



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

MANUAL DE DESASTRES

DESASTRES HUMANOS

I PARTE

DE NATUREZA TECNOLÓGICA

**BRASÍLIA
2004**

Ministro da Integração Nacional
Ciro Ferreira Gomes

Secretário Nacional de Defesa Civil
Jorge do Carmo Pimentel

Gerente do Departamento de Minimização de Desastres
Antônio Luiz Coimbra de Castro

Ministério da Integração Nacional
Secretaria Nacional de Defesa Civil

Esplanada dos Ministérios Bloco E 7º andar
70067-901
Fone (61) 414-5806

Brasil. Ministério da Integração Nacional. (MI). Secretaria Nacional de Defesa Civil. (SEDEC)

Manual de desastres humanos: desastres humanos de natureza tecnológica – v. 2. – I parte / Ministério da Integração Nacional. Secretaria Nacional de Defesa Civil. – Brasília : MI, 2003. 452p.

I. Brasil – Desastres Humanos – Natureza social. II. Castro, Antônio Luiz Coimbra de. III. Secretaria Nacional de Defesa Civil. IV. Título.

Equipe de Compilação e Coordenação

Autor e Coordenador

Antônio Luiz Coimbra de Castro

Co-autores

Lelio Bringel Calheiros

Ana Zayra Bitencourt Moura

Montagem e Revisão

Ana Zayra Bitencourt Moura

Juliana Neiva Carneiro

Maria Hosana Bezerra André

Digitação, Diagramação e Capa

Natanael Nogueira de Sousa

Colaboração Técnica

José Wilson Pereira

Maria Hosana Bezerra André

Maria Inez Resende Cunha

Maria Luiza Nova da Costa Bringel

Paulo Roberto C. Mourão Crespo

Pedro Augusto Sanguinetti Ferreira

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	9
INTRODUÇÃO AO ESTUDO DE DESASTRES HUMANOS	11
CAPÍTULO I – DESASTRES SIDERAIS DE NATUREZA TECNOLÓGICA	15
<i>TÍTULO I – Desastre Siderais de Natureza Tecnológica sem Menção de Riscos Radioativos</i>	17
<i>TÍTULO II – Desastres Siderais de Natureza Tecnológica com Menção de Riscos Radioativos</i>	21
CAPÍTULO II – DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE SEM MENÇÃO DE RISCO QUÍMICO OU RADIOATIVO	23
<i>TÍTULO I – Desastres Relacionados com Meios de Transporte Aéreo</i> .	24
<i>TÍTULO II – Desastres Relacionados com Meios de Transporte Ferroviário</i>	32
<i>TÍTULO III – Desastres Relacionados com Meios de Transporte Fluvial</i>	36
<i>TÍTULO IV – Desastres Relacionados com Meios de Transporte Marítimo</i>	41
<i>TÍTULO V – Desastres Relacionados com Meios de Transporte Rodoviário</i>	46
CAPÍTULO III – DESASTRES RELACIONADOS COM A CONSTRUÇÃO CIVIL	55
<i>TÍTULO I – Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Habitações</i>	57
<i>TÍTULO II – Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Obras-de-Arte ou de Edificações por Problemas Relativos ao Solo e às Fundações</i>	62
<i>TÍTULO III – Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Obras-de-Arte ou de Edificações por Problemas de Estruturas</i>	66
<i>TÍTULO IV – Desastres Relacionados com o Rompimento de Barragens e Riscos de Inundação a Jusante</i>	69

TÍTULO V –	<i>Desastres e/ou Acidentes de Trabalho Ocorridos Durante a Construção</i>	<i>73</i>
TÍTULO VI –	<i>Desastres Relacionados com as Atividades de Mineração</i>	<i>77</i>
CAPÍTULO IV –	DESASTRES DE NATUREZA TECNOLÓGICA RELACIONADOS COM INCÊNDIOS	82
TÍTULO I –	<i>Incêndios em Instalações de Combustíveis, Óleos e Lubrificantes (COL)</i>	<i>89</i>
TÍTULO II –	<i>Incêndios em Meios de transporte Marítimo e Fluvial</i>	<i>102</i>
TÍTULO III –	<i>Incêndios em Áreas Portuárias</i>	<i>108</i>
TÍTULO IV –	<i>Incêndios em Plantas e Distritos Industriais</i>	<i>113</i>
TÍTULO V –	<i>Incêndios em Edificações com Grandes Densidades de Usuários</i>	<i>167</i>
CAPÍTULO V –	DESASTRES DE NATUREZA TECNOLÓGICA RELACIONADOS COM PRODUTOS PERIGOSOS	180
TÍTULO I –	<i>Desastres com Meios de Transporte com Menção de Riscos de Extravasamento de Produtos Perigosos</i>	<i>193</i>
TÍTULO II –	<i>Desastres em Plantas e Distritos Industriais, Parques ou Depósitos com Menção de Riscos de Extravasamento de Produtos Perigosos</i>	<i>210</i>
TÍTULO III –	<i>Desastres em Meios de Transporte, Plantas e Distritos Industriais, Parques ou Depósitos de Explosivos</i>	<i>264</i>
TÍTULO IV –	<i>Desastres Relacionados com o uso Abusivo e não Controlado de Agrotóxicos</i>	<i>277</i>
TÍTULO V –	<i>Desastres Relacionados com Intoxicações Exógenas no Ambiente Domiciliar</i>	<i>294</i>
TÍTULO VI –	<i>Desastres Relacionados com Contaminação de Sistemas de Água Potável</i>	<i>307</i>
TÍTULO VII –	<i>Desastres Relacionados com Substâncias e Equipamentos Radioativos de Uso na Medicina</i>	<i>316</i>
TÍTULO VIII –	<i>Desastres Relacionados com Substâncias e Equipamentos Radioativos de Uso em Pesquisas, Indústrias e Usinas Atomoelétricas</i>	<i>327</i>

CAPÍTULO VI – DESASTRES RELACIONADOS COM CONCENTRAÇÕES DEMOGRÁFICAS E COM RISCOS DE COLAPSO OU EXAURIMENTO DE ENERGIA E DE OUTROS RECURSOS E/OU SISTEMAS ESSENCIAIS	359
<i>TÍTULO I – Desastres Relacionados com Riscos de Colapso ou Exaurimento de Recursos Hídricos</i>	<i>359</i>
<i>TÍTULO II – Desastres Relacionados com Riscos de Colapso ou Exaurimento de Recursos Energéticos</i>	<i>368</i>
<i>TÍTULO III – Desastres Relacionados com Riscos de Colapso de Sobrecarga do Sistema de Coleta de Lixo</i>	<i>386</i>
<i>TÍTULO IV – Desastre Relacionados com Riscos de Intensa Poluição Provocada por Escapamento de Gases e Partículas em Suspensão na Atmosfera</i>	<i>400</i>
<i>TÍTULO V – Desastres Relacionados com Riscos de Intensa Poluição Provocada por Resíduos Líquidos Efluentes da Atividade Industrial</i>	<i>419</i>
<i>TÍTULO VI – Desastres Relacionados com Riscos de Intensa Poluição Provocada por Resíduos Sólidos da Atividade Industrial</i>	<i>432</i>
<i>TÍTULO VII – Desastres Relacionados com Riscos de Intensa Poluição Provocada por Dejetos e outros Poluentes Resultantes da Atividade Humana</i>	<i>440</i>

APRESENTAÇÃO

Dando prosseguimento a sua missão de promover o desenvolvimento da Doutrina Brasileira de Defesa Civil, no âmbito do Sistema Nacional de Defesa Civil – SINDEC, a Secretaria Nacional de Defesa Civil – SEDEC está lançando os últimos volumes do Manual de Desastres.

Procurou-se apresentar 2 volumes significativos de informações relacionadas com os desastres antropogênicos e mistos, elaborados de acordo com a Classificação Geral dos Desastres e com a Codificação de Desastres, Ameaças e Riscos – CODAR, aprovadas por Resoluções do Conselho Nacional de Defesa Civil – CONDEC.

O tema dos presentes volumes foi em cinco partes, distribuídos da seguinte forma:

DESASTRES HUMANOS

Parte I – Desastres Humanos de Natureza Tecnológica

Parte II – Desastres Humanos de Natureza Social

Parte III – Desastres Humanos de Natureza Biológica

DESASTRES MISTOS

Parte I - Desastres Mistos Relacionados com a Geodinâmica Terrestre Externa

Parte II - Desastres Mistos Relacionados com a Geodinâmica Terrestre Interna

*O presente Manual não pretende esgotar o assunto, mas despertar a atenção dos pesquisadores e estudiosos brasileiros, para uma imensa área do conhecimento humano – a **Sinistrologia** – cujo estudo terá que ser aprofundado no Brasil e no restante do mundo.*

Deseja-se que o presente manual sirva como um referencial para o estudo e o gerenciamento dos desastres, no âmbito do SINDEC, e que desperte a atenção dos pesquisadores para a Sinistrologia.

Como o tema abordado é amplo, tem caráter multidisciplinar e eminentemente dinâmico, o presente Manual está aberto a revisões periódicas, em função da contribuição dos pesquisadores e estudiosos no desenvolvimento da Doutrina.

INTRODUÇÃO AO ESTUDO DOS DESASTRES HUMANOS

1. Generalidades

Os desastres humanos são conseqüência indesejável:

- *do desenvolvimento tecnológico, quando não existe preocupação com o desenvolvimento sustentado; dos riscos relacionados com o desenvolvimento industrial, quando a segurança industrial e a proteção do ambiente contra riscos de contaminação são descuradas;*
- *da intensificação das trocas comerciais e do conseqüente incremento do deslocamento de cargas perigosas;*
- *de concentrações demográficas elevadas, em áreas urbanas, quando as mesmas não são dotadas de uma infra-estrutura de serviços essenciais compatível e adequada;*
- *de desequilíbrios nos inter-relacionamentos humanos de natureza social, política, econômica e cultural;*
- *do relacionamento desarmonioso do ser humano com a sociedade e com os ecossistemas urbanos e rurais;*
- *de deficiências dos órgãos promotores de saúde pública, muitas vezes agravados pelo pauperismo, por desequilíbrios ecológicos e sociais e por carência na estrutura de saneamento ambiental.*

2. Classificação

Em função de suas causas primárias, os desastres humanos ou antropogênicos são classificados em:

<i>Desastres Humanos de Natureza Tecnológica</i>	<i>– CODAR – HT/21</i>
<i>Desastres Humanos de Natureza Social</i>	<i>– CODAR – HS/22</i>
<i>Desastres Humanos de Natureza Biológica</i>	<i>– CODAR – HB/23</i>

1. Generalidades

Os desastres humanos de natureza tecnológica são conseqüência indesejável do desenvolvimento econômico, tecnológico e industrial e podem ser reduzidos em função do incremento de medidas preventivas relacionadas com a segurança industrial.

Estes desastres também se relacionam com o incremento das trocas comerciais e do deslocamento de cargas perigosas e com o crescimento demográfico das cidades, sem o correspondente desenvolvimento de uma estrutura de serviços essenciais compatível e adequada ao surto de crescimento.

2. Classificação

Os desastres humanos de natureza tecnológica são classificados em:

- Desastres Siderais de Natureza Tecnológica – CODAR - HT.S/CODAR - 21.1*
- Desastres Relacionados com Meios de Transporte, sem Menção de Risco Químico ou Radioativo – CODAR - HT.T/CODAR - 21.2*
- Desastres Relacionados com a Construção Civil – CODAR - HT.C/CODAR - 21.3*
- Desastres de Natureza Tecnológica Relacionados com Incêndios – CODAR HT.I/CODAR - 21.4*
- Desastres de Natureza Tecnológica Relacionados com Produtos Perigosos – CODAR HT.P/CODAR - 21.5*
- Desastres Relacionados com Concentrações Demográficas e com Riscos de Colapso ou Exaurimento de Energia e de outros Recursos e/ou Sistemas Essenciais – CODAR HT.D/CODAR - 21.6*

CAPÍTULO I

DESASTRES SIDERAIS DE NATUREZA TECNOLÓGICA

CODAR - HT.S/CODAR - 21.1

1. Generalidades

O desenvolvimento tecnológico ocorrido nas últimas décadas promoveu o incremento do lançamento de satélites artificiais e, em consequência, a intensificação dos riscos de desastres provocados pela queda ou pela colisão desses artefatos, de seus veículos de lançamento ou de componentes dos mesmos.

Há que registrar também os riscos de perda de tripulações de satélites ou veículos tripulados em consequência de acidentes, durante os lançamentos.

2. Classificação

Os desastres siderais de natureza tecnológica são classificados em:

- *Desastres Siderais de Natureza Tecnológica, sem Menção de Riscos Radioativos – CODAR – HT.SSR/21.101*
- *Desastres Siderais de Natureza Tecnológica, com Menção de Riscos Radioativos – CODAR – HT.SCR/21.102.*

TÍTULO I

DESASTRES SIDERAIS DE NATUREZA TECNOLÓGICA SEM MENÇÃO DE RISCOS RADIOATIVOS

CODAR - HT.SSR/CODAR - 21.101

1. Caracterização

Os satélites artificiais, veículos transportadores ou componentes dos mesmos, ao reentrarem na atmosfera, tornam-se incandescentes, em consequência do atrito resultante desses corpos, que caem em alta velocidade, com o ar atmosférico, que aumenta de densidade, na medida em que diminui a altitude. Em consequência do atrito crescente, esses corpos tendem a se fragmentar.

Para proteger as tripulações desses efeitos, as cápsulas tripuladas são guarnecidas por escudos protetores e podem ser dotadas de foguetes desaceleradores.

Nos demais casos, há interesse em aumentar os mecanismos fragmentadores, que podem ser intensificados pelo planejamento de linhas estrutural de fraqueza, que somente fiquem expostas aos efeitos incandescentes, durante a fase de queda.

As porções mais sólidas e compactas, remanescentes deste processo, ao impactarem sobre o solo, provocarão crateras, cujas dimensões serão definidas pelo momento da força, que resulta do produto da massa do corpo pela velocidade final, no momento do impacto, e é medido em quilogramas por segundo – kgm/seg.

O impacto do corpo sobre a superfície da Terra provoca uma onda de choque, de grande intensidade, que se propaga de forma esférica. Quando o impacto ocorre sobre o solo, a onda de choque provoca a formação de uma cratera de paredes compactadas e eleva uma nuvem de poeira aquecida, cujas dimensões dependem do efeito de ação e reação entre as superfícies impactantes.

Quando o impacto ocorre na superfície do mar, o corpo fluido amortece o efeito impactante e ocorre um aquecimento circunscrito das águas.

2. Causas

A queda de corpos siderais artificiais ocorre quando, por algum motivo, o corpo perde velocidade e, em consequência, passa a orbitar em níveis mais

baixos. Nas órbitas mais baixas, o efeito do atrito é crescente e mantém o processo de perda de velocidade.

O processo continua até que a força centrípeta da gravidade terrestre prepondere sobre a força centrífuga tangencial, resultante da velocidade de circunvolução orbital.

A rota do corpo em queda é influenciada pelos seguintes parâmetros:

- movimento de rotação da Terra;*
- velocidade orbital residual;*
- força da gravidade;*
- ação do atrito, que tende a crescer nas baixas camadas, na medida em que o ar vai se adensando.*

3. Ocorrência

Tendo em vista a grande quantidade de corpos artificiais que orbitam ao redor da Terra, existe uma tendência crescente a que os mesmos acabem atraídos pela força da gravidade e impactem sobre a superfície do planeta.

Em função de sua maior extensão, é mais provável o impacto sobre os oceanos do que sobre os continentes.

Como as massas continentais são mais volumosas no hemisfério Norte que no hemisfério Sul e existe uma maior densidade de satélites nestas áreas, as probabilidades de impacto nos países do Norte são maiores do que nos países do Sul.

Como a Rússia e a China são os países de maior extensão territorial, no sentido dos paralelos, as probabilidades de impacto nos territórios destes países são maiores do que nos demais.

No Brasil, pelos mesmos motivos, as probabilidades de impacto na Região Norte são maiores que nas demais.

4. Principais Efeitos Adversos

A intensidade dos danos causados depende:

- da magnitude do impacto que, em última análise, varia em função da massa do corpo impactante;*
- do grau de vulnerabilidade da área impactada, que varia em função da densidade populacional e do maior ou menor mobiliamento do território;*

Os efeitos adversos são semelhantes, embora de menor intensidade, aos causados pelos meteoritos de grande porte, competindo destacar:

- o efeito térmico, causado pelo atrito, provoca a incandescência do corpo e forma um túnel circundado por gases superaquecidos;*
- o efeito mecânico, causado pelo impacto do corpo na terra, pode ser calculado em função do produto da massa pela velocidade terminal, liberando energia mecânica, que se propaga segundo uma hemisfera, formando uma cratera;*
- o efeito impactante, relacionado com a interação entre ação e reação, provoca elevação de temperatura na área impactada e a formação de nuvens de poeira;*
- o efeito sísmico, consequência da disseminação das ondas de choque na crosta terrestre, permite a detecção das ondas de choque e a determinação de epicentro do impacto na superfície terrestre.*

Até o momento atual, os danos mais importantes provocados por satélites artificiais dizem respeito à perda de tripulação de veículos espaciais, em consequência de avarias ocorridas no processo de lançamento.

Não existem registros de danos importantes provocados pelo impacto de corpos siderais artificiais sobre a superfície da Terra. Na Rússia, foram registradas destruições de galpões e de unidades residenciais, mas nenhum óbito foi comunicado, em consequência destes impactos.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Os Centros de Acompanhamento de Satélites Artificiais têm condições de acompanhar a rota dos mesmos e de alertar, com razoável antecedência, sobre os riscos de queda iminente desses corpos siderais artificiais.

O alerta é difundido, muito rapidamente, para os governos dos países interessados. Nas condições atuais, os sistemas de monitorização têm condições de definir uma faixa, com poucas dezenas de quilômetros de largura, ao redor do globo terrestre, onde o corpo poderá impactar, em função de sua rota terminal.

Definida esta faixa, pode-se calcular as probabilidades relativas de impacto sobre as áreas emersas situadas na rota, em função das dimensões das mesmas.

A definição da provável área de impacto vai se tornando mais precisa nas voltas terminais do corpo, ao redor do globo terrestre, e o cálculo da rota

parabólica final é realizado em função dos parâmetros enunciados no item relativo ao estudo das causas das quedas destes corpos.

6. Medidas Preventivas

As principais medidas minimizadoras dos impactos são desenvolvidas no processo de construção destes bólidos. Em princípio, somente as partes vitais dos veículos tripulados devem ser protegidas por escudos antitérmicos.

A instalação de foguetes de retrocesso pode reduzir a velocidade terminal e facilitar a abertura de grandes pára-quedas amortecedores do impacto.

Os ônibus espaciais tripulados são pilotados e têm suas velocidades gradualmente reduzidas, permitindo a sua aterrissagem em áreas previamente estabelecidas, comportando-se como grandes aviões, na fase terminal de seus vôos.

Os componentes dos veículos espaciais devem ser construídos de forma que, na fase de reentrada, a combustão e a fragmentação sejam facilitadas. Algumas medidas de redução de riscos podem ser desencadeadas sobre os satélites em órbita:

- é possível, por meio de retrofoguetes disparados na órbita, antecipar o momento da queda, com o objetivo de estabelecer trajetórias de impacto mais favoráveis;*
- pode-se provocar a fragmentação final dos bólidos, pelo acionamento de cargas explosivas após o reingresso;*
- a recuperação de satélites altamente especializados e de grandes custos pode ser realizada por ônibus espaciais;*

As medidas de defesa passiva são consideradas inoperantes em função da grande velocidade dos bólidos e de suas imensas forças impactantes:

- é inviável a construção de abrigos subterrâneos e de casamatas à prova de choques provocados por satélites artificiais, que impactam sobre a superfície da Terra, em velocidades superiores a 25km/seg,*
- da mesma forma, em função da velocidade em que ocorre a fase terminal da queda, é praticamente impossível evacuar a população da área ameaçada.*

TÍTULO II

DESASTRES SIDERAIS DE NATUREZA TECNOLÓGICA COM MENÇÃO DE RISCOS RADIOATIVOS

CODAR - MT.SCR/CODAR - 21.102

1. Caracterização

É sabido que alguns satélites foram lançados com motores e corpos radioativos e que, no caso de queda destes satélites, além de todos os problemas estudados no número anterior, haverá mais um fator de complicação, relacionado com o risco radioativo.

