir, por combustão assistida e controlada, os produtos perigosos de vastas regiões geográficas. É evidente que estes incineradores de muito altas temperaturas devem ser protegidos por sistemas de filtragem eletrostática em seus sistemas de tiragem do ar superaquecido.

### **7 - Redução das Vulnerabilidades dos Recursos Humanos**

#### **■ Importância da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes**

Em princípio, as grandes empresas industriais, mineradoras, de construção civil e outras, devem organizar uma **Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA**, a qual é constituída por representantes da classe patronal e da força de trabalho.

A CIPA tem por objetivo programar, implementar e fiscalizar atividades relacionadas com a **segurança do trabalho** e com a **prevenção de acidentes do trabalho**.

Segurança do trabalho é uma disciplina técnica, relacionada com a medicina do trabalho e com a engenharia de segurança que tem por objetivo reconhecer, avaliar, prevenir e controlar os riscos de acidentes, dependentes do ambiente e das condições de trabalho, com a finalidade de garantir a higidez e a incolumidade dos recursos humanos.

A prevenção de acidentes de trabalho é da máxima importância para garantir a valorização dos recursos humanos e para reduzir os prejuízos provocados pelas lesões resultantes, em termos de incapacitação temporária ou definitiva.

É evidente que as taxas de seguro são proporcionais aos níveis de insegurança ou **condição insegura**, que corresponde às circunstâncias ambientais ou às relacionadas com os projetos e construção de plantas industriais que favorecem a ocorrência de acidentes.

A segurança do trabalho diz respeito, não apenas à redução dos riscos de desastres agudos, mas principalmente à garantia da segurança e da salubridade do ambiente ocupacional.

#### **■ Importância da Medicina do Trabalho**

A medicina do trabalho ocupa-se da prevenção dos acidentes de trabalho e das doenças ou enfermidades ocupacionais e da redução dos efeitos adversos causados pelos mesmos.

Enfermidades ocupacionais são aquelas que são induzidas pelas condições de trabalho e pelo ambiente ocupacional. A prevenção das enfermidades ocupacionais depende do planejamento do ambiente ocupacional, dentro das condições ideais de salubridade e da prevenção dos traumatismos

e das intoxicações exógenas agudas e crônicas.

#### 1 - Importância dos Exames de Admissão e dos Exames Periódicos

O exame de admissão tem por principais objetivos:

- selecionar a força de trabalho em função do nível de higidez e de resistência imunológica contra intoxicações e outros agravos à saúde;
- documentar as condições de higidez da força de trabalho, no momento da admissão.

Os exames periódicos permitem detectar possíveis enfermidades ocupacionais nas fases iniciais e prevenir o agravamento das mesmas.

#### 2 - Diagnóstico das Intoxicações Exógenas

Método diagnóstico que permite a identificação de quadros de intoxicações exógenas, incluindo o exame clínico especializado, a interpretação dos resultados dos exames de laboratório e anatomo-clínicos e a confirmação do diagnóstico.

O processo de diagnóstico compreende o:

- *diagnóstico clínico* que, sem nenhuma dúvida, é o mais importante e elaborado. Neste caso, a partir do quadro clínico apresentado pelo paciente, se faz o diagnóstico sindrômico e se suspeita qual o agente tóxico causador da intoxicação ou, no mínimo, a que grupo o agente tóxico pertence;
  - *diagnóstico laboratorial*, que permite a identificação química do agente tóxico ou dos produtos resultantes de sua metabolização pelo organismo nos substratos orgânicos. Podem, também, ser pesquisados e identificados os produtos gerados pelo próprio organismo, em função da reação dos sistemas orgânicos a estes agentes tóxicos;
  - *diagnóstico anatomopatológico*, mediante biópsia ou necrópsia. O diagnóstico anatomopatológico permite a identificação de sinais morfológicos específicos, provocados pelos agentes tóxicos, sobre os tecidos orgânicos.