2. Causas

Estes desastres são causados pela queda de satélites artificiais com componentes radioativos.

3. Ocorrência

Embora possível, este padrão de desastre ainda não foi notificado.

4. Efeitos Adversos

Além de todos os efeitos adversos provocados pela queda de satélites artificiais e que foram estudados no número anterior, há que se acrescentar o risco relacionado com a radioatividade.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Além das medidas analisadas no número anterior, há que caracterizar a área de impacto, através de sismógrafos, com o objetivo de isolá-la. Numa segunda fase, há que monitorizar os níveis de irradiação na área impactada.

6. Medidas de Prevenção e de Controle

Inicialmente, é necessário que todos os governos, que têm condições tecnológicas para lançar satélites artificiais, assumam o compromisso de lançar veículos sem componentes radioativos, em órbitas terrestres.

Também é indispensável que todos os veículos nestas condições, que já tenham sido lançados, sejam informados e sinalizados, para serem acompanhados com prioridade.

Após o impacto, é necessário deslocar para a área pessoal especializado e devidamente protegido que, depois de dimensionar o problema, recolhe e acondiciona o lixo atômico, em containeres blindados e revestidos por placas de chumbo.

Numa segunda fase, esses containeres são transportados para áreas de depósitos, devidamente arquitetadas e localizadas em locais distantes de áreas vulneráveis.

CAPÍTULO II

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE COM MENÇÃO DE RISCO QUÍMICO OU RADIOATIVO

CODAR - HT.T/CODAR - 21.2

1. Generalidades

Sob este título são relacionados os desastres com meios de transporte, sem menção de riscos de extravasamento de produtos perigosos.

Os desastres com meios de transporte são cada vez mais freqüentes e costumam ocorrer ao longo dos chamados corredores de transporte e nas proximidades dos terminais de transporte.

Algumas vezes, meios de transporte, como aviões e embarcações, desviam-se de suas rotas preestabelecidas e são dados como desaparecidos, exigindo complexas operações de busca e salvamento.

Evidentemente, o disciplinamento das atividades de transporte são de capital importância para reduzir a freqüência e a intensidade destes desastres.

2. Classificação

Os desastres com meios de transporte sem menção de risco químico ou radioativo radiológicos são classificados em:

- Desastres Relacionados com Meios de Transporte Aéreo – CODAR - HT.TAE/CODAR - 21.201*
- Desastres Relacionados com Meios de Transporte Ferroviário – CODAR - HT.TFR/CODAR - 21.202*
- Desastres Relacionados com Meios de Transporte Fluvial – CODAR - HT.TFL/CODAR - 21.203*
- Desastres Relacionados com Meios de Transporte Marítimo – CODAR - HT.TMR/CODAR - 21.204*
- Desastres Relacionados com Meios de Transporte Rodoviário – CODAR - HT.TRV/CODAR - 21.205*

TÍTULO I

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE AÉREO

CODAR - HT.TAE/CODAR - 21.201

1. Caracterização

A definição de acidente aeronáutico é a seguinte:

Toda ocorrência relacionada com a operação de uma aeronave, entre o período em que uma pessoa nela embarca, com a intenção de realizar um voo, até o momento em que todas as pessoas tenham desembarcado da mesma, desde que, durante o qual, ocorra uma das seguintes situações:

- *qualquer pessoa sofra lesão grave ou morra, como resultado de estar na aeronave, ou por contato direto ou indireto com qualquer de suas partes, incluindo as que dela tenham se desprendido;*
- *uma falha estrutural da aeronave, afetando seu desempenho e as características do voo;*
- *a aeronave seja considerada desaparecida ou encontrada em local de muito difícil acesso.*

Os desastres aéreos caracterizam-se por apresentarem elevados índices de mortalidade e os sobreviventes feridos ou incólumes costumam ser raros.

Os principais traumatismos, normalmente mortais, que costumam ocorrer nestas circunstâncias, são as grandes queimaduras, na grande maioria dos casos, com carbonização do corpo, o que dificulta a identificação e os politraumatizados, especialmente entre os corpos ejetados no momento do impacto.

2. Causas

Os desastres com meios de transporte aéreo costumam ser provocados por:

- *falhas ou defeitos estruturais das aeronaves;*
- *manutenção deficiente das aeronaves;*
- *colisão com outras aeronaves ou com elevações;*
- *vendavais intensos, que dificultam as condições de navegação ou a falta de teto, que prejudica as aterrissagens;*

- falhas dos sistemas de radar do próprio avião ou do aeroporto;
- falhas na comunicação entre o avião e a torre de controle, dificultando a aproximação e a condução das manobras de aterrissagem ou decolagem;
- existência de corpos estranhos nas pistas, que podem impactar o avião no momento da decolagem ou da aterrissagem.
- falhas humanas relacionadas com:
 - preparação e treinamento deficiente das tripulações;
 - seleção e acompanhamento deficiente das condições físicas e psicológicas do pessoal de voo;
 - estresse das tripulações, normalmente provocado por sobrecarga de trabalho;
 - imperícia, imprudência e/ou negligência das tripulações;
 - o pessoal controlador de voo na torre de controle;
 - atos terroristas

3. Ocorrência

A maior incidência dos desastres aeronáuticos ocorre nas cabeceiras e proximidades dos terminais aéreos, sendo mais freqüentes durante as aterrissagens do que durante as decolagens.

Em condições de baixa visibilidade, principalmente quando se somam defeitos nos equipamentos, podem ocorrer desvios de rotas, colisões com outras aeronaves ou choques com elevações.

Os desvios de rota resultam de erro humano e de desatenção.

É imperioso que todos os aviões disponham de equipamentos emissores de sinais, que facilitem sua rápida localização, por intermédio de satélites, em caso de desaparecimento ou de furto de aeronaves.

Comparando com os demais, os meios de transporte aéreo são os mais seguros. O crescimento das notícias sobre desastres aéreos é conseqüência:

- *do intenso incremento do tráfego aéreo, nestes últimos trinta anos;*
- *da facilidade de difusão de notícias sobre desastres, a partir do momento em que o mundo se transformou numa “aldeia global”, em função da instantaneidade das comunicações.*

4. Principais Efeitos Adversos

O impacto provocado pela queda de uma aeronave causa mortes e, quando há sobreviventes, os traumatismos são graves.

Normalmente, os acidentes que ocorrem nas decolagens, quando os tanques de combustível estão cheios, são acompanhados de grandes incêndios e explosões.

A queda de aviões em áreas povoadas pode provocar destruições, incêndios, mortes e traumatismos graves nas áreas impactadas.

Aviões que desviam das rotas previstas, após ultrapassado o prazo de autonomia de voo, são considerados como desaparecidos e exigem que operações de busca e salvamento sejam desencadeadas.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

O controle de grande parte do espaço aéreo brasileiro, por intermédio dos radares do CINDACTA e da totalidade, com a entrada em operações do SIVAM, contribui para aumentar poderosamente o nível de segurança das rotas aéreas controladas pelo Sistema.

O Sistema responsável pelo apoio de telecomunicações à navegação aérea tem plenas condições de cobrir a totalidade do espaço aéreo brasileiro e de permitir o contato pelo rádio com todas as aeronaves, durante todo o voo, facilitando o controle das aeronaves que estão se deslocando no espaço aéreo, identificando-as e balizando suas rotas e mantendo um fluxo constante de informações sobre as condições das rotas, das aeronaves e dos terminais aéreos.

A utilização de técnicas de radiogoniometria permitem que, utilizando técnicas de triangulação, as estações controladoras localizem as aeronaves em voo e que as aeronaves localizem os terminais aéreos e os pontos de inflexão das aerovias.

Torres de controle de aeroportos, bem equipadas e operacionalizadas por pessoal competente, contribuem para aumentar a segurança:

- dos pousos e das decolagens;*
- da movimentação das aeronaves, no solo e no espaço aéreo periférico.*

A entrega dos planos de voo ao pessoal de terra responsável pelo controle e a conferência e ajuste dos mesmos são de fundamental importância para aumentar o nível de controle e de segurança.

Equipamentos emissores de sinais captados por satélites artificiais permitem a rápida localização de aeronaves desaparecidas, por intermédio de técnicas de radiogoniometria.

6. Medidas Preventivas

a) Programas de Manutenção de Aeronaves

A grande maioria dos desastres aéreos pode ser prevenida por rigorosos programas de manutenção de aeronaves.

A manutenção das aeronaves deve ser:

- estabelecida em programação inflexível e rigorosamente cumprida nos intervalos previstos em calendário;*
- desenvolvida por pessoal altamente capacitado, especializado, responsável e metódico;*
- conduzida de forma sistemática e minuciosa e rigorosamente acompanhada por uma equipe supervisora, responsável pela revisão e pelo controle da cabal execução de todos os procedimentos padronizados;*
- seguida por uma minuciosa auditoria técnica feita por uma equipe responsável pelo controle de qualidade dos itens de equipamentos e dos procedimentos desenvolvidos.*

Os estudos de recorrência relacionados com falhas de equipamentos permitem estabelecer o número de ciclos operativos, a partir dos quais, num determinado item de equipamento deve ser substituído, de acordo com a programação de manutenção, mesmo que não apresente defeitos perceptíveis.

b) Segurança dos Terminais Aéreos

Em todos os terminais aéreos devem ser estabelecidos planos de segurança relacionados com as instalações e com as aeronaves e planos de contingência, para minimizar os danos provocados por desastres aéreos.

Os planos de contingência devem ser minuciosos e, além de prever medidas de controle de sinistros e de limitação de danos, também devem prever o atendimento pré-hospitalar e a evacuação para hospitais dotados de Unidades de Emergência, Unidades de Tratamento de Queimados e de Unidades de Atendimento de Politraumatizados de dimensões compatíveis com o número estimados de feridos estimados.

É necessário que as Brigadas Anti-Sinistro dos aeroportos sejam bem equipadas e adestradas e que exercícios simulados sejam programados, a intervalos regulares, com a finalidade de testar e aperfeiçoar o planejamento.

Em função dos riscos de aterrissagem, são definidos três níveis de emergência:

- *emergência branca, quando o trem de socorro toma posição nas proximidades da pista, mas, como as probabilidades de acidente são mínimas, não acompanha a aeronave durante o pouso.*
- *emergência amarela, quando o trem de socorro toma posição nas proximidades da pista e, como medida de segurança, acompanha a aeronave durante o pouso.*
- *emergência vermelha, quando o trem de socorro toma posição, acompanha a aeronave e intervém no acidente.*

O trem de socorro é constituído por um conjunto de viaturas especializadas, bem equipadas e tripuladas e organizado com o objetivo de combater o sinistro, minimizar danos, salvar as vítimas de desastre e atendê-las, em caráter emergencial.

Os planos de segurança das instalações e das aeronaves devem ser direcionados para impedir a entrada de produtos perigosos, armas, explosivos, cargas ilícitas e outros itens proibidos, os quais podem ser transportados por passageiros ou inseridos na carga por traficantes ou terroristas.

Para aumentar o nível de segurança, é necessário que:

- *todos os passageiros, antes de embarcarem, passem por pórticos detectores de metais e suas bagagens sejam inspecionadas por equipamentos de raios x, ao deslizarem por esteiras protegidas.*
- *a entrada de pessoal não autorizado nas áreas de serviço deve ser absolutamente vetada;*
- *a carga pesada deve ser conferida e submetida a rigorosas medidas de segurança.*

c) Importância dos Procedimentos de Segurança que antecedem a Decolagem

*Na iminência da decolagem, utiliza-se uma relação de verificação (*check-list*) com procedimentos padronizados que permitem conferir, nos painéis da aeronave, a presença ou ausência de sinais luminosos e auditivos, que funcionam como indicadores de determinados circuitos, relacionados com a segurança de vôo das aeronaves.*

Nesta oportunidade, é de grande importância que se teste o bom funcionamento dos equipamentos de telecomunicações.

De acordo com os regulamentos internacionais de segurança, após concluído o embarque e antes da decolagem, as tripulações devem informar todos os passageiros das aeronaves sobre:

- *os procedimentos de segurança;*
- *o uso de máscaras de oxigênio, em caso de despressurização da cabine;*
- *a localização das saídas de emergência e uso de equipamentos de salvamento e de flutuação;*
- *proibição do uso de aparelhos de telecomunicações e de outros aparelhos eletrônicos, que possam interferir nos circuitos eletrônicos das aeronaves;*
- *a obrigatoriedade de usar cintos de segurança durante as decolagens e aterrissagens e em trechos de vôos tumultuados;*
- *a proibição de uso de cigarros.*

Estas informações são transmitidas na língua do país e em inglês, sendo que nos vôos contratados estas informações também são repassadas na língua dos contratantes.

d) Seleção e Controle das Condições Físicas e Mentais das Tripulações

É indispensável que se estabeleçam rigorosos critérios de seleção biopsicológica das tripulações, permitindo uma adequada seleção física, psicotécnica e mental de todo o pessoal responsável pela operação das aeronaves.

É indispensável que estes critérios sejam seguidos e que sejam realizadas inspeções periódicas de todo o pessoal de vôo das companhias de transporte aéreo.

Os aspectos neurológicos relacionados com os limiares de senso-percepção, com a integração central e com a resposta eficaz dos órgãos efetores, são de capital importância nestas inspeções.

Também é importante que as tripulações sejam protegidas contra a fadiga e o estresse, com a finalidade de garantir uma resposta comportamental adequada, nos momentos de crise.

e) Importância do Adestramento das Tripulações

O adestramento das tripulações, tanto para as condições de voo normais, como para atuar em situações de emergência, é absolutamente indispensável, inclusive com o uso de equipamentos de simulação de voo.

As técnicas de treinamento em serviço são de uso constante, cabendo aos comandantes das aeronaves a condução destas atividades, durante os voos normais. Equipes de auditoria técnica são designadas para acompanhar as tripulações durante os voos e verificar o desempenho das mesmas, recomendando, quando for o caso, atividades de reciclagem de tripulantes.

f) Atividades de Investigação de Acidentes

Todos os acidentes aeronáuticos devem ser minuciosamente investigados, e os relatórios conclusivos, além de informar sobre as causas primárias e secundárias dos desastres, devem apresentar recomendações para que acidentes semelhantes sejam evitados no futuro. Estas atividades são de capital importância e obrigatoriamente devem apresentar relatório conclusivo relativo às circunstâncias dos acidentes e sobre as medidas minimizadoras que devem ser tomadas para reduzir a incidência dos mesmos.

g) Segurança Contra Ações Terroristas

Atos terroristas em aeroportos e em aviões, inclusive com desvios de rota e rapto de tripulantes, ocorreram com relativa frequência, em anos anteriores e podem voltar a ocorrer no futuro.

A coibição destes atos terroristas depende primordialmente de acordos internacionais, no sentido de restringir as áreas de homizio desses terroristas.

Evidentemente, forças especiais de pronta intervenção devem ser adestradas para atuar em situações de crise, com o máximo de eficiência possível, buscando dominar os grupos terroristas, com o mínimo de danos e prejuízos para os passageiros e tripulações seqüestradas.

Em 11 de setembro de 2001, grupos terroristas suicidas se apossaram de aviões recém-decolados e os utilizaram como artefatos incendiários contra edificações com grandes densidades de usuários, provocando imensos danos humanos, materiais e ambientais e prejuízos sociais e econômicos de muito grande porte. Estes atentados exigiram uma revisão dos procedimentos de segurança, com prioridade para os seguintes:

- *estanqueidade da cabine de comando, com o objetivo de evitar sua invasão por terroristas, durante o vôo;*
- *criação de grupos anti-terroristas para protegerem os aviões, durante o vôo;*
- *incremento das medidas de segurança relacionadas com o embarque de cargas e passageiros.*

h) Atividades de Busca e Salvamento

As atividades de busca e salvamento compreendem um conjunto de operações realizadas com a finalidade de:

- *encontrar pessoas em situação de risco e preservar vidas humanas;*
- *colocar pessoas a salvo, em locais seguros e adequados;*
- *prover atendimento pré-hospitalar – APH e evacuação médica para hospitais adequados, quando necessário.*

Em função dos prazos biológicos, é necessário que as condições gerais dos feridos sejam estabilizadas e que as mesmas sejam evacuadas no mais curto prazo possível, com o objetivo de chegarem às Unidades de Emergência em condições viáveis.

Evidentemente, um atendimento pré-hospitalar eficiente contribui para aumentar as condições de viabilidade dos pacientes evacuados.

A Força Aérea Brasileira organizou Unidades de Busca e Salvamento e equipes de pára-quedistas especializados em salvamento – PARASAR, com o objetivo de buscar aeronaves desaparecidas e salvar seus tripulantes e passageiros sobreviventes. Essas unidades são dotadas de aviões, equipamentos e tripulações adestradas com o objetivo de cumprir cabalmente suas missões.

A Marinha do Brasil pode apoiar as operações de busca e salvamento marítimas, com embarcações e aeronaves.

O Exército Brasileiro pode apoiar operações de busca e salvamento em áreas inacessíveis com unidades de pára-quedistas, de montanha e de guerra, na selva.

Evidentemente, os Bombeiros Militares podem cooperar nessas operações.

TÍTULO II

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE FERROVIÁRIO

CODAR - HT.TFR/CODAR - 21.202

1. Caracterização

Os desastres ferroviários podem envolver trens de passageiros, trens cargueiros e choque de trens com outros veículos.

Os desastres ferroviários com trens de passageiros, em casos de choque ou de tombamento de composições, costumam produzir muitas vítimas e caracterizam-se pelos elevados índices de mutilação e pelas imensas dificuldades de acesso aos feridos, no meio das ferragens.

Quando os desastres envolvem trens cargueiros, os danos materiais e prejuízos costumam ser importantes, em função:

- da perda de parte da carga;*
- da necessidade de reconstruir os vagões;*
- dos prejuízos relacionados com os lucros cessantes, enquanto a ferrovia não for recuperada.*

Os danos materiais e humanos são consequência do desprendimento de chapas de aço, que se deslocam com grande força viva, causada pela velocidade inercial, no momento do impacto, e pela considerável massa dessas chapas blindadas.

2. Causas

Os desastres ferroviários, normalmente, são provocados por:

- falhas mecânicas na composição ferroviária, com especial destaque para os sistemas de frenagem simultânea dos vagões;*
- descarrilamentos provocados por manutenção deficiente das ferrovias;*
- descarrilamentos e tombamentos provocados por velocidade excessiva, em trechos descendentes, muito sinuosos e cheios de curvas;*
- problemas relacionados com o controle do tráfego e com a sinalização das linhas;*

- falhas humanas relacionadas com imperícia, imprudência e/ou negligência dos operadores.
- falhas humanas relacionadas com a fadiga e o estresse;
- acidentes ocorridos em cancelas mal sinalizadas e bloqueadas, provocando o choque dos comboios com transportes rodoviários;
- queda de passageiros imprudentes e exibicionistas dos vagões, por teimarem em circular com portas semiabertas ou, pior ainda, no teto dos vagões;
- atropelamento de pedestres que se projetam nas linhas, por imprudência ou por buscarem formas espetaculares de autodestruição.

3. Ocorrência

Embora pouco freqüentes, os desastres ferroviários, envolvendo trens de passageiros e com grande número de vítimas, causam grandes repercussões, em virtude de produzirem um número elevado de mutilações graves, e da imensa dificuldade de acesso aos feridos no meio das ferragens.

No Brasil, os trens de passageiros costumam trafegar nas áreas suburbanas das grandes cidades, enquanto que o transporte de passageiros, a grandes distâncias, é cada vez mais raro.

Um acidente que vem crescendo de intensidade, nos últimos anos, nos trens suburbanos, é causado pela queda de passageiros que, por motivos exibicionistas, viajam fora dos trens, inclusive no teto dos mesmos.

Este padrão de conduta, totalmente inaceitável e injustificável, vem causando quase uma centena de acidentes fatais por ano. Os choques de trens, em cancelas, com transportes rodoviários, também são freqüentes.

Como os trens só conseguem parar a algumas centenas de metros após o acionamento dos freios, dificilmente os maquinistas têm condições de evitar esses desastres.

Também são freqüentes os casos de atropelamento, quando pessoas atravessam afoitamente os espaços reservados à circulação dos comboios ou quando suicidas se projetam nas linhas, no momento da passagem dos comboios.

4. Principais Efeitos Adversos

Os principais efeitos adversos dos acidentes ferroviários relacionam-se com fatores mecânicos.

As composições ferroviárias são extremamente pesadas e são tracionadas sobre trilhos, por locomotivas extremamente potentes. Em função

da inércia, estas composições ganham e perdem velocidade de forma lenta e gradual. Em consequência, o acionamento dos freios, na iminência de choques, custa a deter a composição.

No caso de choque, o movimento inercial dos vagões situados na retaguarda provoca grandes engavetamentos, com desprendimento e interpenetração de chapas metálicas.

Por tais motivos, nos grandes acidentes ferroviários, o número de pacientes mutilados é muito elevado, as hemorragias são graves e o acesso aos pacientes é muito dificultado, em meio às ferragens pesadas, que são de difícil mobilização.

Os quadros dolorosos são muito intensos e os quadros de choques hipovolêmicos são a regra.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Nas ferrovias de tráfego intenso, o controle deve ser monitorizado por computadores, e as manobras dos trens, inclusive por ocasião da mudança de troncos, da mesma forma que o sistema de sinalização, devem ser controlados pelos sistemas de computação.

O sistema de telecomunicações entre os controladores de trânsito e os maquinistas devem ser otimizados, com o objetivo de incrementar o fluxo de informações. Em casos de riscos iminentes de desastres, a instantaneidade das comunicações pode permitir que os comboios sejam detidos ou desviados, antes de atingirem as áreas de riscos.

No caso de grandes percursos com condições de tráfego menos intenso, o controle de tráfego pode ser menos automatizado e algumas manobras podem ser manuais.

6. Medidas Preventivas

A prevenção de acidentes ferroviários depende do planejamento minucioso e do gerenciamento constante de atividades relacionadas com:

- o desenvolvimento de rigoroso programa de manutenção das composições, com especial atenção para os sistemas de frenagem simultânea de todos os vagões, e para os dispositivos de segurança desses sistemas. É sabido que se a frenagem não ocorrer de forma simultânea e gradual em todos os vagões da composição, haverá riscos de engavetamento.*

- os dispositivos de fechamento das portas automáticas devem ser dotados de mecanismos de bloqueio, que impeçam o funcionamento dos motores de tração, se alguma porta não se fechar corretamente.
- a promoção de rigoroso programa de manutenção do leito ferroviário e dos dispositivos de sinalização e de controle do trânsito.
- a proteção dos troncos ferroviários de tráfego denso, com muros elevados e com passagens de nível a intervalos regulares, para facilitar o tráfego de veículos e de pedestres, sem intervir no leito ferroviário.
- a sinalização das estações ferroviárias, com uma faixa amarela, que só pode ser ultrapassada pelos usuários, após a parada completa da composição e a abertura das portas dos vagões.
- a padronização de procedimentos de segurança na operacionalização dos sistemas de controle do tráfego e de sinalização das linhas e na operação das composições ferroviárias.
- a promoção de programas de reciclagem e de treinamento continuado do pessoal ferroviário, em assuntos relacionados com normas e procedimentos de segurança.
- o desenvolvimento de programas de comunicação social, objetivando o disciplinamento dos usuários e a redução de comportamento de risco. Evidentemente, os programas de comunicação social são mais eficientes quando as composições são limpas, bem mantidas e trafegam nos horários estabelecidos.

Campanhas bem desenvolvidas, com o apoio da mídia, podem reduzir os riscos de atropelamentos de pedestres e de viaturas que atravessam os leitos ferroviários, sem as devidas precauções.

TÍTULO III

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE FLUVIAL

CODAR - HT.TFL/CODAR - 21.203

1. Caracterização

Desastres com embarcações ocorrem com relativa frequência nas grandes bacias fluviais brasileiras, especialmente na Bacia Amazônica, onde as embarcações de médio e de pequeno porte são os principais meios de transporte da população local.

No entanto, há uma crescente intensificação do tráfego em importantes hidrovias, como a do Paraná-Tietê, e, em consequência, a segurança da navegação fluvial precisa ser melhor estudada em todo o País.

Nos rios mais caudalosos e mais densamente navegados, os desastres ocorrem e as mortes por afogamento são bastante frequentes. Também são frequentes os traumatismos causados em consequência do pânico e as perdas de bens materiais.

Nas áreas mais remotas do Brasil, concorrem para o agravamento destes desastres os seguintes fatores:

- *superlotação das embarcações;*
- *deficiência de equipamentos de salvamento, como bóias, coletes salva-vidas, balsas, escaleres e outros equipamentos flutuantes, utilizados no salvamento de náufragos;*
- *o despreparo das tripulações para atuar em situações de emergência;*
- *a desinformação dos passageiros sobre os procedimentos de segurança, relacionados com o salvamento de náufragos.*

2. Causas

Os desastres com meios de transporte fluvial podem ser provocados ou agravados, em consequência dos seguintes fatores:

- *defeitos estruturais das embarcações;*
- *problemas de manutenção nos motores de propulsão e nos sistemas de navegação das embarcações;*
- *pouca eficiência dos sistemas de bombeamento de água, por mau dimensionamento ou por problemas de manutenção;*

- *colisão com outras embarcações ou com grandes troncos de árvores e escolhos flutuantes;*
- *colisão com pilares de pontes ou com ombreiras de eclusas, especialmente nas hidrovias estruturadas em rios de planalto;*
- *cargas mal arranjadas ou mal fixadas, que podem deslizar e alterar o centro de gravidade das embarcações;*
- *insuficiente adestramento das tripulações em técnicas de controle de danos e de limitação de avarias e de salvamento de pessoas, na iminência de naufrágio;*
- *falhas humanas em conseqüência de imperícia, imprudência ou negligência, ou relacionadas com deficiência do treinamento relativo à garantia da segurança das embarcações;*
- *superlotação das embarcações, especialmente por ocasião das grandes festas regionais;*
- *desinformação dos passageiros sobre procedimentos de segurança e sobre os relacionados com o salvamento, na iminência de naufrágios;*
- *insuficiência de equipamentos de salvamento de náufragos, como bóias, coletes salva-vidas, balsas e escaleres.*

Cabe recordar que uma das mais importantes vulnerabilidades sociais da população brasileira é o baixíssimo senso de percepção de riscos e que, em conseqüência desta vulnerabilidade, ocorrem comportamentos irresponsáveis, que resultam na superlotação das embarcações e no despreparo das tripulações, para enfrentar, de forma otimizada, as situações de emergência.

3. Ocorrência

Desastres fluviais ocorrem com maior freqüência nas bacias fluviais da Região Norte, onde o tráfego de embarcações de médio e de pequeno porte é muito intenso e onde os meios de fiscalização das condições de segurança das embarcações são infra-dimensionados, quando se verifica a imensa extensão das bacias.

No entanto, desastres fluviais também ocorrem em bacias das demais regiões geográficas do Brasil e podem se intensificar, a partir do incremento das grandes hidrovias.

O despreparo das tripulações em atividades relacionadas com a segurança da navegação, com o controle de danos e limitação de avarias e com as atividades de salvamento, em circunstâncias de naufrágio, concorre para agravar esses problemas.

A irresponsabilidade dos comandantes de embarcações, ao permitirem

a superlotação das mesmas, tende a agravar os desastres, em função de uma insuficiência relativa dos meios de salvamento.

Por ocasião das cheias, especialmente na Região Norte, o maior volume de troncos e escolhos flutuantes e a aceleração do caudal concorrem para aumentar os riscos de colisões.

4. Principais Efeitos Adversos

Existem casos em que as pessoas permanecem presas nos compartimentos internos e afundam com as embarcações. Aquelas pessoas que não vestirem previamente os coletes salva-vidas ou não utilizarem outros equipamentos de flutuação têm suas chances de salvamento reduzidas.

Nos rios caudalosos, mesmo as pessoas que sabem nadar devem procurar evitar o pânico e se manter flutuando, não esgotar suas energias lutando contra a correnteza, mas procurar se aproximar gradualmente das margens, com o mínimo de dispêndio de energia. Não há pressa em sair da água.

Quando ocorrem explosões de pânico, desaparecem os comportamentos altruístas e predomina a fórmula: “salve-se quem puder”.

Nestas condições, os grupos mais vulneráveis, como as crianças, os idosos, as mulheres, os enfermos e os deficientes físicos têm suas chances de salvamento minimizadas e aumenta o número de pessoas feridas e estropiadas, em conseqüência do clima de irracionalismo que se instala na embarcação.

Evidentemente, além dos danos humanos, há que registrar os danos materiais e os prejuízos econômicos provocados pela perda de cargas e de embarcações.

Dentre os acidentes isolados, que ocorrem em embarcações de pequeno porte na Região Amazônica, há que registrar o escalpelo de mulheres e de meninas.

Estes acidentes costumam acontecer durante a noite, quando mulheres, com seus longos cabelos soltos, dormem em redes estendidas sobre os eixos dos motores. Nessas condições, os cabelos podem deslizar entre as frestas do tabuado e se enroscarem nesses eixos e, em conseqüência, essas pessoas acabam tendo o seu couro cabeludo arrancado pela tração dos eixos. Esses acidentes não são infreqüentes na Região Amazônica e, todos os anos, há casos de mulheres escalpeladas internadas nos hospitais de emergência das cidades de grande porte, como Belém e Manaus.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Na bacia Amazônica, somente os navios oceânicos e as embarcações de maior porte são dotados com radar e sonar, enquanto isso, a grande maioria das embarcações de pequeno porte não são equipadas sequer com rádios transmissores e, em conseqüência, não têm condições de lançar pedidos de socorro, em situações de desastre iminente.

Diferente das hidrovias da Região Sudeste, como a do Paraná-Tietê, os rios da bacia Amazônica carecem de meios de auxílio à navegação que, evidentemente, se diluem na imensidão daquela grande bacia.

Da mesma forma, os meios federais responsáveis pela segurança da navegação nas vias interiores são insuficientes, quando comparados com suas áreas de responsabilidade.

Nessas condições, os sistemas de monitorização e de controle da navegação fluvial, nas grandes bacias da Região Norte, são considerados precários.

6. Medidas Preventivas

Antes de tudo, é necessário que os órgãos governamentais responsáveis pela segurança do tráfego fluvial e pela fiscalização e licenciamento das embarcações sejam dotados de recursos institucionais, humanos, materiais e financeiros compatíveis com a importância de sua missão e com a imensa extensão das grandes bacias e sub-bacias fluviais deste País de dimensões continentais. Evidentemente, o incremento dos meios utilizados na fiscalização contribuirá para reduzir o descaminho e o tráfico de drogas, especialmente na vulnerável bacia Amazônica.

É imperativo que todas as embarcações transportadoras de cargas e de passageiros sejam obrigadas a segurarem seus equipamentos, suas cargas e seus passageiros e a cumprirem as exigências das companhias seguradoras.

É indispensável que todas as embarcações sejam dotadas de aparelhos de radiotransmissão e de meios auxiliares à navegação noturna, inclusive, recursos para iluminar o trecho a ser navegado durante a noite. É desejável que, na medida do possível, as embarcações sejam dotadas de aparelhos emissores de sinais que, ao serem captados por satélite, facilitem a localização das embarcações, através da utilização de técnicas de radiogoniometria.

É importante que as embarcações maiores sejam dotadas de aparelhos de computação, que trabalhem em rede com os centros de controle da segurança da navegação e que mantenham constantemente atualizados os manifestos de carga e de embarque e desembarque de passageiros.

É imperativo que as embarcações sejam dotadas de equipamentos de salvamento, em número compatível com os passageiros transportados e a tripulação.

É desejável que se promovam cursos objetivando o treinamento e a reciclagem das tripulações das embarcações sobre normas e procedimentos de segurança de controle de danos, combate a sinistros e redução de avarias e de salvamento.

É aconselhável que, à semelhança do que ocorre nos aviões, pessoal devidamente treinado informe aos passageiros sobre o uso de equipamentos de salvamento e faça demonstrações a respeito.

O número de inspeções inopinadas às embarcações em trânsito pelos órgãos responsáveis pela garantia da segurança à navegação deve ser substancialmente aumentado.

TÍTULO IV

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE MARÍTIMO

CODAR – HT.TMR/CODAR - 21.204

1. Caracterização

Desastres marítimos ocorrem com mais frequência com embarcações de médio e de pequeno porte, dedicados à navegação de cabotagem e à pesca, do que com grandes navios transatlânticos.

Com o incremento das trocas comerciais e o incremento do tráfego marítimo, os riscos de acidentes com embarcações intensificaram-se e, em consequência, os acordos internacionais de cooperação, com o objetivo de garantir a segurança da navegação, tornaram-se prioritários.

Como os desastres marítimos, além dos danos humanos graves, podem causar importantes danos materiais e ambientais e conseqüentes prejuízos econômicos e sociais. As grandes Companhias de Seguros e de Resseguros também são partes interessadas no incremento da segurança da navegação.

Como existem armadores gananciosos que, na ânsia de aumentar suas margens de lucro, mantêm navegando embarcações inseguras e mal mantidas e contratam, por preços aviltados, tripulações mal adestradas, é necessário que o esforço de fiscalização, por parte dos governos e das companhias de seguro, seja redobrado.

Os governos dos países soberanos têm competência para garantir a segurança da navegação em seus mares territoriais e, nestas condições, seus órgãos de segurança naval têm poder de polícia para proibir a navegação de embarcações inseguras, nas águas sob sua jurisdição.

2. Causas

Os desastres marítimos podem ser causados e agravados por:

- defeitos estruturais das embarcações que prejudiquem as condições de navegabilidade e que podem resultar de problemas relacionados com a construção ou decorrentes de reformas inadequadas;*
- vedação deficiente de janelas e de outras aberturas externas, que permitem a inundação de seus compartimentos interiores, em circunstâncias de mar encapelado;*
- compartimentação interna insuficiente e inadequada e com sistemas de vedação interna deficientes, dificultando a estanqueidade dos compartimentos e a limitação das áreas alagadas;*

- *sistemas de bombeamento de água mal dimensionados ou avariados, dificultando as operações de esgotamento de água necessárias à manutenção das condições de flutuação;*
- *falhas nos sistemas de radar, de sonar e de radiolocalização, reduzindo a segurança da navegação;*
- *ocorrência de vendavais intensos, maremotos e tsunamis, que concorrem para aumentar os riscos de afundamento das embarcações;*
- *colisão com outras embarcações, com icebergs, com rochas submersas e com outros escolhos;*
- *manutenção deficiente das embarcações, especialmente de seus motores de propulsão e da aparelhagem de navegação, que podem prejudicar a manobra das embarcações, em circunstâncias de emergência;*
- *superlotação, especialmente no caso das embarcações dedicadas à navegação de cabotagem, em países insulares pouco desenvolvidos;*
- *falhas humanas relacionadas com a fadiga e o estresse ou com imprudência, imperícia e/ou negligência das tripulações;*
- *tripulações e equipagens mal adestradas em técnicas de limitação de danos, controle de avarias, de combate a sinistros e de salvamento de náufragos;*
- *cargas mal dispostas e mal fixadas, que podem deslizar, em condições de mar agitado, alterando o centro de gravidade da embarcação e as condições de navegabilidade das mesmas;*
- *meios de salvamento de náufragos inadequados ou insuficientes para atender as necessidades dos passageiros e da tripulação.*

Em todos os casos, é bom ter sempre presente a responsabilidade dos armadores que, na ânsia de realizar lucros, fazem navegar embarcações inseguras, com tripulações mal adestradas e com manutenção deficiente. Evidentemente esses armadores são os principais responsáveis pela grande maioria dos desastres marítimos e causam prejuízos elevados às companhias seguradoras e ao comércio marítimo.

3. Ocorrência

Desastres marítimos ocorrem com mais frequência com embarcações de pequeno e de médio porte dedicadas à navegação de cabotagem, à pesca e ao transporte de turistas em trajetos curtos.

No que diz respeito à geografia, esses desastres ocorrem com maior frequência e intensidade nas águas interiores de países insulares, onde a navegação de cabotagem cresce de importância.

No Brasil, as embarcações de pesca são os mais vulneráveis aos desastres marítimos, com especial destaque para as frágeis jangadas presentes nas paisagens dos mares nordestinos.

Na época em que o tráfego de saveiros e de barças a vela era intenso nos mares nordestinos, os desastres com essas embarcações eram freqüentes. Com a construção das estradas litorâneas, o tráfego destas embarcações desapareceu e, em consequência, o registro destes desastres parou de ocorrer.

4. Principais Efeitos Adversos

Nas embarcações de grande porte, as equipagens responsáveis pelas atividades de limitação de danos, controle de avarias e combate aos sinistros são as mais vulneráveis às queimaduras e a outros traumatismos.

No entanto, muitos desastres são abortados pela atuação dessas equipagens. É bom recordar que estas atividades estão otimizadas nas belonaves e é importante caracterizar que muitas guerras marítimas foram decididas em função da atuação dessas equipagens.

Por ocasião dos naufrágios, além dos riscos imediatos causados pelos traumatismos e pelo afogamento, existem os riscos tardios, relacionados com a morte por fome e desidratação dos naufragos, quando suas embarcações de salvamento tardam a ser encontradas.

Nos mares de águas muito frias, a mortalidade das pessoas que entram em contato com a água gelada, sem estarem protegidas por roupas impermeáveis ao frio é muito elevada. Sem roupas impermeáveis, que conservam o calor corporal, os naufragos morrem em poucos minutos!

Pequenas embarcações de salvamento que não se afastaram suficientemente das grandes embarcações em processo de afundamento podem ser tragadas pelo torvelinho causado pelas mesmas.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Os grandes navios são dotados de sistemas de radiocomunicação e de radiolocalização, por intermédio de satélites artificiais, além de sistemas de radar e, em alguns casos, de sonar.

É desejável que as embarcações de médio e de pequeno porte também sejam dotadas de equipamentos de auxílio à navegação, com características semelhantes. Os Centros de Controle de Navegação têm condições de acompanhar a navegação das grandes embarcações e de trocar informações com as mesmas.

É desejável que as pequenas embarcações de salvamento, como os escaleres e as balsas sejam dotadas de aparelhos automáticos de radiosinalização, que emitam sinais dentro de uma freqüência pré-fixada, os

quais são captados por satélites artificiais, permitindo a localização dessas embarcações, por intermédio de técnicas de radiogoniometria.

Em função de acordos internacionais, qualquer embarcação que emita sinais de pedido de socorro (SOS) recebe imediata prioridade dos meios de busca e salvamento alertados e das demais embarcações que estejam navegando em suas proximidades.

A Força Aérea dispõe de unidades de busca e salvamento em áreas marítimas, com aeronaves de grande raio de ação e dotadas de sensores muito eficientes, que facilitam as atividades de busca de náufragos.

A Marinha Brasileira participa ativamente de ações de busca e salvamento em áreas jurisdicionadas pelo Governo Brasileiro e todos os seus navios adestram suas tripulações para participarem dessas operações, com elevado nível de eficiência.