#### 3 - Medidas Preventivas e de Resposta aos Desastres

A medicina do trabalho, a partir dos agentes tóxicos que podem estar presentes no processo industrial, planeja as medidas relativas do diagnóstico precoce das alterações causadas pelos mesmos.

Planeja também as medidas emergenciais que devem ser tomadas em circunstâncias de acidentes ou desastres e os recursos necessários para a pronta efetivação das mesmas.

### ■ Importância da Engenharia de Segurança

A engenharia de segurança é responsável pelo planejamento global das medidas estruturais e não estruturais, inclusive dos procedimentos padronizados, que tenham por objetivo:

- aumentar os índices de segurança do ambiente de trabalho e relacionados com o desempenho da força de trabalho;
- reduzir a incidência de desastres tecnológicos e dos acidentes do trabalho.

Compete à engenharia de segurança estudar, propor e especificar os equipamentos relacionados com a segurança individual e coletiva da força de trabalho. Compete também propor as Normas Padrão de Operações e os procedimentos padronizados relativos à segurança industrial.

Na prevenção das enfermidades profissionais, é importante a prevenção da inalação de produtos tóxicos e de partículas em suspensão no meio ambiente, mediante sistemas de exaustão, filtragem e renovação do ar ambiental.

Também é da máxima importância a proteção dos órgãos sensoriais contra fagulhas, níveis elevados de ruídos e de luminosidade, que possam provocar alterações funcionais ou mesmo lesões anatômicas dos órgãos dos sentidos.

## TÍTULO VII

## **PLANEJAMENTO DE CONTINGÊNCIA**

### **1 - Generalidades**

Os projetos de proteção da população contra desastres humanos, de natureza tecnológica, com características focais, têm por finalidade promover o **planejamento operacional** e a **preparação** dos órgãos do SINDEC e do governo local, em articulação com as empresas que processam produtos perigosos e com as comunidades locais, com o objetivo de atuarem pronta e eficientemente, quando da ocorrência destes desastres.

### **■ Metodologia de Planejamento**

A metodologia de planejamento é semelhante à dos planos operacionais de resposta aos desastres, em geral, porém adaptada às peculiaridades dos desastres tecnológicos.

No caso específico dos desastres tecnológicos de natureza focal, é desejável que participem das atividades de planejamento e de articulação, representantes dos seguintes grupos de interesse:

- Sistema Nacional de Defesa Civil;
- Governo Local;
- Comunidades Locais;
- Trabalhadores da Indústria;
- Empresa Proprietária da Planta Industrial.

### **■ Aspectos a Ressaltar**

Os seguintes aspectos do plano de contingência devem ser considerados e estudados, com grande prioridade:

- delimitação das áreas de risco e de exposição;
- cadastramento da população em risco;
- seleção das áreas de segurança;
- estudo dos eixos e dos meios de evacuação da população ameaçada;
- monitorização, alerta e alarme;
- realização de campanhas de esclarecimento para a população alvo;
- avaliação de possíveis necessidades de áreas de refúgio;
- definição das ações a realizar, relacionadas com as atividades de socorro, assistência à população e reabilitação dos cenários dos desastres;
- seleção dos órgãos melhor vocacionados, para o desempenho de cada uma das ações previstas;
- definição dos recursos necessários para a concretização destas ações e detalhamento do planejamento logístico e da mobilização de recursos;
- estabelecimento de mecanismos de coordenação e da cadeia de comando que deverá atuar em circunstâncias de desastre;
- difusão do planejamento;
- realização de exercícios simulados, com a finalidade de testar e aperfeiçoar o planejamento;
- a necessidade de se manter o planejamento permanentemente atualizado.

### **2 - Particularidades Relativas aos Desastres Tecnológicos Focais**

#### **■ Delimitação das Áreas de Risco e de Exposição**

A correta delimitação dos focos de desastres potenciais, das áreas de riscos intensificados e das áreas de exposição, permite a adequada definição das **áreas de proteção**, que devem ser adquiridas pelas empresas responsáveis pelas plantas industriais. O perímetro de segurança deve ser murado e, sempre que possível, estas áreas devem ser reflorestadas, tudo com a finalidade de:

- proteger os ecossistemas naturais e modificadas pelo homem;
- distanciar a população vulnerável dos focos de desastres potenciais.