As atividades de auxílio à navegação também são de responsabilidade da Marinha Brasileira, que gera informações sobre as condições do mar e do tempo nas águas jurisdicionadas e sobre o funcionamento de faróis, bóias sinalizadoras e outros meios de auxílio à navegação.

6. Medidas Preventivas

É necessário que os sistemas de controle e de garantia da segurança da navegação dos países com responsabilidades jurisdicionais sobre áreas marítimas sejam reforçados. Como o Brasil tem uma fronteira marítima muito ampla e as nações africanas que nos defrontam têm pouca capacidade marítima, nossas responsabilidades são maiores.

É desejável que o Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme seja incrementado e que se criem condições de se acompanhar a rota de todos os navios que trafegam no Atlântico Sul a oeste da Cordilheira Mesoceânica.

É necessário aumentar a fiscalização e o rigor, com o objetivo de coibir a atuação de armadores aventureiros, que teimam em manter navegando embarcações obsoletas, mal mantidas e tripuladas por marinheiros mal pagos e pouco competentes.

As inspeções programadas e inopinadas das embarcações devem ser extremamente rigorosas e os equipamentos de telecomunicações e de apoio à navegação devem ser fiscalizados prioritariamente, da mesma forma que os de segurança e de salvamento.

É desejável que os navios de passageiros tenham equipes de segurança que informem os passageiros sobre o uso dos equipamentos de salvamento e façam demonstrações sobre o uso dos mesmos.

Nos mares frios, deve haver disponibilidade de roupas impermeáveis, preservadoras de calor, que devem ser vestidas em situações de naufrágio iminente.

Todas as embarcações de salvamento, como balsas e escaleres, devem ser providas de reserva de água e de rações de emergência e dispor de equipamentos de pesca, destiladores de água do mar e de material de primeiros socorros.

É imperativo que as embarcações de salvamento sejam equipadas com aparelhos emissores de sinais, com o objetivo de facilitar a localização dos mesmos, por intermédio de satélites artificiais, utilizando técnicas de radiogoniometria.

TÍTULO V

DESASTRES RELACIONADOS COM MEIOS DE TRANSPORTE RODOVIÁRIO

CODAR – HT.TRV - 21.205

1. Caracterização

Os desastres com meios de transporte rodoviário, incluindo o atropelamento nas estradas, são muito mais freqüentes e produzem índices de mortalidade, morbidade e invalidez muitas vezes superiores às somas dos desastres relacionados com todos os demais meios de transporte. Comparados com os desastres de trânsito, que ocorrem no interior das cidades, os desastres rodoviários costumam ser mais letais e mutilantes, em função da maior velocidade desenvolvida pelos veículos no momento do acidente. No Brasil, os acidentes de trânsito e os desastres rodoviários são a quinta causa de morte, de acordo com as estatísticas de causas de óbito. Sem nenhuma dúvida, esses dados caracterizam a imensa importância do problema.

2. Causas

Os desastres rodoviários relacionam-se com as seguintes causas gerais:

- falhas e erros humanos;*
- falhas nos veículos e problemas de manutenção;*
- problemas relacionados com as condições das vias de transporte;*
- problemas relacionados com as condições atmosféricas e com a redução da visibilidade.*

Na grande maioria das vezes, os desastres rodoviários são causados por falhas humanas, como:

- alterações neurológicas e psíquicas, relacionadas com a senso-percepção, com os mecanismos de integração cortical e com a resposta motora adequada dos órgãos efetores, provocadas pela ingestão de bebidas alcoólicas e de drogas;*
- a ingestão de bebidas alcoólicas e de drogas também pode ser causa de condutas agressivas e de atitudes temerárias por parte dos motoristas;*
- o uso de medicamentos estimulantes, para combater o sono e reduzir a sensação de fadiga também altera a senso-percepção e os reflexos condicionados em situações de emergência;*

- *fadiga e estresse do motorista, muitas vezes provocadas por sobrecarga de trabalho e o esgotamento físico dos mesmos que, algumas vezes, adormecem na direção;*

Condutas relacionadas com a imperícia, imprudência, negligência e desatenção dos motoristas como:

- *a não utilização de cintos de segurança que é obrigatório para o motorista e para todos os passageiros;*
- *o transporte de crianças pequenas nos bancos dianteiros;*
- *a direção em velocidade excessiva;*
- *a ultrapassagem de outros veículos em locais inadequados ou sob condições de baixa visibilidade;*
- *o exibicionismo e imprudência de motoristas mais jovens, que teimam em participar de “pegas” com “cavalos de pau”, em rodovias e logradouros públicos;*
- *a desatenção dos pedestres que, imprudentemente, atravessam vias de tráfego rápido e intenso sem calcular a velocidade de aproximação dos veículos;*
- *a imprudência de dirigir, quando as condições meteorológicas são muito adversas e a visibilidade é quase nula.*

A seleção física inadequada e o treinamento pouco aprofundado dos futuros motoristas concorrem para o incremento das falhas humanas. Os desastres rodoviários também podem ser causados por falhas nos veículos, relacionadas com manutenção deficiente das viaturas, como:

- *defeitos nos amortecedores e nos sistemas de frenagem;*
- *pneus em mau estado, com pouca aderência ao solo ou com lonas muito gastas, aumentando o risco de estourarem subitamente;*
- *mau funcionamento dos faróis, das luzes de freios e dos sistemas de sinalização;*
- *falhas mecânicas menos freqüentes, como fratura da barra de direção ou de ponteiras dos eixos das rodas;*

No caso dos caminhões, o excesso, a má distribuição e má fixação das cargas podem facilitar o tombamento dos mesmos, ao realizarem curvas muito fechadas.

Os extintores de incêndio, da mesma forma que os espelhos retrovisores e os triângulos de sinalização, são equipamentos indispensáveis e a ausência dos mesmos pode ser causa de desastre ou de agravamento de sinistros.

As condições das vias de transporte também podem ser causas de desastres rodoviários, cumprindo destacar os seguintes problemas:

- curvas mal compensadas e sinalizadas concorrem para aumentar a velocidade tangencial dos veículos, podendo tombá-los, retirá-los da estrada ou provocar desastres com outros veículos que trafegam em direção oposta;*
- descidas muito íngremes, contínuas, sinuosas e mal sinalizadas, costumam dificultar as condições de direção de caminhões pesados;*
- vias escorregadias facilitam as derrapagens, especialmente nos dias chuvosos;*
- ausência de acostamento dificultando o estacionamento de viaturas fora do leito das estradas;*
- estradas esburacadas, especialmente quando os buracos não são sinalizados e aparecem de forma súbita, podem provocar problemas nos amortecedores.*

No Brasil, muitas vezes, chuvas intensas e concentradas podem provocar grandes alterações no leito das estradas, relacionadas com o deslizamento de solos inconsistentes e o rolamento de rochas e de matacões que obstruem os leitos das estradas ou com enxurradas que podem provocar o arrombamento de aterros e a queda de pontes e pontilhões.

Quando eixos rodoviários, com elevada densidade de trânsito, atravessam cidades e localidades, o número de acidentes com veículos e de atropelamentos tende a aumentar. Nesses casos, quando não for possível a construção de anéis rodoviários, é desejável que se construam passagens de nível e passarelas para pedestres e que se incremente a sinalização de redução da velocidade dos veículos.

As condições atmosféricas adversas e a redução das condições de visibilidade nas estradas também são causas de desastres rodoviários, cabendo destacar os seguintes riscos:

- nevoeiros intensos e incêndios nas beiras de estradas, com grande produção de fumaça, reduzem as condições de visibilidade e podem ser causa de desastres;*
- chuvas intensas e concentradas, em áreas de solos íngremes e inconsistentes, podem provocar deslizamentos de encostas e rolamento de rochas e de matacões que obstruem e danificam os leitos das estradas;*
- enxurradas podem afetar trechos com crateras e destruir pontes e pontilhões, preparando armadilhas mortais para motoristas desavisados que trafegam em condições de alta velocidade;*

- são freqüentes os registros de enxurradas que arrastam veículos e os submergem em torrentes caudalosas.

3. Ocorrência

Os desastres rodoviários ocorrem com grande freqüência, tanto nos países desenvolvidos, como nos países em processo de desenvolvimento e tendem a aumentar, em conseqüência do incremento do número de veículos em circulação.

Evidentemente, o volume e a intensidade desses desastres são influenciados pelo:

- nível de responsabilidade e de disciplina dos motoristas e dos pedestres;
- grau de respeito às regras de trânsito;
- nível de eficiência dos órgãos fiscalizadores.

Em muitos países, a freqüência dos acidentes rodoviários é influenciada pela sazonalidade: Na Alemanha, os desastres nas auto-estradas, envolvendo grande número de veículos, aumentam durante o inverno, em função da intensificação dos nevoeiros e do incremento do trânsito de turistas provocado pela temporada de esportes de inverno. No Brasil, os desastres com caminhões aumentam nas épocas de safra de grãos, em função do incremento do tráfego desses veículos. Nas estradas que conduzem para as cidades praianas e estações balneárias, o número de acidentes cresce nos finais de semana.

4. Principais Efeitos Adversos

Os desastres rodoviários, somados aos acidentes de trânsito, constituem-se nas maiores causas de óbitos por traumatismos e são responsáveis pelo incremento das estatísticas de mortalidade e de morbidade em todos os países do mundo.

Como os traumatismos são a maior causa de mortalidade entre os cinco e os quarenta anos, conclui-se que os traumatismos concorrem para reduzir, em termos estatísticos, a expectativa de vida das populações.

Os desastres rodoviários ocorrem em níveis de velocidade mais elevados e, por este motivo, são mais letais do que os ocorridos no trânsito urbano.

Os desastres envolvendo motociclistas são mais letais e costumam provocar traumatismos extremamente graves, como os traumatismos cranioencefálicos – TCE e os traumatismos raquimedulares – TRM.

Os atropelamentos em estradas, provocados por veículos que trafegam em grande velocidade, apresentam elevados índices de mortalidade e são altamente traumatizantes.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Sistemas de radares motorizados ou estacionários e de máquinas fotográficas que disparam automaticamente, quando um determinado nível de velocidade é ultrapassado, funcionam como sistemas de monitorização e contribuem para reduzir a velocidade do trânsito e a incidência de desastres rodoviários e de acidentes de trânsito.

Os semáforos contribuem para disciplinar o trânsito e reduzem o número de acidentes nos cruzamentos.

Sistemas de telefones automáticos distribuídos ao longo das estradas permitem avisar sobre a ocorrência de acidentes e alertar as mudas de ambulância responsáveis pelo atendimento pré-hospitalar – APH. Está comprovado que serviços de assistência médica eficientes, em apoio a estradas de trânsito intensificado, contribuem para reduzir os índices de mortalidade.

Estradas bem sinalizadas reduzem a incidência de desastres ao prevenir os motoristas sobre alterações de traçado e ao antecipar atitudes comportamentais, reduzindo a possibilidade de que os mesmos sejam surpreendidos por ameaças.

Os riscos representados pelas quadrilhas de assaltantes estão sempre presentes nas estradas brasileiras. É desejável que as empresas transportadoras invistam em sistemas de telecomunicações, interligando seus caminhões com centrais de comunicações e com a polícia rodoviária, definindo horários de comunicação obrigatória. Equipamentos emissores de sinais captáveis por satélites artificiais facilitam o acompanhamento das viagens e a rápida localização de caminhões furtados.

Evidentemente, a presença da polícia rodoviária, ao longo das estradas, contribui para aumentar o nível de controle e para otimizar o funcionamento dos sistemas de monitorização, alerta e alarme.

6. Medidas Preventivas

Inicialmente, há que ressaltar o novo Código Brasileiro de Trânsito, como um importantíssimo instrumento de prevenção de desastres.

O código é atualizado e compatível com a realidade brasileira e se for aplicado, de forma firme e adequada, contribuirá para reduzir os desastres e, em conseqüência, a mortalidade nas ruas e estradas.

Quando a vida humana está em risco, não há lugar para bom-mocismos e para medidas demagógicas. Nenhuma autoridade responsável pode perdoar multas ou reduzir penalidades conseqüentes ao não cumprimento das regras de segurança estabelecidas no Código.

É importante registrar que a vida e a incolumidade da população não têm preço e que as multas e penalidades estabelecidas no Código de Trânsito funcionam como mecanismos coercitivos e que o agravamento dessas penas vai permitir a redução do número de desastres e da gravidade dos traumatismos e redundará na preservação da vida e da incolumidade de seres humanos.

O Código é bom, e se aplicado, poupará vidas, competindo às autoridades aumentar a fiscalização e coagir todos os motoristas e pedestres a cumpri-lo.

As medidas educativas são de capital importância. Em todos os níveis de ensino, há que educar as pessoas para que valorizem a vida, como bem maior. A segurança do trânsito, os primeiros socorros e as medidas de prevenção de acidentes em geral devem ser ensinados em todos os níveis de ensino, a partir do pré-escolar.

Nas auto-escolas, a segurança de trânsito deve ser ressaltada com elevado grau de prioridade, da mesma forma que as noções de primeiros socorros. A realização de cursos de primeiros socorros permite atingir dois objetivos fundamentais:

- *aumentar a probabilidade de sobrevivência das vítimas de acidentes de trânsito e de qualquer outro tipo de acidente;*
- *despertar as pessoas para a importância da vida humana e para a necessidade de valorizá-la.*

As seguintes medidas gerais são de grande importância para reduzir a incidência e a gravidade dos desastres rodoviários e dos acidentes de trânsito:

- *educação de trânsito para pedestres e motoristas, que deve ser iniciada nas escolas maternas, aprofundada em todos os níveis de ensino e reforçada nas auto-escolas;*
- *intensificação das medidas policiais coercitivas e educativas, com o objetivo de coagir a população a cumprir a legislação de segurança estabelecida no código de trânsito e, em conseqüência, aumentar a expectativa de vida da sociedade;*
- *intensificação e divulgação de pesquisas relacionadas com o incremento da segurança de trânsito, com o objetivo de aperfeiçoar procedimentos, equipamentos e dispositivos nesta área;*

- *obrigatoriedade do uso de cintos de segurança (de três pontas), inclusive em ônibus e outros veículos de transporte coletivo. Cintos de segurança e bolsas de ar de enchimento automático salvam vidas e contribuem para reduzir a gravidade dos traumatismos;*
- *proibição absoluta a motoristas para não dirigirem embriagados e/ou drogados. É evidente que, neste caso, as medidas policiais coercitivas são plenamente justificáveis, para obrigar o cumprimento da lei;*
- *coibição da direção perigosa, como velocidade excessiva, direção na contramão ou no acostamento, ultrapassagem de cruzamentos com semáforos fechados e outras atitudes que contribuem para a redução da segurança do trânsito;*
- *controle das condições de dirigibilidade dos veículos e do uso obrigatório de equipamentos de segurança, como freios, amortecedores, rodas e pneus, faróis, luzes de freio, luzes de sinalização, espelhos retrovisores, extintores de incêndio e triângulos de sinalização, além da verificação das carteiras de motorista, dos documentos de propriedade dos veículos e dos números de identificação dos veículos;*
- *construção de rodovias seguras, com passarelas de pedestres, passagens de nível, muito boas condições de sinalização, indicações sobre os níveis máximos de velocidade permitida, curvas bem compensadas e com nítida compartimentação separadora de vias de transporte de velocidades reduzidas; implantação de semáforos e de faixas para a travessia de pedestres em áreas de entroncamento;*
- *definição de vias de velocidade reduzida em áreas residenciais e nas proximidades de escolas, as quais devem ser policiadas sempre que possível;*
- *manutenção permanente das rodovias e constante preocupação com as condições de trafegabilidade das mesmas.*

É muito importante que se discuta a urbanidade no trânsito, a importância das condutas altruístas, o direito à vida e à incolumidade, os problemas de senso-percepção e as dificuldades de desencadear respostas efêoras eficientes, quando se dirigem veículos em grande velocidade. Neste ponto, é importante ressaltar a seleção médico-psicológica dos motoristas, como de alta prioridade.

No que diz respeito à redução de desastres envolvendo crianças, há que destacar os seguintes preceitos:

- *somente depois de completar 10 anos é que as crianças podem trafegar nos bancos dianteiros, com cinto de segurança de três pontas;*

- *bebês com até 6 meses de idade devem trafegar em berços especiais, com contedores ajustados e muito bem fixados no banco traseiro;*
- *crianças com mais de 6 meses e com menos de quatro anos devem viajar muito bem contidas em cadeiras especiais, muito bem fixadas nos bancos traseiros;*
- *a partir dos quatro anos as crianças podem sentar no banco traseiro e utilizar cinto de segurança de três pontas, podendo sentar num almofadão para que a alça superior do cinto passe por seu peito e não por seu pescoço;*
- *caso não se disponha de berço ou cadeira, crianças pequenas podem trafegar no colo de pessoas adultas, que, obrigatoriamente, devem utilizar cinto de segurança e sentar-se no banco traseiro. Nesses casos, os veículos devem trafegar em baixa velocidade;*
- *quando se transportam crianças, as portas dos compartimentos traseiros devem ser trancadas e os vidros suspensos. Qualquer pessoa que trafegue com o braço ou parte do corpo para fora da janela está se expondo a riscos desnecessários;*
- *é criminoso dirigir com criança no colo. Nessas condições, em caso de acidente, a criança será esmagada contra a direção, pelo peso do motorista, mesmo que o veículo esteja se deslocando em baixa velocidade;*
- *compartimentos de carga de caminhões e de caminhonetes são vetados para o transporte de passageiros e, com muito mais razão para crianças, mesmo que o veículo esteja trafegando com pouca velocidade, em estradas vicinais.*

Numerosas crianças são atropeladas anualmente por veículos automotores e os casos de crianças dirigindo bicicletas não são infreqüentes. Os motoristas devem entender que o senso de percepção de risco das crianças é reduzido e que estas têm um menor nível de atenção que os adultos. Por tais motivos, a velocidade de direção em áreas residenciais e nas proximidades de colégios deve ser reduzida e as vias de bicicletas devem ser separadas das ruas e protegidas por barreiras protetoras. As crianças devem ser condicionadas, desde as creches e escolas maternas, para:

- *só saírem de suas casas e colégios quando acompanhadas por adultos de seu ciclo familiar;*
- *só atravessarem ruas nas faixas de segurança, no semáforo e depois de se certificar de que todos os veículos pararam;*
- *utilizarem passarelas e passagens subterrâneas para atravessar vias de tráfego intenso;*
- *só andarem de bicicleta em parques e vias de trânsito de bicicletas, devidamente protegidas e com capacetes de segurança;*

- *sempre que estiverem nas calçadas, procurar colocar entre elas e o sentido do trânsito um obstáculo de porte, como um poste ou uma árvore bem enraizada.*

As diretoras de escola devem solicitar para a frente de seus estabelecimentos de ensino:

- *a construção de obstáculos que obrigam a redução da velocidade dos veículos;*
- *a instalação de placas de advertência, semáforos e faixas de segurança;*
- *o destacamento de guardas de trânsito nos horários de entrada e de saída das aulas.*

CAPÍTULO III

DESASTRES RELACIONADOS COM A CONSTRUÇÃO CIVIL

CODAR-HT.C/CODAR - 21.3.

1. Citação Bíblica

Evangelho de Lucas 6.47-49

Todo aquele que vem a mim, ouve as minhas palavras e as pratica, eu mostrarei a quem é semelhante. É semelhante a um homem que, edificando sua casa, cavou, abriu profunda vala e lançou os alicerces sobre a rocha e, vindo a enchente, arrojou-se o rio contra ela e não a pôde abalar, por ter sido bem construída. Mas o que ouve e não pratica é semelhante a um homem que edificou sua casa sobre a terra, sem alicerces e, arrojando-se o rio contra ela, foi grande a ruína daquela casa.

É simplesmente surpreendente a atualidade desta parábola de Jesus, após dois milênios de enunciada. É uma pena que, tanto os ensinamentos morais, como o exemplo prático desta parábola não tenham sido entendidos e assimilados pela humanidade, após tanto tempo. Mais importante do que ouvir e acreditar é ouvir e praticar. Toda a obra humana, para ser duradoura e resistir aos eventos adversos, terá que ser elevada sobre bases sólidas.

2. Generalidades

Os desastres relacionados com a construção civil podem ocorrer:

- *durante a construção das edificações*
- *após a conclusão das mesmas*

Durante a construção, os desastres podem ser reduzidos pelo estrito cumprimento das normas e procedimentos de segurança.

Após a construção, os desastres podem ser reduzidos em função de uma planejamento construtivo adequado, de um rigoroso gerenciamento e da adequada operacionalização das obras, de acordo com as especificações de segurança.

A adequada especificação dos materiais e dos equipamentos utilizados na construção é de capital importância. É indispensável que se tenha sempre

presente que o uso de insumos e equipamentos diferentes dos especificados pode ser mais barato, mas pode resultar numa redução da segurança das edificações e das obras-de-arte.

Uma etapa extremamente importante, na fase de planejamento das edificações, é a previsão de vias de acesso e de fuga, devidamente protegidas, as quais devem ser desenvolvidas com o objetivo de facilitar a evacuação e o carregamento dos meios de combate aos sinistros nas fases iniciais dos desastres.

Além da preocupação com a segurança das fundações e das estruturas, deve-se planejar as edificações, buscando garantir o máximo de distanciamento dos focos de riscos e de estanqueidade, com o objetivo de se evitar a generalização dos desastres.

3. Classificação

Os desastres relacionados com a construção civil obedecem à seguinte classificação geral:

- Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Habitações - **CODAR-HT.CDH/21.301**.
- Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Obras-de-Arte ou de Edificações por Problemas Relativos ao Solo e às Fundações – **CODAR-HT.CPS/21.302**.
- Desastres Relacionados com a Danificação ou a Destruição de Obras de Arte ou de Edificações por Problemas de Estruturas – **CODAR-HT.CPE/21.303**.
- Desastres relacionados com o rompimento de barragens e riscos de inundações a jusante – **CODAR –HT.CRB/21.304**.
- Desastres e/ou Acidentes de Trabalho Ocorridos Durante a Construção – **CODAR-HT.CAC/21.305**.
- Desastres Relacionados com as Atividades de Mineração – **CODAR-HT.CAM/21.306**.

TÍTULO I

DESASTRES RELACIONADOS COM A DANIFICAÇÃO OU A DESTRUIÇÃO DE HABITAÇÕES

CODAR HT.CDH/CODAR - 21.301

1. Caracterização

A danificação e a destruição de residências são a conseqüência natural da construção de unidades residenciais em áreas inseguras e em desacordo com as normas de segurança construtiva.

Está concorrendo para o agravamento do problema a intensa migração de populações rurais de baixa renda para as áreas urbanas, em busca de oportunidades de trabalho e de melhores condições de vida, relacionadas com o acesso aos serviços essenciais.

A crise econômica que se desenvolveu sobre o País, a partir do final da década de setenta, gerou reflexos altamente negativos sobre o processo de desenvolvimento econômico e social e sobre a segurança das comunidades aos efeitos dos desastres, ao:

- *deteriorar as condições de vida e o bem-estar social de importantes segmentos populacionais;*
- *intensificar as desigualdades e desequilíbrios sociais, inter-regionais e intra-regionais;*
- *incrementar os movimentos migratórios internos e o êxodo rural, provocando o crescimento desordenado das cidades;*
- *intensificar o desenvolvimento de cinturões e de bolsões de pobreza, no entorno das cidades de grande e de médio porte.*

O crescimento desordenado das cidades, a redução do estoque de terrenos em áreas seguras e a conseqüente valorização dos mesmos, associados a um relaxamento dos órgãos responsáveis pela segurança das construções, provocaram a favelização e o adensamento dos estratos populacionais mais vulneráveis, em áreas de riscos intensificados.

Na ânsia de construir um teto, muitas unidades residenciais foram construídas de forma insegura e se tornaram vulneráveis à danificação e à destruição, em conseqüência de eventos adversos, inclusive de pequenas magnitudes.

2. Causas

Além do problema de casas construídas em áreas de riscos intensificados e, em conseqüência, vulneráveis a desastres como escorregamentos de solo, rolamentos de rochas, enxurradas e inundações, existe o problema das casas mal construídas.

Levantamentos realizados pela Organização dos Estados Americanos – OEA – demonstraram que, nos centros urbanos da América Latina, para cada 200 unidades habitacionais inspecionadas:

- cinquenta e uma foram construídas por firmas especializadas em construção civil e, nestes casos, muito provavelmente foram edificadas de acordo com as posturas de segurança dos Códigos de Obras Municipais;*
- noventa e oito foram construídas a margem do mercado construtor e, nestes casos, é muito provável que as normas de segurança dos Códigos de Obras Municipais não tenham sido seguidas;*
- cinquenta e uma já tinham sido ampliadas e alteradas, sem o apoio de firmas especializadas e também sem considerar as normas de segurança estabelecidas.*

Verificou-se também que as unidades residenciais construídas e ampliadas pela indústria da construção civil, embora representassem apenas 25,5% do mercado construtivo, consumiram aproximadamente 92% dos recursos aplicados nas atividades construtivas residenciais, enquanto 74,5% das unidades habitacionais construídas ou ampliadas, a margem do mercado construtivo, consumiram somente 8% destes recursos.

Esses levantamentos permitem concluir que, aproximadamente 75% das habitações são construídas e ampliadas com apenas 8% dos recursos gastos no setor. Nestas condições, a conclusão óbvia é que as mesmas são planejadas e gerenciadas por leigos, utilizando mão-de-obra despreparada e material construtivo de baixa qualidade. Em conseqüência, a danificação e a destruição de habitações correspondem a um importante desastre no Continente Sul-Americano, Centro-Americano e no Caribe.

Problemas parecidos também ocorrem no Continente Asiático, Africano e em numerosas ilhas da Oceania.

Conclusivamente, a imensa maioria das casas danificadas ou destruídas foram mal construídas e, além disso, foram edificadas em áreas de riscos intensificados.

Nessas condições, eventos naturais de magnitudes relativamente pequenas podem desencadear desastres de grande intensidade, em função do elevado nível de vulnerabilidade das habitações.

3. Ocorrência

O problema ocorre com maior freqüência nos países pouco desenvolvidos e nos estratos populacionais marginalizados econômica e socialmente, nas sociedades mais desenvolvidas.

Evidentemente, estes desastres assumem características de desastres mistos e podem ser desencadeados por fenômenos naturais, como inundações, tempestades, escorregamentos de solos, desbarrancamentos e tombamentos ou rolamentos de rochas e de matacões.

4. Principais Efeitos Adversos

Além dos danos materiais e dos prejuízos econômicos causados pela danificação ou destruição das habitações e pela perda dos pertences, que não puderam ser retirados antes da ocorrência dos desastres, há que considerar os danos humanos, inclusive mortes, causados pelo tombamento das paredes.

No caso de desastres com características de desastres mistos e relacionados com escorregamentos de solos ou corridas de massa, as mortes provocadas por soterramento podem ser muito mais freqüentes.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A monitorização desses desastres depende da estruturação de um sistema de vigilância permanente das condições de segurança das habitações. É evidente que o funcionamento desse sistema depende, acima de tudo, de vontade política.

*Compete ao Sistema de Vigilância das Condições de Segurança das Habitações impedir a construção de edificações inseguras ou em desacordo com as normas estabelecidas no Código de Obras Municipal, em áreas definidas como *non aedificandí*, no Plano de Desenvolvimento Municipal.*

No caso de municípios que não conseguiram evitar a construção de habitações inseguras, em áreas de riscos intensificados de desastres naturais, há que incrementar as atividades de monitorização do tempo e do clima, com o objetivo de detectar situações de pré-impacto e desencadear as ações de redução do impacto dos desastres, com o máximo de antecipação possível.

Para tanto, é indispensável que as áreas de riscos intensificados sejam

mapeadas e que as construções, consideradas como vulneráveis, sejam objeto de inspeções técnicas freqüentes.

6. Medidas Preventivas

As medidas preventivas mais importantes são as que se relacionam com o planejamento urbano e dependem do mapeamento das áreas de riscos, que facilitam o microzoneamento urbano e a proibição de construção de habitações em áreas definidas como “non-aedificand”. Em muitos casos se justificam projetos de relocação de populações que construíram suas habitações em áreas de riscos intensificados.

O Código de Obras dos Municípios deve ser debatido e atualizado, com o apoio do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA, da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, das Associações Empresariais da Indústria de Construção que, neste caso específico, funcionam como órgãos de apoio do SINDEC e do Corpo de Bombeiros Militares e dos Engenheiros Responsáveis pela Fiscalização de Obras de Prefeitura e, acima de tudo, com o indispensável apoio da Classe Política. Este Código, após aprovado e transformado em Lei Municipal, deverá regulamentar a liberação das obras e as inspeções das mesmas, durante o processo construtivo e por ocasião da emissão do “habite-se”, com o objetivo de priorizar a segurança construtiva das mesmas.

O grande problema se centra na construção de habitações seguras destinadas às famílias de baixa renda. Inicialmente é necessário que se invista na pesquisa, com o objetivo de desenvolver tecnologias de baixo custo para a construção de habitações seguras e adaptadas, a disponibilidade local de material de construção e que sejam pouco vulneráveis aos desastres prevalentes nos cenários estudados.

O barateamento das construções pode ser conseguido pela utilização de regimes de mutirão na edificação das mesmas.

No planejamento do regime de mutirão, pode competir:

1) Ao Governo Local:

- *o provimento de terrenos em áreas seguras e acessíveis aos meios de transporte de massas, para servir às populações relocadas;*
- *o apoio ao trabalho construtivo, com equipes de engenheiros e arquitetos especializados na construção de habitações seguras e de baixo custo;*

- *o treinamento da mão-de-obra que se empenhará nos trabalhos construtivos;*
- *o gerenciamento das obras de infra-estrutura de saneamento básico, de transmissão de energia e dos eixos de transporte;*

2) Ao Governo Federal ou Estadual:

- *o financiamento das chamadas “bolsas de materiais de construção”;*
- *a supervisão do andamento das obras;*
- *a fiscalização dos processos de prestação de contas.*

3) As comunidades apoiadas:

- *adestrar-se em técnicas de construção;*
- *prover mão-de-obra disciplinada, que assumirá a responsabilidade de construir todas as casas, auxiliando na construção das casas dos vizinhos e participando da construção das obras de infra-estrutura.*

TÍTULO II

DESASTRES RELACIONADOS COM A DANIFICAÇÃO OU DESTRUIÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE OU DE EDIFICAÇÕES POR PROBLEMAS RELATIVOS AO SOLO E ÀS FUNDAÇÕES

CODAR – HT.CPS/CODAR - 21.302

1. Caracterização

Estes desastres acontecem quando se constroem grandes edificações e obras-de-arte, como corredores e terminais de transporte, pontes, viadutos e outras obras:

- *sobre solos inconsistentes, como estruturas falhadas (rift valleys), sedimentos inconsolidados de silte ou areia e solos plásticos, como os solos turfosos e outros;*
- *sem técnicas compatíveis relativas ao planejamento e à construção das fundações, que devem assentar-se sobre rocha sólida e consistente;*

No Brasil, estudos incompletos sobre a estrutura dos solos e das encostas permitem o assentamento de trechos de estradas importantes em áreas sujeitas a constantes deslizamentos, durante a temporada de chuvas concentradas.

Os desabamentos de obras-de-arte e de edificações por defeitos na implantação das fundações, além dos danos e prejuízos humanos, materiais e econômicos, repercutem desfavoravelmente e abalam o prestígio da classe. Por tais motivos, há um grande interesse do Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA – em estabelecer as causas dos desastres e salvaguardar o renome ético de uma classe de profissionais altamente respeitáveis.

2. Causas

Por trás de uma destruição de edificação ou de obra-de-arte, em conseqüência de problemas relativos ao solo e às fundações, existe sempre um erro humano. Dentre as principais causas gerais destes desastres, há que destacar:

- *estudos geológicos, geomorfológicos e geotécnicos insuficientes, durante a fase de planejamento das grandes edificações ou da definição do traçado dos corredores de transporte e de seus terminais, e que conduziram a uma má escolha das áreas destinadas à construção;*

- *erros de cálculo na especificação das fundações;*
- *planejamento e gerenciamento deficientes durante o assentamento das fundações que sustentarão as edificações e obras-de-arte construídas;*
- *má especificação dos insumos e materiais de construção a serem utilizados;*
- *utilização de insumos e de materiais de construção de forma diferente do especificado, durante o assentamento das fundações e das estruturas.*

Os cuidados com o assentamento das fundações devem ser redobrados, quando as obras forem edificadas em terrenos falhados e inconsistentes. Nesses casos, é indispensável que as fundações sejam assentadas sobre rochas sólidas. No Brasil, o clima úmido, com estações de chuvas concentradas, alternando com dias de insolação intensa, contribui para intensificar o intemperismo, para formar solos inconsistentes e para facilitar os deslizamentos de solos, em áreas de encostas íngremes.

3. Ocorrência

Os deslizamentos de encostas e a destruição de aterros e de cabeceiras de pontes ocorrem, com mais freqüência, nos períodos de chuvas concentradas.

O incremento desses desastres, durante a estação chuvosa, prejudica a circulação de bens e de pessoas e dificulta o carregamento dos meios necessários ao desenvolvimento das ações de resposta aos desastres.

Ao longo da história da engenharia do Brasil, existem registros de desabamentos de pontes, viadutos e de outras obras-de-arte e edificações, em consequência de erros de cálculo ou de deficiências no gerenciamento da implantação das fundações.

Embora ocorram raramente, esses desastres devem ser minuciosamente investigados e as causas reais dos mesmos devem ser amplamente divulgadas, cabendo aos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia – CREA – participar das investigações e, através de um comportamento imparcial dos Conselheiros, zelar pela preservação da ética e do bom nome da classe.

Maus profissionais devem ter seus registros cassados, para evitar que toda uma classe de profissionais de elevado nível de competência seja prejudicada pela generalização de pré-julgamentos errôneos.

4. Principais Efeitos Adversos

Estes desastres, além dos danos humanos e materiais que causam e dos prejuízos econômicos e sociais consequentes repercutem desfavoravelmente sobre a sociedade e prejudicam o prestígio da classe.

Todos sabem que a engenharia da construção brasileira é de elevada qualidade e compete aos CREA zelarem pela preservação deste prestígio, esclarecendo e divulgando as causas reais destes desastres e, quando for o caso, punindo os profissionais responsáveis pelos mesmos, por erro ou omissão. Toda a sociedade brasileira deve se empenhar para preservar o prestígio de nossa engenharia e reduzir a incidência destes desastres.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A monitorização dos riscos destes desastres depende de uma atitude de vigilância permanente, por parte dos órgãos responsáveis pela fiscalização das obras e pela concessão de alvarás que autorizam o funcionamento e a operacionalização das mesmas.

É indispensável que os cálculos e as especificações das obras sejam revistos, tanto no que diz respeito às fundações, como às estruturas e que as auditorias das obras, durante o desenvolvimento das mesmas, verifiquem se a construção está sendo conduzida, em conformidade com o especificado.

6. Medidas Preventivas

Inicialmente deve-se ressaltar a importância do estudo de disciplinas relacionadas com a geologia de engenharia, mecânica do solo e geotécnica nas Escolas de Engenharia das universidades brasileiras e do incentivo às pesquisas que podem ser desenvolvidas nestas importantes áreas do conhecimento. Na medida do possível, há que direcionar o estudo e as pesquisas para a realidade dos cenários brasileiros.

No caso específico da redução dos riscos de desabamentos, relacionados com problemas de solo, as medidas não-estruturais, como o microzoneamento e o uso adequado do espaço geográfico, são de capital importância. Em princípio, deve ser vetada a construção de obras de vulto em áreas de solos pouco consolidados e vulneráveis.

Os cuidados com as fundações das obras deve ser redobrado, e o Evangelho de Lucas (6, 47- 49) deve ser sempre mentalizado pelos engenheiros, pois continua cada vez mais atual.

No caso particular do planejamento dos corredores de transporte, os estudos do solo e geomorfológicos são de capital importância para orientar o planejamento dos traçados destas obras.

O incentivo à organização de Associações de Especialistas na área de geologia de engenharia deverá contribuir para ampliar a discussão e a divulgação de técnicas relacionadas com a prevenção destes desastres. Evidentemente, o apoio do Conselho Federal e dos Conselhos Regionais de Engenharia e Arquitetura é indispensável para que a redução dos desastres relacionados com a construção civil se torne mais efetiva.

TÍTULO III

DESASTRES RELACIONADOS COM A DANIFICAÇÃO OU A DESTRUIÇÃO DE OBRAS-DE-ARTE OU DE EDIFICAÇÕES POR PROBLEMAS DE ESTRUTURAS

CODAR – HT.CPE/CODAR - 21.303

1. Caracterização

Embora a maioria dos desabamentos por problemas de estruturas ocorram em habitações da população de baixa renda, há que recordar o recente desabamento ocorrido em 1988, num edifício de apartamentos, localizado em bairro nobre da zona sul do Rio de Janeiro, o qual provocou óbitos e grandes danos materiais para seus ocupantes. Também são registrados desastres por problemas estruturais em viadutos, pontes e outras obras-de-arte.

2. Causas

Normalmente, estes desastres ocorrem em obras de menor porte, mal fiscalizadas, construídas por pessoas pouco competentes e pouco idôneas e que não se preocupam com a segurança das edificações. Contribuem para aumentar a frequência destes desastres:

- *falhas humanas no planejamento, na realização de cálculos estruturais e no gerenciamento das obras;*
- *seleção deficiente da mão-de-obra, permitindo a contratação de mestres-de-obra e de artífices pouco qualificados;*
- *utilização de material de construção de qualidade inferior;*
- *falhas na fiscalização e no controle de qualidade das estruturas, durante a construção;*
- *economia injustificada de ferragem.*

A longo prazo, as chuvas ácidas, provocadas pela saturação das camadas atmosféricas, por vapores de ácidos carbônicos, sulfúrico e nítrico, podem contribuir para aumentar a agressão química sobre as estruturas das construções. Facilitam a oxidação da ferragem e a desestabilização das estruturas, os defeitos no enchimento das formas, ao permitirem o afloramento das ferragens, que não são protegidas por camadas de concreto de espessura compatível.

3. Ocorrência

A ocorrência destes desastres tende a aumentar nos municípios onde a estrutura de fiscalização de obras é deficiente. Nos períodos em que ocorrem

surtos de intensificação na construção de edificações, pode ocorrer sobrecarga de trabalho no órgão fiscalizador e prejudicar a fiscalização de um grande número de obras, que são desenvolvidas de forma simultânea. Apesar destes problemas, é obrigação do poder público, das firmas construtoras e dos Conselhos Regionais de Engenharia, Arquitetura e Agronomia - CREA se empenhar para que estes desastres sejam drasticamente reduzidos.

4. Principais Efeitos Adversos

Da mesma forma que nos desastres estudados anteriormente, os danos humanos e materiais e os prejuízos econômicos e sociais podem ser significativos, mas as repercussões desfavoráveis sobre o prestígio da classe dos engenheiros não devem ser minimizadas.

Daí a importância da atuação do CREA no esclarecimento e na divulgação das causas do desastre e, quando necessário, na punição exemplar dos culpados.

O Brasil se orgulha da competência de seus engenheiros e não aceita que pessoas relapsas contribuam para reduzir o prestígio merecido da classe.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Inicialmente, há que ressaltar a importância do estudo das disciplinas relacionadas com o desenvolvimento dos cálculos estruturais e com o gerenciamento das atividades de concretagem, nas escolas de engenharia das universidades brasileiras.