Evidentemente, estas medidas devem ser tomadas na fase de planejamento preventivo. Apesar disto, ao se fazer o planejamento de contingência, é necessário prever que áreas mais extensas podem ser vulnerabilizadas quando ocorrem desastres excepcionalmente intensos, em condições atmosféricas excepcionalmente adversas.

Para se fazer uma reavaliação da extensão das dimensões destas áreas é muito importante que se

considere, nesta fase de planejamento:

- as consequências do pior caso;
- as categorias de PASQUIL.

As áreas de riscos intensificados e as áreas de exposição devem ser delimitadas com o máximo de realismo, porque está comprovado pela experiência que o **pior caso** costuma ocorrer, de forma inesperada, nas condições atmosféricas mais adversas.

### ■ Cadastramento da População em Risco

Toda a população, residente em áreas de exposição e em áreas de riscos intensificados, deve ser recenseada e cadastrada.

Aqueles que residem em áreas perigosamente próximas dos focos de desastres potenciais devem ser relocados em áreas seguras.

Aqueles que residirem em áreas de exposição mais distanciadas devem participar dos programas de preparação para emergências e desastres.

Considerando que a população brasileira tem uma grande mobilidade, é necessário que as atividades de recenseamento e de cadastramento sejam atualizadas a intervalos de tempo adequados.

### ■ Seleção das Áreas de Segurança

Em princípio, a população ameaçada deve ser evacuada, **em tempo oportuno**, das áreas de riscos intensificados e de exposição, para as áreas de segurança.

As áreas de segurança devem ser localizadas a uma distância adequada dos focos de desastres potenciais, de forma a garantir que a população evacuada permaneça a salvo de danos humanos e materiais.

As áreas de segurança devem atender aos seguintes **requisitos básicos**:

- disporem de um número suficiente de instalações que possam ser facilmente adaptadas para funcionarem como abrigos provisórios, com a finalidade de albergar toda a população a ser evacuada;
- estarem interligadas com as áreas de riscos intensificados e de exposição, por intermédio de vias de transporte adequadas e que apresentem condições de trafegabilidade compatíveis com as necessidades de evacuação;
- não interferirem com as ações de combate direto aos sinistros.

### ■ Eixos de Evacuação e Meios de Transporte

Os eixos de evacuação selecionados devem apresentar muito boas condições de trafegabilidade e permitirem o escoamento dos comboios em **tempo oportuno**. É muito importante que o tráfego flua sem dificuldades e interrupções. Por este motivo, é necessário que sejam minuciosamente planejadas as medidas emergenciais de desobstrução da via, em casos de acidentes de trânsito ou quedas de barreiras.

Os meios de transporte necessários à operação de evacuação devem ser previstos, com grande antecipação, e devem ter condições de serem facilmente mobilizáveis, **em tempo oportuno**.

A população que dispõe de transporte próprio deve ser cadastrada e o transporte solidário deve ser incentivado e minuciosamente planejado. Os transportes coletivos devem ser mobilizados, de locais próximos dos focos de desastre, para que a população que não dispõe de meios de transporte privados seja evacuada **em tempo oportuno**.

Os **pontos de embarque** para a população dependente de transportes coletivos devem ser minuciosamente estudados, sinalizados e difundidos junto à população.

### ■ Monitorização, Alerta e Alarme

A variável tempo é de extrema importância para o planejamento operacional das ações de resposta aos desastres. Por este motivo, é necessário que os desastres sejam previstos com o máximo de antecipação possível.

A monitorização dos fatores de risco permite que se antecipe as situações de **desastre irreversível e iminente**, com razoável grau de precisão.

Os sistemas de monitorização, alerta e alarme, ao anteciparem as situações de desastre iminente e irreversível, contribuem para ampliar a **fase de pré-impacto**, facilitam as operações de isolamento das áreas de riscos intensificados e de evacuação da população ameaçada e reduzem os danos humanos e materiais.