Os Códigos de Obras Municipais devem ser atualizados e adequados à realidade do cenário do município considerado e é indispensável que a administração municipal seja dotada de um órgão fiscalizador competente, idôneo e imune a pressões políticas e econômicas. A segurança das construções deve ser considerada com elevado grau de prioridade.

É necessário que haja muito boa articulação e coordenação entre o órgão fiscalizador, a Defesa Civil Municipal e o Corpo de Bombeiros Militares do Estado.

O alvará de licenciamento para a construção deverá ser liberado depois de um minucioso exame das plantas, do memorial descritivo do planejamento da construção e dos cálculos estruturais.

No caso de grandes obras, é desejável que uma firma responsável pela fiscalização e auditoria do andamento da obra seja contratada.

Nestes casos, a liberação do alvará de licenciamento da construção deve ser condicionada à contratação de uma empresa de seguros que se

responsabilize pela indenização de prejuízos provocados por desastres ocorridos durante a construção e por defeitos estruturais caracterizados após a conclusão da obra.

As seguradoras podem contratar firmas de auditoria, que se responsabilizem pela revisão do planejamento e dos cálculos estruturais e pela supervisão da obra, para se protegerem de riscos não corretamente dimensionados.

TÍTULO IV

DESASTRES RELACIONADOS COM O ROMPIMENTO DE BARRAGENS E RISCOS DE INUNDAÇÃO A JUSANTE

CODAR – HT.CRB/CODAR - 21.304

1. Caracterização

Inicialmente, há que ressaltar que não existe registro de rompimento de barragens de grande porte, destinadas à instalação de Usinas Hidroelétricas – UHE – ou construídas para fins de irrigação, nem no Brasil nem nos demais países de engenharia desenvolvida.

O sangramento desastroso do açude Orós, ocorrido há mais de 40 anos, só aconteceu porque a obra ainda não estava concluída e, nestes últimos quarenta anos, ocorreram duas muito mais intensas, com sangramentos muito mais violentos e o açude resistiu sem problemas maiores.

No entanto, o rompimento de pequenas barragens mal planejadas e mal construídas ocorre com relativa freqüência. Como durante as secas muitas barragens são construídas de afogadilho, apenas para justificar o pagamento da mão-de-obra durante a seca, freqüentemente estas obras mal planejadas e mal gerenciadas se desfazem com as primeiras chuvas.

Estes problemas concorrem para o descrédito dos programas de combate às secas e a opinião pública costuma se referir depreciativamente a estas obras, denominando-as de “barragens sorrisal”, que se desfazem, quando em contato com a água.

2. Causas

Normalmente, as causas destes acidentes decorrem de falhas humanas e relacionam-se com:

- *pouca solidez das obras;*
- *estanqueidade deficiente das barragens, que incrementam a percolação e os vazamentos subseqüentes;*
- *construção de aterros pouco compactados, que tendem a se desfazer com o enchimento da bacia de contenção;*
- *construção da barragem sobre terrenos pouco estáveis.*

3. Ocorrência

No Brasil, as grandes construtoras de barragens desenvolveram uma muito boa tecnologia de construção de obras seguras e concorrem, em pé de

igualdade, com as grandes empresas internacionais dedicadas à construção de barragens.

O mesmo não ocorre na construção de pequenas barragens arquitetadas de afogadilho, pela iniciativa privada ou por prefeituras municipais deficientes em tecnologias de construção de barragens.

No caso das grandes barragens, é normal que a entidade responsável pelo gerenciamento das obras, contrate grandes firmas de construção de reconhecida competência e idoneidade.

É comum que uma firma de engenharia seja contratada para detalhar o planejamento e a especificação da obra, outra para a execução e uma terceira para fiscalizar, controlar a quantidade da obra, medir as obras concluídas e autorizar o pagamento das empreiteiras e da firma encarregada pela construção.

Esta rotina de contratação de firmas distintas concorre para aumentar a segurança das obras de barragens.

4. Principais Efeitos Adversos

É evidente que o rompimento de pequenas barragens causa danos materiais e prejuízos econômicos. No entanto, o maior dano causado por estes acidentes relaciona-se com o descrédito das instituições responsáveis pelo combate às secas e estiagens.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

As grandes barragens são permanentemente monitorizadas e acompanhadas por equipes técnicas altamente competentes que se antecipam a quaisquer tendências de desvios dos parâmetros estabelecidos, como normais, e desencadeiam respostas dos órgãos efetores, para que o equilíbrio dinâmico do sistema não seja rompido.

A bacia hidrográfica de drenagem BHD é permanentemente monitorizada, permitindo o cálculo do nível de enchimento da bacia de contenção e a manobra do sistema de comportas que controle a atuação dos vertedouros e o funcionamento das turbinas.

Da mesma forma, a resistência do corpo da barragem é permanentemente monitorizada, permitindo uma antecipação sobre os efeitos dos mecanismos de tensão sobre as estruturas.

No entanto, nas barragens de pequeno porte, as atividades de monitorização são deficientes.

6. Medidas Preventivas

No caso das grandes barragens, o maior investimento das grandes firmas construtoras deve ser direcionado para a capacitação e a valorização de seus recursos humanos.

Os engenheiros “tocadores de obras” e que desenvolveram uma grande liderança sobre as equipes de trabalho, merecem ser tratados com todo o respeito, em função dos elevados níveis de competência que atingiram e são disputados pelos gerentes de obra.

É impressionante observar, num grande canteiro de obras, o funcionamento harmonioso das equipes de trabalho, que depende do carisma do engenheiro responsável, e do respeito que os engenheiros juniores, dos mestres-de-obras e os peões têm por sua competência e experiência.

O planejamento da obra é realizado com grande antecipação, a preocupação com a segurança e com o controle de qualidade deve ser permanente, o treinamento em serviço e a capacitação dos engenheiros, mestre-de-obras e artífices devem ser encaradas como uma rotina de trabalho.

Nestas condições, a responsabilidade maior do engenheiro-chefe do canteiro de obras é priorizar o apoio dos órgãos responsáveis pelo apoio logístico e administrativo ao engenheiro responsável pela condução das obras.

No caso das pequenas barragens, a sistemática, respeitadas as diferenças de escala, não é diferente.

Os detalhes relacionados com a construção de barragens, sangradouros, canais de adução e sistemas de drenagem foram muito bem apresentados e explicitados no Manual de Pequenos Açudes, editado pela SUDENE.

É desejável que esse manual seja distribuído às Secretarias de Obras de todos os municípios brasileiros, que assumam a responsabilidade de gerenciar ou fiscalizar a construção de pequenos açudes. Seria ideal que as unidades de Engenharia do Exército assumissem a responsabilidade, mediante convênios, de ministrar cursos de artífices e de mestre-de-obras especializados na construção de pequenas obras hídricas, utilizando o citado manual, como fonte de referência. No Nordeste Semi-Árido, caracterizado pela grande quantidade de rios intermitentes, é indispensável que o planejamento dos açudes seja integrado no nível das microbacias, sub-bacias e bacias fluviais, no âmbito de um Programa de Regularização Espacial dos Deflúvios das Bacias – PRED.

É importante que o dimensionamento das barragens e da capacidade dos reservatórios sejam compatibilizados com a capacidade de escoamento das bacias hidrográficas de drenagem – BHD.

Açudes subdimensionados não permitem o aproveitamento otimizado da água disponível e exigem a construção de sangradouros superdimensionados.

Ao contrário, açudes superdimensionados inundam grandes áreas e aumentam o nível de evaporação, exigem barragens maiores e mais caras e, por não sangrarem todos os anos, aumentam o nível de salinidade das águas armazenadas e prejudicam os aproveitamentos de jusante.

Para que a construção de barragens considere os aspectos fundamentais, relacionados com a solidez e a estanqueidade das obras, é necessário:

- construir as barragens em locais de geologia favorável, que facilitem a construção das fundações e o escoramento das ombreiras e dificultem a percolação e a infiltração das águas para o lençol freático subjacente;*
- ascender as barragens sobre solo estável, evitando a construção das mesmas sobre material fluente, como matéria orgânica e argila expansiva, ou sobre material de pouca coesão, como a areia;*
- definida a linha mestra da barragem, realizar a escavação das fundações até uma profundidade que permita a retirada de toda a matéria orgânica e de todo o material arenoso e inconsolidado;*
- escolher terra de granulometria compatível, que permita a intercalação de elementos finos e grosseiros e facilite a coesão e a impermeabilização do maciço compactado para a construção da barragem;*
- compactar a terra previamente umedecida, adequadamente, de forma que o volume inicial da terra depositada seja reduzido em 30% no aterro compactado. A terra, umedecida por caminhões-pipa, é compactada por rolos compressores;*
- o aterro deve ser construído com declividades adequadas, tanto para montante, como para jusante e com uma crista de 3 metros de largura;*
- o vertedouro deve ser bem dimensionado e, em princípio, deve ser construído numa das extremidades da barragem, para facilitar o sangramento do açude;*

TÍTULO V

DESASTRES E/OU ACIDENTES DE TRABALHO OCORRIDOS DURANTE A CONSTRUÇÃO

CODAR – HT.CAC/CODAR - 21.305

1. Caracterização

Os desastres e acidentes de trabalho ocorrem com muita frequência, durante a construção de obras, concorrendo para o agravamento das estatísticas de acidentes de trabalho.

No caso específico dos acidentes de trabalho, caracteriza-se em exemplo típico de um grande desastre por somação de efeitos parciais, quando se verifica o total de trabalhadores que se acidentam anualmente.

Por tais motivos, é imperativo que se direcionem esforços para reduzir a importância destes desastres nas estatísticas de morbidade e mortalidade.

2. Causas

As atividades relacionadas com a construção de obras de engenharia envolvem um grande número de ameaças potenciais de ocorrência de acidentes na fase construtiva.

Os seguintes fatores concorrem para aumentar a vulnerabilidade a estes desastres:

- O baixo nível de instrução da mão-de-obra, especialmente dos auxiliares e ajudantes, com baixo nível de especialização.*
- O baixo senso de percepção de riscos, que tende a crescer nos estratos populacionais menos desenvolvidos, cultural e socialmente.*
- O baixo nível de prioridade dado à engenharia de segurança, já que é indispensável que a mesma seja altamente operativa e tenha condições de educar a força-de-trabalho, sobre os procedimentos de segurança e sobre o uso obrigatório de equipamentos de segurança.*
- A pouca valorização da política de segurança, por parte da direção da firma construtora.*

Há que considerar também que:

- empregados analfabetos não têm condições de ler os informes sobre riscos e medidas de segurança, nos quadros de avisos;*

- *canteiros de obra desorganizados concorreu para aumentar os riscos de acidentes, em consequência da desarticulação e da descoordenação no desenvolvimento de atividades distintas;*

3. Ocorrência

Como já foi especificado, os acidentes de trabalho, durante a construção de obras de engenharia, concorrem para agravar as estatísticas gerais relativas ao acidentes de trabalho.

De um modo geral, a redução destes desastres e acidentes depende do estabelecimento de uma firme política de segurança e de valorização da força-de-trabalho, por parte das firmas construtoras.

É necessário que todos os dias, antes de se iniciar mais uma jornada de trabalho, todos os procedimentos de segurança sejam recapitulados, da mesma forma que a obrigatoriedade do uso dos equipamentos de segurança.

O alcoolismo, a sobrecarga de trabalho, a fadiga e o estresse devem ser evitados, a qualquer custo.

4. Principais Efeitos Adversos

Os principais efeitos adversos dos acidentes de trabalho, durante a construção, são os danos humanos, relacionados com os traumatismos, muitas vezes mortais ou incapacitantes.

É imperativo que ressalte que os recursos humanos são o patrimônio mais importante de uma empresa e de um país e, por este motivo, a força-de-trabalho deve ser muito valorizada.

Também é necessário ressaltar que os acidentes de trabalho repercutem muito desfavoravelmente sobre o moral dos trabalhadores, prejudicando as atividades produtivas.

Por outro lado, a perda de horas-homem trabalhando, decorrente de acidentes, representa prejuízos financeiros para as empresas, para as firmas de seguro e para o sistema previdenciário.

Também não pode ser esquecido que os acidentes de trabalho também são causas de danos materiais.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

O sistema de vigilância da segurança deve atuar, de forma contínua, na

observação das atividades construtivas, buscando captar quaisquer desvios dos procedimentos de segurança estabelecidos.

Qualquer evento programado, que possa repercutir na obra, provocando uma intensificação dos níveis de risco, deve ser planejado e monitorizado e os trabalhadores devem ser informados sobre os riscos advindos dos mesmos, e sobre as condutas que devem ser desenvolvidas, para minimizar os riscos.

Muitas vezes, a simulação do evento contribui para facilitar o adestramento das equipes e para que todos os procedimentos de segurança, relativos ao evento programado, sejam recordados e revisados.

6. Medidas Preventivas

Importância da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes - CIPA

É indispensável que as firmas construtoras organizem CIPA - Comissão Interna de Prevenção de Acidentes, nos canteiros de obra, e que as mesmas tenham condições de representar os interesses e a competência em atividades de segurança de empregados e de empregadores.

Os empregados devem ser representados nas CIPAs por líderes carismáticos que estejam realmente imbuídos da importância de sua missão.

A CIPA é a principal responsável pela implementação dos procedimentos de segurança e pela fiscalização do uso obrigatório dos equipamentos de segurança, como capacetes, cabos de segurança, mosquetões de alpinistas, redes de segurança e outros equipamentos individuais e coletivos, que se fizerem necessários.

Importância das Atividades de Apoio e de Promoção Social

Está demonstrado que trabalhadores bem alimentados, com uma primeira refeição forte em princípios nutritivos, são mais produtivos e menos vulneráveis a acidentes de serviço.

Por outro lado, trabalhadores alcoolizados ou drogados têm suas atividades sensoriais e coordenadoras afetadas e são muito vulneráveis aos acidentes. A caracterização do problema deve implicar perda do dia de trabalho, e a reincidência deve provocar a demissão dos mesmos por justa causa.

É importante caracterizar que esses trabalhadores inferiorizados neuropsicologicamente representam elevados riscos de acidentes para si

mesmos e para seus companheiros. Também está demonstrado que trabalhadores sobrecarregados de trabalho, estressados e fatigados são mais vulneráveis a acidentes.

A organização de cursos de alfabetização nos canteiros de obra permite melhorar o nível de educação dos trabalhadores, com relação aos riscos de desastres e à importância dos procedimentos de segurança e do uso obrigatório dos equipamentos de segurança.

É importante que todo o pessoal da construção civil, ao ser contratado para uma obra, seja reciclado sobre as normas de segurança vigente.

Importância do Fortalecimento do Espírito de Corpo

O esforço de transformar a força-de-trabalho numa grande família, onde todos se preocupem e se solidarizem com todos, é altamente compensador.

O lazer e as atividades esportivas, com participação da coletividade, contribuem para a geração de um clima de camaradagem e agregação e é bom que os dirigentes não se esqueçam de que o homem é um animal gregário.

Observou-se também que alguns minutos de ginástica, com uma forte carga de exercícios de extensão, contribui para reduzir o estresse, fortalecer o espírito de corpo e reduzir a vulnerabilidade aos acidentes.

TÍTULO VI

DESASTRES RELACIONADOS COM AS ATIVIDADES DE MINERAÇÃO

CODAR – HT.CAM/CODAR - 21.306

1. Caracterização

Os desastres humanos relacionados com as atividades de mineração podem ocorrer, tanto em minas subterrâneas como em minas a céu-aberto, e devem ser considerados como de grande importância. Em ambos os casos assumem grande importância:

- *os acidentes relacionados com explosões;*
- *as doenças profissionais com repercussão sobre o aparelho respiratório;*
- *o destino das escórias.*

No caso das minas subterrâneas, os desastres provocados pelo desabamento de galerias podem ocorrer de forma súbita e intempestiva e assumir as proporções de grandes catástrofes. No caso das minas a céu-aberto, tende a crescer o número de acidentes com danos individuais e assumem as características de desastres por somação de efeitos parciais, quando estudados estatisticamente.

2. Causas

De um modo geral, as causas primárias de desastres na área de mineração relacionam-se com falhas humanas nas atividades de planejamento, gerenciamento, operacionalização e monitorização dos processos de mineração e com o desrespeito às normas e procedimentos de segurança.

No que diz respeito a riscos de ocorrência de eventos adversos, há que considerar as seguintes diretrizes gerais:

- *a abertura de galerias, em terrenos pouco consolidados, aumenta a vulnerabilidade das mesmas aos desabamentos e exige um esforço redobrado nos sistemas de escoramento;*
- *galerias abertas nas proximidades de lençóis freáticos são mais vulneráveis às inundações causadas por percolação e exigem que os sistemas de bombeamento e esgotamento de água sejam reforçados;*
- *os riscos de escapamento de gases inflamáveis e explosivos exigem que o sistema de exaustão seja reforçado, da mesma forma que os*

sistemas que monitorizam e alertam sobre a ocorrência desses escapamentos;

- quanto mais profunda for a mina, maiores serão as necessidades de sistemas de bombeamento de ar refrigerado sobre pressão, para facilitar a sobrevivência dos mineradores e melhorar as condições de conforto respiratório;*
- o uso de máscaras filtrantes deve ser considerado obrigatório em instalações com elevados níveis de poeiras em suspensão;*
- em princípio, galerias mal iluminadas e mal sinalizadas aumentam o nível de vulnerabilidade aos desastres e acidentes;*

No caso particular das minas a céu-aberto, há que considerar, com prioridade, os eventos desencadeantes dos seguintes desastres e acidentes:

- escorregamentos de solo e tombamentos ou rolamentos de rochas e matacões, em áreas de encostas íngremes;*
- tombamento de máquinas pesadas, que se deslocam em arruamentos pouco consolidados, com graves riscos de traumatismos para as guarnições das mesmas e para as equipes de trabalhadores, que atuam em suas proximidades.*

Existem determinadas fases no processo de mineração, especialmente nas minas a céu-aberto, que precisam ser muito bem planejadas e gerenciadas em função do crescimento do nível de riscos. Enquadram-se nesta situação as explosões controladas, para facilitar a liberação do minério, com granulometrias pré-determinadas.

3. Ocorrência

Os acidentes relacionados com atividades de mineração são freqüentes e tendem a agravar-se nos países menos desenvolvidos e que utilizam técnicas pouco evoluídas de redução destes desastres.

De um modo geral, as grandes indústrias mineradoras apresentam melhores condições de garantir a redução dos riscos destes desastres, por considerarem importantes os investimentos relativos à segurança das atividades mineradoras.

No Brasil, os acidentes e desastres relacionados com as atividades de mineração são muito mais freqüentes nas áreas de garimpagem, em consequência do muito baixo nível de percepção de riscos e do elevado grau de indisciplina desses aventureiros. A experiência demonstra que, nas áreas de garimpo, o direito à vida e à incolumidade é encarado com baixa prioridade.

De um modo geral, a ocorrência de desastres é mais freqüente nas minas de carvão, em função dos riscos de liberação de gases explosivos.

No que diz respeito ao mau tratamento dos rejeitos da mineração, observa-se que, nos países que anteriormente estiveram sob regime comunista, os problemas de contaminação dos solos e dos mananciais de água são muito mais graves do que nos regimes democráticos pluripartidários e com imprensa livre.

4. Principais Efeitos Adversos

O volume de danos humanos, relacionados com traumatismos e quadros de anoxia, com números elevados de mineiros desaparecidos, mortos ou gravemente lesionados, costuma incrementar-se no caso de desastres de evolução aguda, como:

- desabamentos de galerias;*
- escorregamento ou fluidificação de solos;*
- escapamento de gases inflamáveis, seguidos de incêndios e explosões;*
- inundações de galerias;*
- mau funcionamento dos sistemas de exaustão de gases e de ventilação de ar refrigerado sob pressão.*

No entanto, os riscos de doenças profissionais resultantes da infiltração dos alvéolos pulmonares e dos bronquíolos terminais, por poeiras inaladas, não pode ser olvidado.

Estes estados mórbidos, definidos genericamente como pneumoconioses, evoluem para quadros de fibrose pulmonar, com intensa redução da capacidade respiratória. A doença evolui para um quadro de insuficiência respiratória, caracterizado pela cianose (coloração arroxeada da pele e das mucosas) que tende a agravar-se aos pequenos esforços. É importante caracterizar que esses pacientes são muito vulneráveis às infecções respiratórias, como a tuberculose.

As pneumoconioses são consideradas como doenças profissionais e, se não forem prevenidas e minimizadas, poderão provocar casos de invalidez permanente e de mortes precoces.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Nas minas com tecnologias de prevenção de acidentes avançados, as galerias são monitorizadas e é fácil prognosticar, com grande antecipação, acidentes ou desastres que possam ser causados por:

- *escapamento de gases tóxicos ou explosivos;*
- *defeito nos sistemas de ventilação de ar refrigerado, sob pressão;*
- *aumento de tensão sobre as estruturas de sustentação;*
- *indício de incêndios e escapamentos de fumaça.*

Por outro lado, qualquer atividade de mineração, que represente aumento de riscos de desastres, deve ser minuciosamente planejada e gerenciada. Nesses casos, deve haver ampla divulgação, relacionada com o próprio evento e com as medidas de segurança recomendadas e os mineradores devem evacuar as galerias onde os riscos são intensificados, as quais devem ser motorizadas com elevado nível de prioridade.

Em alguns casos, exercícios simulados podem ser desenvolvidos, com o objetivo de testar o gerenciamento do evento e das medidas de segurança recomendadas.

6. Medidas Preventivas

As empresas mineradoras de grande porte, além das Comissões Internas de Prevenção de Acidentes – CIPA, deve organizar e estruturar Brigadas Anti-sinistros, muito bem equipadas e adestradas e de dimensões compatíveis com o nível de riscos avaliados.

O adestramento das equipes de busca e salvamento, de resgate de feridos e de atendimento pré-hospitalar não deve ser descuidado, da mesma forma que o atendimento médico-cirúrgico de emergência.

Em princípio, todos os mineradores devem ser adestrados e reciclados a intervalos regulares em normas e procedimentos de segurança e em atividades de primeiros socorros e de transporte de feridos, em macas e em meios de fortuna.

O uso de equipamento de segurança, como capacetes, máscaras filtrantes e equipamentos individuais de iluminação são obrigatórios.

Da mesma forma, podem ser duplicadas as vias de acesso e de evacuação das galerias de trabalho, com o objetivo de se manter uma alternativa de fuga, em casos de desmoronamento.

A monitorização das galerias e o alarme antecipado de riscos de acidentes, todas as vezes que os parâmetros de normalidade forem ultrapassados, contribuem poderosamente para aumentar os níveis de segurança e para reduzir a intensidade dos desastres.

Os planos de contingência, para as diferentes hipóteses de desastres, devem ser elaborados e atualizados; as equipes da Brigada Anti-sinistro devem

ser treinadas e a execução de exercícios simulados deve ser vista como um meio eficiente de testar e aperfeiçoar o planejamento.

Nas minas a céu-aberto:

- os cortes das encostas devem ser bem planejados e executados, para que os deslizamentos sejam evitados;*
- as explosões programadas devem ser muito bem planejadas, gerenciadas e monitorizadas;*
- as máquinas pesadas, com centros de gravidade muito baixos, devem deslocar-se por vias de acesso seguras, para que os riscos de tombamento sejam evitados.*

7. Atividades de Medicina de Trabalho

Nas áreas de mineração, as atividades de medicina de trabalho são de grande importância e devem ser encaradas com grande prioridade.

Na seleção física dos mineiros, a fisiopatologia do seu aparelho respiratório deve ser encarada com grande prioridade, da mesma forma que nos exames periódicos.

Nas minas onde existem grandes quantidades de poeiras em suspensão, o uso de máscaras filtrantes é obrigatório e os sistemas de exaustão devem ser encarados com grande prioridade.

CAPÍTULO IV

DESASTRES DE NATUREZA TECNOLÓGICA RELACIONADOS COM INCÊNDIOS

CODAR – HT.I/CODAR - 21.4

1. Introdução ao Estudo do Tetraedro do Fogo

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

- **Combustíveis**

Os combustíveis são corpos, substâncias ou compostos, que podem ser sólidos, líquidos ou gasosos e que alimentam o processo de combustão, ao queimarem, em presença do oxigênio e de uma fonte de calor, desenvolvendo uma reação de oxidação em cadeia e de natureza exotérmica.

- **Comburente**

O elemento comburente é constituído pelo oxigênio que, ao se combinar com o combustível, na presença de uma fonte de calor, provoca uma reação química de oxidação de natureza exotérmica, que se caracteriza pela intensa liberação de energia calórica, que contribui para manter o processo combustivo.

- **Calor**

É necessário que exista uma fonte de calor ou de chama, para dar início ao processo de ignição. Após iniciada a combustão, a liberação de grande quantidade de energia térmica permite a gaseificação dos combustíveis sólidos e líquidos e a realimentação do processo combustivo, por intermédio da combinação dos combustíveis com o oxigênio comburente.

- **Reação Exotérmica em Cadeia**

A alimentação e a continuidade do processo combustivo é mantida a partir da conjugação dos fatores condicionantes, que permitem e facilitam o desenvolvimento da reação exotérmica em cadeia, por intermédio da combinação dos combustíveis com o oxigênio comburente, em presença de calor, a qual gera energia térmica, que mantém a combustão.

2. Conceituação

- **Fogo**

O fogo deve ser entendido como um processo químico de transformação dos materiais combustíveis e inflamáveis, em presença do oxigênio e dos demais fatores condicionantes, que caracterizam o tetraedro de fogo.

A combinação do oxigênio, com os compostos combustíveis gaseificados, dá origem a uma reação de oxidação exotérmica, que se caracteriza pela intensa produção de calor. Como já foi esclarecido, o calor gerado pela reação exotérmica em cadeia, alimenta o processo combustivo. Quando o combustível é sólido ou líquido, é necessário que o mesmo seja gaseificado pelo calor, para que seja possível a sua combinação com o oxigênio e a caracterização do processo combustivo.

- **Fogo Aberto**

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

- **Fogo Confinado**

É o fogo que queima num recinto fechado.

- **Combustão**

Estado de um corpo que queima, em presença do oxigênio, produzindo luz e calor, em conseqüência de uma reação química de oxidação, de natureza exotérmica, com produção de energia calórica e, na grande maioria das vezes, de chamas ou labaredas. A intensidade das chamas ou labaredas depende da quantidade de oxigênio disponível no ambiente onde ocorre a combustão. Nestas condições, as chamas ou labaredas são provocadas pela combinação dos gases incandescentes, com o oxigênio, gerando luz e calor.

- **Combustão Ativa**

É a combustão mais rápida e intensa, que ocorre em ambiente rico em oxigênio e que se caracteriza pela intensa produção de calor e de chamas ou labaredas. Em função da composição dos gases incandescentes, que, em última análise, depende dos elementos combustíveis, a tonalidade das chamas varia entre o amarelo, o laranja, o vermelho, o violeta e o verde.

- **Combustão Lenta**

É a combustão que se desenvolve em ambiente pobre em oxigênio. Nestes casos, a reação de oxidação ocorre de forma mais lenta e menos intensa, a liberação do calor é gradual e não há produção de chama ou labareda.

- **Incêndio**

É o fogo que escapou do controle do homem e assumiu as características de um sinistro ou desastre, causando grandes danos e prejuízos. Normalmente, os incêndios caracterizam-se pela combustão ativa e intensa e por provocarem sinistros de grandes proporções, em função da perda de controle sobre o fogo.

- **Conflagração**

Caracteriza os incêndios de grandes proporções, que se propagam em regime turbilhonar, com grande velocidade e intensidade. No caso de conflagração, o incêndio assume as características de fogo aberto, envolvendo em chamas, gases inflamados e fumaça as edificações ou instalações conflagradas e propagando-se para as edificações e instalações vizinhas, por intermédio das pontas de chamas.

- **Ponta de Chama**

Língua de fogo que se forma pelo contato de gases e vapores combustíveis, com o oxigênio, durante o processo de combustão. As pontas de chama conduzem o incêndio de um compartimento para outro, em função da velocidade expansional dos gases aquecidos. Em função da velocidade de propagação, as pontas de chamas podem ser causa de detonações ou de deflagrações.

- **Detonação**

Fenômeno que ocorre quando a velocidade da ponta de chama, que penetra no produto não reagido, caracterizando uma 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.

- **Deflagração**

Fenômeno que ocorre quando a velocidade da ponta de chama, que penetra no produto não reagido, caracterizando a frente de reação, se desloca

numa velocidade inferior a do som. A deflagração, por ocorrer de forma menos rápida que a detonação, provoca menores efeitos mecânicos e sonoros e maiores efeitos térmicos.

• Bola de Fogo

Fenômeno que ocorre durante um incêndio, quando um grande volume de gás ou vapor inflamável, anteriormente confinado e comprimido, escapa para a área em combustão. Nestas condições, devido a despressurização, forma-se um volume esférico de gás em expansão, cuja superfície externa queima, enquanto a massa gasosa se eleva, em consequência da redução da densidade, provocada pelo superaquecimento. Nestas condições, não corre onda de pressão e a nuvem em processo combustivo emite uma grande quantidade de energia térmica, sobre a área subjacente, enquanto se eleva na atmosfera.

• Inflamabilidade

A inflamabilidade é medida em função da facilidade com que um determinado material combustível se inflama e entra em processo de combustão, ao entrar em contato com chamas ou centelhas de diferentes origens, em presença do oxigênio comburente.

• Centelha

É uma partícula de natureza ígnea e luminosa que pode dar origem a um processo combustivo, ao se desprender:

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

Também chamada de chispa ou fagulha, a centelha desprende-se mais facilmente do choque entre materiais densos, especialmente quando um deles é áspero e o outro, um metal eletrizado.

No caso de um dielétrico, a centelha pode saltar entre os dois pólos do mesmo, a semelhança de um raio, produzindo luz, calor e ondas sonoras.

• Ponto de Fulgor

Também chamado de temperatura de fulgor, corresponde à temperatura, a partir da qual um corpo combustível começa a desprender gases combustíveis

que, em presença do oxigênio e de uma centelha ou outra fonte de calor, podem dar início ao processo combustivo.

Ponto de Inflamabilidade

Corresponde a uma temperatura superior ao ponto de fulgor, que, quando atingida por um determinado corpo combustível, em presença do oxigênio, dá início a um processo combustivo.

3. Classificação dos Incêndios em função dos Combustíveis

• Incêndio Classe “A”

Corresponde ao fogo em material sólido. Por serem porosos, os combustíveis sólidos queimam, tanto em superfície, como em profundidade. Os combustíveis sólidos mais comuns são constituídos por materiais celulósicos, como madeiras, móveis, divisórias de madeira compensada, papéis, panos, musgos, gravetos e folhas secas. É bom ter sempre presente que as madeiras resinosas queimam mais rapidamente.

• Incêndio Classe “B”

Corresponde ao fogo em material líquido ou gasoso. Os combustíveis líquidos queimam em superfície. Os combustíveis gasosos, em função da velocidade da ponta de chama, podem queimar em superfície ou em volume, produzindo, neste último caso, detonações ou deflagrações. Os combustíveis líquidos e gasosos mais comuns são o álcool etílico, o éter e os derivados de petróleo, como o propano, a nafta, a gasolina, o querosene, o óleo combustível e o Gás Liquefeito de Petróleo – GLP.

• Incêndio Classe “C”

Corresponde ao fogo em material elétrico ou energizado. A extinção do fogo em equipamentos elétricos ou energizados deve ser realizada com agentes não condutores de eletricidade, como o dióxido de carbono e o pó químico. Nestes casos, os extintores de espuma e de água e gás são absolutamente contra-indicados.

• Incêndio Classe “D”

Corresponde ao fogo produzido por material pirofosfórico, como os metais alcalinos e alcalinos terrosos, a exemplo do sódio, do potássio, do magnésio e

do zircônio, os quais se inflamam espontaneamente, em contato com o ar atmosférico. Nestes casos, a extinção do fogo será realizada mediante o uso de compostos específicos, como a areia, o sal gema ou halita e a limalha de ferro.

4. Classificação dos Materiais Inflamáveis, em Função do Ponto de Fulgor

Em função do ponto de fulgor, os materiais inflamáveis são classificados nas seguintes classes:

- **Classe 1**, com ponto de fulgor abaixo de 4°C, como a nafta, a gasolina, o éter, a acetona e a benzedrina;
- **Classe 2**, com ponto de fulgor acima de 4°C e abaixo de 21°C, como o álcool etílico, o formol e o acetato de amilo;
- **Classe 3**, com ponto de fulgor acima de 21°C e abaixo de 93°C, como querosene, a terebentina e o álcool metílico.

5. Classificação dos Materiais Combustíveis, de Acordo com a Norma Alemã DIN-4.102

De acordo com a Norma Alemã DIN-4.102, os materiais combustíveis são classificados nas seguintes categorias:

B¹ – Material dificilmente combustível, como a lã pura, filmes cinematográficos e outros materiais tratados com substância retardante do fogo. Esses materiais só queimam em presença de fonte externa de calor e se apagam quando a fonte de calor é afastada.

B² - Material normalmente combustível, como a madeira com mais de dois milímetros de espessura e o carvão, que necessitam de fonte externa de calor para iniciar a combustão, mas continuam queimando sozinhos, após a retirada da fonte externa de calor.

B³ - Material facilmente combustível, como a madeira com menos de dois milímetros de espessura, o papel, o papelão e a maioria dos líquidos e gases inflamáveis, os quais, em presença do oxigênio e de uma fonte de calor, queimam com grande velocidade de alastramento e intensa liberação de energia calórica.

6. Caracterização e Classificação dos Desastres de Natureza Tecnológica Relacionados com Incêndios

Sob este título estão classificados incêndios com grande potencial destrutivo e que exigem recursos, técnicas e táticas muito complexas, para combatê-los e controlá-los.

Estes sinistros, normalmente intensificados por combustíveis líquidos ou gasosos, óleos e lubrificantes, costumam ocorrer em instalações industriais, meios de transporte marítimos ou fluviais, depósitos de combustíveis, áreas portuárias e em edificações com grandes densidades de usuários.

Nestas condições, os incêndios relacionados com o desenvolvimento tecnológico são classificados como:

- *Incêndios em Instalações de Combustíveis, Óleos e Lubrificantes – COL-CODAR – HT.ICB/21.401;*
- *Incêndios em Meios de Transporte Marítimo e Fluvial – CODAR – HT.IMF/21.402;*
- *Incêndios em Áreas Portuárias – CODAR HT.IAP/21.403;*
- *Incêndios em Plantas e Distritos Industriais – CODAR – HT.IPI/21.404;*
- *Incêndios em Edificações com Grandes Densidades de Usuários – CODAR – HT.IED/21.405.*

TÍTULO I

INCÊNDIOS EM INSTALAÇÕES DE COMBUSTÍVEIS, ÓLEOS E LUBRIFICANTES (COL)

CODAR – HT.ICB/CODAR - 21.401

1. Caracterização

Campos e plataformas de exploração de petróleo, refinarias, parques e depósitos de combustíveis, ductos, terminais de transporte, postos de vendas de combustíveis a granel e outras instalações que manipulam combustíveis, óleos e lubrificantes – COL – são sujeitos a riscos aumentados de incêndios e de explosões.

Tendo em vista a grande quantidade de combustíveis, com elevado grau de inflamabilidade, existentes nestas instalações, estes incêndios costumam ser muito intensos e de difícil controle, por propagarem-se com grande velocidade e com intensa liberação de energia calórica.

2. Causas

Os incêndios em instalações de combustíveis, óleos e lubrificantes podem ser provocados por causas internas ou externas.

Dentre as causas internas há que destacar as falhas humanas e as falhas de equipamento.

As falhas humanas relacionam-se com o descumprimento de normas e procedimentos de segurança e costumam ser a causa mais importante de desastres provocados por eventos internos.

As falhas de equipamento, na grande maioria das vezes, resultam de uma pouco cuidadosa especificação dos mesmos, por ocasião do planejamento das instalações ou de problemas relacionados com o não cumprimento do programa de manutenção preventiva.

Normalmente, as falhas de equipamento ocorrem nos chamados “comando de estudos”, especificados a seguir:

- *tubulações, conexões e válvulas de segurança;*
- *sistemas de processamento;*
- *tanques e depósitos de combustíveis;*
- *painéis indicadores do funcionamento do processo;*

- *sistemas de monitorização do adequado funcionamento dos equipamentos, de acordo com parâmetros de normalidade pré-estabelecidos;*
- *sistemas de alívio;*
- *sistemas de segurança;*
- *sistemas de proteção ambiental;*
- *sistemas e equipamentos de proteção individual e coletiva.*

Os incêndios também podem resultar de eventos externos ao sistema, como descargas elétricas atmosféricas, quedas de balões e propagação de sinistros, a partir de instalações vizinhas. O alastramento destes incêndios, na própria instalação, e a propagação das mesmas para as áreas vulneráveis adjacentes resulta:

- *de um deficiente nucleamento e distanciamento dos focos de riscos, no interior da instalação, e da ausência de estanqueidade dos mesmos, que facilitam a propagação e a generalização do sinistro;*
- *da ausência de áreas de proteção, definidas como *non aedificandi*, ao redor das instalações, as quais são estabelecidas com a finalidade de distanciar a área de risco, das áreas vulneráveis aos efeitos dos sinistros.*

3. Ocorrência

Os desastres em instalações de combustíveis são bastante frequentes e costumam causar incêndios de grande intensidade, na maioria dos países do mundo.

O maior desastre em instalações petrolíferas ocorreu nos campos de exploração de petróleo do Kuwait e foi provocado pelo exército iraquiano, ao se retirar derrotado daquele país, ao término da Guerra do Golfo.

No Brasil, o maior desastre, envolvendo instalações petrolíferas, ocorreu na Vila Socó, em São Paulo, em consequência de um incêndio provocado em recipientes de gasolina que eram desviados de um oleoduto, por moradores daquela vila, construída clandestinamente na faixa de segurança do ducto.

No Brasil, também são frequentes os incêndios que ocorrem em depósitos clandestinos de Gases Liquefeitos de Petróleo – GLP, os quais costumam multiplicar-se quando se espera um aumento de preços do produto.

Por ocasião das Festas de São João, os riscos de incêndios em instalações de COL tendem a aumentar, como consequência do hábito de soltar balões, apesar de proibidos pela legislação.

Nos postos de venda de combustíveis a granel existe o risco de percolação de combustíveis, para a rede de esgotos pluviais, por problemas de estanqueidade dos tanques de armazenamento.

4. Principais Efeitos Adversos

Os principais efeitos adversos destes sinistros relacionam-se com o elevado grau de inflamabilidade destes combustíveis, com a intensa liberação de energia calórica e com os riscos, sempre presentes, de explosão.

As pontas de chamas, que se formam na área de contato dos gases e vapores combustíveis inflamados, com o oxigênio, conduzem o incêndio de um compartimento para outro e, a partir da generalização do sinistro, para as áreas vulneráveis adjacentes.

O calor irradiante que se desprende dos focos de incêndio e das bolas de fogo pode causar queimaduras graves nas guarnições que combatem o incêndio e na população localizada em áreas vulneráveis.

Em função da velocidade com que as pontas de chama penetram no produto não reagido, caracterizando uma frente de reação, podem ocorrer deflagrações ou detonações, com importantes efeitos mecânicos, provocados pela expansão explosiva dos gases, resultantes da combustão.