Para que a população que reside ou trabalha nas áreas de riscos intensificados e de exposição seja alertada em **tempo oportuno**, é necessário que dispositivos de alarme, como sirenes e sistemas de auto-falantes, sejam planejados e estabelecidos com grande antecipação.

É necessário, também, que sejam estabelecidos códigos de sinais que indiquem as situações de alerta e as de alarme e que estes códigos sejam difundidos entre a população vulnerável.

O sistema de alerta e alarme deve ser reforçado pelas rádios locais, que devem recordar à população os procedimentos estabelecidos.

### ■ Campanhas de Esclarecimento

As campanhas de esclarecimento da população vulnerável são de extrema importância.

É indispensável que a credibilidade seja mantida a qualquer custo, e a informação completa e honesta é a única forma de manter a credibilidade. A população deve ser cabalmente informada sobre os riscos de desastre e sobre as medidas estabelecidas para a redução dos mesmos.

As campanhas de esclarecimento devem informar a população sobre:

- as características dos desastres potenciais;
- as vulnerabilidades dos cenários e das comunidades ameaçadas aos efeitos adversos destes desastres;
- as medidas planejadas e estabelecidas para reduzir a intensidade dos desastres previstos, através dos planejamentos preventivos, de segurança industrial e de contingência;
- os procedimentos estabelecidos para que a população contribua positivamente para reduzir, ao máximo, os riscos de danos humanos e materiais.

É absolutamente necessário que todas as famílias das comunidades ameaçadas saibam precisamente como devem proceder, caso seja desencadeada uma **situação de alarme**.

### ■ Áreas de Refúgio

**A construção de áreas de refúgio para a população ameaçada é uma medida excepcional.**

A construção de áreas de refúgio, como abrigos subterrâneos reforçados com sistemas de ventilação protegidos por sistema de filtragem de grande eficiência e dotados de estoques de alimentos não perecíveis e de água potável, é uma medida excepcional, que só deve ser considerada nas seguintes condições:

- os desastres previstos são de intensidade excepcional;
- as edificações estão localizadas em áreas de riscos máximos;
- as características intrínsecas dos desastres potenciais não permitem uma boa antecipação da fase de pré-impacto;
- existe a certeza de que o grupo ameaçado não poderá ser evacuado em tempo oportuno;
- existe a certeza de que as áreas de refúgio terão condições de garantir a vida e a incolumidade das pessoas refugiadas.

As áreas de refúgio podem ser:

- concentradas e de uso coletivo, como os abrigos antiaéreos da Segunda Guerra Mundial;
- dispersos e de uso familiar, como os abrigos subterrâneos planejados para proteger a população contra tornados.

### ■ Demais Aspectos a Considerar

Como já foi explicitado, a metodologia de planejamento aplicada aos desastres tecnológicos com características focais é semelhante à aplicada aos demais desastres naturais, humanos e mistos.

Por isto, são desnecessários comentários adicionais sobre a(o):

- definição das ações a realizar;
- seleção dos órgãos melhor vocacionados;
- definição dos recursos necessários;
- estabelecimento de mecanismo de coordenação;
- realização de exercícios simulados;
- atualização do planejamento.

### ■ Cadeia de Comando

Planos muito bem elaborados podem fracassar caso não se defina, de forma muito clara:

- qual a cadeia de comando;
- quem comanda as operações.

O comandante de operação deve ser selecionado por:

- sua capacidade para decidir sob pressão;
- suas aptidões para liderar.

Um comandante de operação é pago para decidir, dividir todos os acertos com seus subordinados e assumir, solitariamente, a responsabilidade por todos os erros.

ESTA OBRA FOI FORMATADA  
E IMPRESSA PELA  
IMPRENSA NACIONAL,  
SIG, QUADRA 6, LOTE 800,  
CEP 70610-460, BRASÍLIA, DF,  
EM 1999, COM UMA TIRAGEM  
DE 3.000 EXEMPLARES