Como conseqüência da intensa liberação de energia calórica e dos efeitos mecânicos, os danos humanos, materiais e ambientais e os prejuízos provocados por estes sinistros costumam ser muito intensos.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A monitorização é conceituada como:

A observação, registro, medição, comparação e avaliação, repetitiva e continuada, dos parâmetros de funcionamento e de dados técnicos, de acordo com esquemas estabelecidos, no tempo e no espaço e a utilização de 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, caracterizar todos os desvios significativos do processo observado;*
- facilitar a tomada de decisões e permitir as articulações de respostas coerentes e oportunas;*

Os sistemas de monitorização das instalações de COL são planeados e arquitetados em níveis de complexidade diretamente proporcionais ao:

- *tamanho das instalações;*
- *complexidade dos sistemas de processamento;*
- *nível de riscos de ocorrência de sinistros.*

Sempre que possível, os sistemas de monitorização devem funcionar de forma automatizada e em íntima conexão com os sistemas de alívio e de segurança. Nestes casos, os sistemas de alívio podem responder, de forma articulada, a uma seqüência de eventos adversos, com o objetivo de:

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

6. Medidas Preventivas

As medidas preventivas, relacionadas com a redução destes desastres, dependem de circunstanciados estudos avaliativos de riscos tecnológicos e são desenvolvidos, por intermédio de três padrões de planeamento:

- *Planejamento Preventivo*
- *Planejamento da Segurança Industrial*
- *Planejamento de Contingência*

O planeamento preventivo é desenvolvido com ênfase nas medidas de redução das vulnerabilidades dos cenários dos desastres pontenciais, enquanto que o planeamento da segurança industrial é desenvolvido com ênfase nas medidas de redução das ameaças e o planeamento de contingência é um plano operacional de resposta aos desastres.

a) Planejamento Preventivo

O planeamento preventivo é desenvolvido por intermédio de medidas não-estruturais e medidas estruturais.

As medidas não-estruturais relacionam-se com:

- *o uso adequado de espaço geográfico;*
- *a implementação de projetos de preparação para emergências e desastres;*

- a implementação de normas e procedimentos de segurança relativos à proteção dos cenários dos desastres.

A localização de uma área para definir a construção de uma instalação destinada ao manuseio de COL deve considerar os seguintes fatores:

- distanciamento de áreas vulneráveis a grandes incêndios e de áreas de riscos intensificados de desastres naturais e de desastres humanos de natureza tecnológica;
- dimensões da área compatíveis com a nucleação e o distanciamento dos diferentes focos de riscos, com o objetivo de evitar a propagação e a generalização dos sinistros;
- relevo geográfico, profundidade do lençol freático e condições atmosféricas dominantes, inclusive direção e regime do ventos.

Nestas condições, o planejamento da localização da instalação deve considerar:

- as dimensões das áreas de exposição, onde podem ocorrer danos significativos, em casos de sinistro;
- as dimensões das áreas de proteção que são demarcadas com a finalidade de circunscrever os focos de risco e distanciá-los de áreas vulneráveis aos desastres;
- a localização de áreas de segurança, adequadamente distanciadas das áreas de exposição e onde é improvável que ocorram desastres secundários e danos e prejuízos significativos.

Em princípio, as áreas de exposição e de proteção devem ser adquiridos pela firma proprietária do empreendimento e transformada numa área de proteção ambiental – APA – onde é proibido edificar, sendo definidas como áreas *non aedificandi*.

Com o objetivo de proteger a instalação contra riscos de eventos externos causadores de desastres, é indispensável que a mesma esteja suficientemente distanciada de prováveis epicentros de desastres naturais e humanos de natureza tecnológica.

Dentre as medidas previstas nos projetos de preparação para emergências e desastres, há que destacar a organização, o equipamento e o adiestramento das Brigadas Anti-Sinistro que normalmente são constituídas por equipes de:

- combate aos sinistros
- busca e salvamento e de evacuação de pessoas em risco

- *atendimento pré-hospitalar e de atendimento médico-emergencial*

A implementação de normas e de procedimentos de segurança relacionadas com a proteção dos cenários dos desastres, está implícita no planejamento preventivo e diz respeito à:

- *drenagem e destinação adequada dos efluentes líquidos perigosos para as pessoas e para o meio ambiente;*
- *exaustão de gases perigosos e ventilação adequada do ambiente de trabalho;*

No que diz respeito às medidas estruturais, há que considerar:

- *as relacionadas com a estanqueidade dos focos de risco, as quais objetivam evitar a generalização do sinistro;*
- *as relacionadas com a construção de áreas e de corredores de refúgio no interior da instalação.*
- *Os corredores de refúgio, de circulação vertical e horizontal são construídos com a finalidade de aumentar a probabilidade de sobrevivência e a incolumidade das pessoas, em circunstâncias de sinistros.*

Estas áreas e corredores de refúgio são construídas com o objetivo de resistir aos efeitos adversos dos incêndios e das explosões e facilitar:

- *a evacuação de pessoas em risco*
- *o carregamento de recursos destinados ao combate dos sinistros*

b) Planejamento da Segurança Industrial

O planejamento da segurança industrial relaciona-se com:

- *uma especificação, minuciosa e adequada dos itens de equipamento;*
- *a recepção, conferência e a supervisão da montagem dos equipamentos nas unidades de processamento;*
- *o correto desempenho do sistema de monitorização, alerta e alarme;*
- *o desempenho otimizado dos sistemas de alívio e dos sistemas de segurança contra sinistros.*

Uma especificação correta, minuciosa e adequada de todos os itens de equipamentos, que devem ser adquiridos e instalados pela empresa responsável

pela montagem da instalação, é de importância capital, para garantir o bom desempenho da mesma, na fase operacional.

A recepção e a conferência do equipamento adquirido e a supervisão da montagem dos mesmos nas unidades de processamento aumentam o nível de segurança operacional da futura instalação. É indispensável que, após instalados, os equipamentos sejam testados.

Os seguintes equipamentos devem ser prioritariamente especificados, conferidos e supervisionados na fase de montagem:

- tubulações, conexões e válvulas de segurança;*
- tanques e depósitos de combustíveis;*
- unidades de processamento;*
- painéis indicadores do correto funcionamento dos diferentes itens de equipamento;*
- sistemas de monitorização, alerta e alarme;*
- sistemas de alívio;*
- sistemas de proteção ambiental, como exaustores de gases, sistemas de drenagem de líquidos, sistema de aeração;*
- sistemas de segurança e de extinção de incêndios;*
- sistemas de equipamentos de proteção individual e coletiva.*

A manutenção preventiva dos equipamentos instalados, de acordo com calendários rígidos e rigorosos esquemas de manutenção, é de capital importância para evitar falhas de equipamentos e a ocorrência de sinistros provocados por falhas mecânicas.

A redução dos desastres e a minimização dos danos e dos prejuízos dependem primordialmente da eficiência dos sistemas de monitorização que devem alertar, com o máximo de antecipação possível, sobre tendências de desvios dos parâmetros de funcionamento, com relação à normalidade estabelecida.

Os Sistemas de Alívio são planejados e arquitetados para permitir o desencadeamento de respostas simples e pré-estabelecidas dos órgãos efetores do sistema, a tendências de desvios significativos dos parâmetros de funcionamento estabelecidos, as quais são detectadas pelos sistemas de monitorização.

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

- redução da velocidade do fluxo dos produtos reagentes no interior das tubulações, em casos de superaquecimento, hipertensão dos*

- fluidos e outros desvios significativos dos parâmetros de normalidade estabelecidos;*
- bloqueio do fluxo dos produtos reagentes, em casos de queda da tensão dos fluidos no interior da tubulação e de outros sinais indicativos de vazamento dos ductos ou tubulações;*
 - desvio do fluxo de produtos perigosos, para sistemas alternativos de tubulação, comandados ou válvulas de segurança, em casos de vazamentos ou de riscos intensificados de incêndios e de explosões;*
 - resfriamento automático das tubulações, por intermédio de sistemas trocadores de energia calórica, constituídos por serpentinas refrigeradas, que são acionadas automaticamente, em casos de superaquecimento de tubulações;*
 - resfriamento automático de ambiente, por intermédio de chuveiros de teto (sprinklers), que são acionados automaticamente em caso de intensificação da ionização do ar, detecção de fumaça ou de elevações bruscas da temperatura ambiental;*
 - resfriamento automático de tanques e depósitos de combustíveis, localizados nas proximidades dos focos de incêndio por intermédio do acionamento de chuveiros que permitem o escoamento de cortinas de água, ao longo das paredes dos tanques;*
 - acionamento de sistemas telecomandados e teledirecionados de jatos de água ou de soluções salinas hiper-refrigeradas;*
 - esvaziamento de tanques e de depósitos combustíveis, localizados nas proximidades dos focos de incêndio, por intermédio de sistemas telecomandados de tubulações subterrâneas, responsáveis pela transferência de combustíveis, para tanques de reserva localizados em áreas seguras e suficientemente distanciadas dos focos de incêndio;*
 - injeção de produtos inertes, neutralizadores e bloqueadores de reações químicas, nas tubulações alimentadoras dos processadores, quando forem identificados parâmetros indicadores de hiperatividade química;*
 - exaustão do oxigênio ambiental e insuflação de gases inertes, como o dióxido de carbono e o nitrogênio, nos compartimentos estanques, após a evacuação dos mesmos e o bloqueio de todas as aberturas.*

No caso da instalação de sistemas telecomandados e teledirecionados de acionamento de jatos de água ou de soluções salinas hiper-refrigeradas, é desejável que a direção, o ângulo de elevação e o débito do jato de incêndio sejam controlados à distância, por guarnições que atuam protegidas em áreas de refúgio. Nestes casos, os jatos de incêndio devem ser pesados, com débito superior a 1.350 litros por minuto e em forma de chuva. É necessário que

sejam planejados e instalados depósitos de água, de dimensões compatíveis, com as necessidades de água lançadas com débitos tão elevados, os quais devem poder ter seu abastecimento facilmente reforçados, em situações emergenciais.

c) Planejamento de Contingência

Os seguintes aspectos do Plano de Contingência devem ser considerados com grande prioridade e previstos com grande antecipação:

- *Combate Direto do Sinistro*
- *Socorro às populações em Risco*
- *Assistência às Populações Afetadas*
- *Reabilitação dos Cenários dos Desastres*

1) Generalidades sobre as Atividades de Combate aos Sinistros

A efetividade das atividades de combate aos sinistros depende do fiel cumprimento de três premissas básicas:

- *o combate aos sinistros deve iniciar-se no mais curto prazo possível;*
- *os meios de combate aos sinistros disponíveis devem ser concentrados no objetivo decisivo e rapidamente reforçados, quando necessário;*
- *o esforço de nuclear e dominar o sinistro e de evitar sua propagação deve ser encarado com o máximo de prioridade.*

Para atender corretamente a estas premissas, é indispensável que:

- *O Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme esteja em condições de detectar e localizar o foco ou epicentro do sinistro e alertar instantaneamente todo o dispositivo de segurança;*
- *Os órgãos de pronta resposta das Brigadas Anti-Sinistro desencadeiem as primeiras ações de resposta aos desastres, nas Unidades de processamento apoiadas diretamente pelos mesmos, as quais crescerão de eficiência, na medida em que estes destacamentos forem reforçados;*
- *os órgãos de apoio ao conjunto das Brigadas Anti-Sinistro, após alertados, desloquem-se rapidamente para o local do sinistro e*

- concentrem suas ações sobre o objetivo decisivo, buscando isolá-lo, bloqueá-lo e dominá-lo, com o máximo de velocidade possível.*
- *O Corpo de Bombeiros deve designar uma de suas Unidades para assumir a responsabilidade de combater os sinistros nos Distritos Industriais. Esta Unidade deve localizar-se a uma distância compatível da área de riscos de desastres tecnológicos e deve participar ativamente do Planejamento de Contingência e da Estruturação dos Planos de Auxílio (apoio) Mútuo.*

Nos Distritos Industriais, o Plano de Auxílio Mútuo prevê a atuação coordenada e articulada das Brigadas Anti-Sinistro das diversas unidades industriais em ações concentradas de combate aos sinistros, que têm por objetivo primordial evitar a generalização dos desastres.

Para maiores detalhes sobre Planejamento de Contingência contra sinistros em estabelecimentos industriais, recomenda-se a leitura do Volume IV do Manual de Planejamento em Defesa Civil - Título VII, editado por esta Secretaria Nacional de Defesa Civil.

2) Generalidades Sobre as Ações de Socorro às Populações em Risco

Para poder planejar adequadamente as ações de socorro às populações em risco, os seguintes aspectos do Plano de Contingência devem ser considerados com grande prioridade:

- *delimitação precisa das áreas de risco e de exposição;*
- *cadastramento da população em risco;*
- *seleção das áreas de segurança, para onde a população em risco pode ser evacuada; estudo e balizamento dos eixos de evacuação e estimativa dos meios de transporte necessários;*
- *implementação de recursos relacionados com as atividades de alerta e alarme, com o objetivo de informar à população ameaçada sobre riscos de desastres iminentes;*
- *definição das ações a realizar durante a fase de socorro;*
- *seleção dos órgãos melhor vocacionados para desempenhar cada uma das ações previstas e articular e coordenar a atuação dos mesmos;*
- *definição dos recursos necessários para concretizar as ações previstas e detalhamento do planejamento do apoio logístico e da mobilização dos recursos necessários;*

- *estabelecimento de mecanismos de articulação e de coordenação entre os órgãos do SINDEC, a serem empenhados na operação;*
- *definição da cadeia de comando responsável pela condução das operações, em circunstâncias de desastres;*
- *ampla difusão do planejamento;*
- *realização de exercícios simulados, com o objetivo de testar e aperfeiçoar o planejamento e o nível de adestramento das equipes empenhadas.*

É necessário que o planejamento seja constantemente atualizado e que se dedique uma atenção especial ao planejamento e à operacionalização das redes de comunicação.

3) Generalidades sobre as Ações de Assistência às Populações Afetadas

As ações de assistência às populações afetadas relacionam-se com as seguintes atividades gerais:

- *Atividades Logísticas*
- *Atividades de Assistência e Promoção Social*
- *Atividades de Promoção, Proteção e de Recuperação da Saúde. Estes conjuntos de ações foram detalhados no segundo volume do Manual de Planejamento em Defesa Civil.*

a) Atividades Logísticas

Dentre as atividades logísticas relacionadas com a assistência às populações afetadas, há que destacar as seguintes: Provisão de água potável e de alimentos. Suprimento de material de estacionamento, como barracas, colchonetes, roupa-de-cama, travesseiros, cobertores e utensílios de copa e cozinha. Suprimento de roupas, calçados e agasalhos. Suprimento de material de limpeza e de higienização. Apoio logístico às equipes técnicas empenhadas. Prestação de serviços gerais, como preparação e conservação de alimentos, banho e lavanderia.

b) Atividades de Assistência e Promoção Social

Dentre as atividades de assistência e promoção social às populações afetadas, há que destacar as seguintes:

- *triagem socioeconômica e cadastramento das famílias afetadas;*

- *entrevistas com as famílias assistidas;*
- *ações de fortalecimento da cidadania responsável e participativa e de reforço dos laços de coesão familiar e das relações de vizinhança;*
- *atividades de comunicação social, com os públicos internos e externos, atividades de comunicação com a imprensa;*
- *disciplinação das relações interpessoais entre as pessoas abrigadas e ações de preservação da ética e da moral.*

Para fins de promoção social, a unidade de atuação é o núcleo familiar e, numa segunda fase, a unidade de vizinhança.

c) Atividades de Promoção, Proteção e de Recuperação da Saúde

Dentre as atividades de promoção, proteção e de recuperação da saúde das populações afetadas por desastres, há que destacar as seguintes:

- *assistência médica primária e ações integradas de saúde;*
- *atividades de vigilância epidemiológica e de vigilância sanitária;*
- *proteção da saúde mental; proteção dos estratos populacionais mais vulneráveis;*
- *educação sanitária e promoção de práticas relacionadas com higiene das habitações, asseio corporal, higiene pessoal e higiene da alimentação;*
- *controle de intoxicações exógenas;*
- *saneamento básico de caráter emergencial; transferência de hospitalização e estruturação da documentação de referência e de contra-referência.*

Evidentemente estas ações não podem ser improvisadas em circunstâncias de desastres e dependem da existência de serviços de saúde bem estruturados e que se mantenham atualizados com as práticas de medicina de desastre.

4) Generalidades sobre as Atividades de Reabilitação dos Cenários

As atividades de reabilitação dos cenários relacionam-se com as seguintes ações gerais:

- *Vigilância das Condições de Segurança Global da População*
- *Reabilitação dos Serviços Essências*
- *Reabilitação das Áreas Deterioradas*

a) Vigilância das Condições de Segurança Global da População

Dentre as atividades de vigilância das condições de segurança global da população, há que destacar as seguintes ações gerais:

- *avaliação de danos e de prejuízos, levantamento de avarias e estimativa das necessidades de reconstrução;*
- *vistorias técnicas e avaliação de danos causados às estruturas e fundações de edificações afetadas pelos sinistros;*
- *emissão de laudos técnicos, com abundantes provas fotográficas, devidamente autenticadas, das lesões diagnosticadas no conjunto das edificações afetadas;*
- *desmontagem de edificações irremediavelmente afetadas pelos desastres e que apresentem riscos de desmoronamento;*
- *definição de áreas *non-aedificandi* e atualização do Plano Diretor do Desenvolvimento Urbano, em função dos estudos de riscos e do nível de deteriorização dos cenários dos desastres;*
- *desapropriação de propriedades localizadas em áreas de riscos intensificadas.*

Como os danos e prejuízos causados a terceiros, pelos desastres tecnológicos, são objetos de ações indenizatórias, é imperativo que as atividades de vigilância das condições de segurança sejam desencadeadas por equipes experientes, idôneas e imunes a pressões.

b) Reabilitação dos Serviços Essências

As atividades de reabilitação dos serviços essenciais devem ser desencadeadas, prioritariamente, mediante articulação com as equipes de manutenção e de recuperação destes serviços.

c) Reabilitação das Áreas Deterioradas

Dentre as atividades de reabilitação das áreas deterioradas, há que destacar as seguintes:

- *limpeza, descontaminação, desinfecção e desinfestação dos cenários de desastres;*
- *desobstrução e remoção de escombros;*
- *proteção das águas de superfície e de subsuperfície contra contaminações;*
- *sepultamento de animais e de pessoas.*

TÍTULO II

INCÊNDIOS EM MEIOS DE TRANSPORTE MARÍTIMO OU FLUVIAL

CODAR – HT.IMF/CODAR - 21.402

1. Caracterização

Os incêndios em embarcações, normalmente são acompanhados de explosões e são sinistros extremamente intensos e perigosos, em função dos seguintes fatores:

- *espaço físico limitado, que facilita a rápida propagação do sinistro e dificulta a evacuação de pessoas em risco, para áreas seguras;*
- *carga combustível elevada, que tende a crescer nas embarcações especializadas no transporte de combustíveis, óleos e lubrificantes – COL e nas belonaves das marinhas de guerra.*

Os riscos de incêndios e de explosões crescem no caso dos navios especializados no transporte de combustíveis e ainda mais, nas belonaves das marinhas de guerra, envolvidas em operações de combate.

A redução dos riscos destes sinistros depende essencialmente do planejamento arquitetônico das embarcações, que deve priorizar a compartimentação dos sinistros e da estruturação de Brigadas Anti-sinistros e de Controle de Avarias, com elevados níveis de adestramento e de competência.

Quem estuda a Guerra do Pacífico, ocorrida entre 1942 e 1945 e que, sem nenhuma dúvida, foi a maior guerra naval de todos os tempos, pode chegar a conclusão de que um dos fatores decisivos que influenciaram a vitória das Forças Norte Americanas foi a imensa competência de suas Brigadas Anti-Sinistro e de Controle de Avarias. Nesta Guerra, há que destacar a imensa capacidade de sobrevivência do Porta-Aviões Saratoga, cognominado como “Velha Fênix”, que foi atingido gravemente quatro vezes e conseguiu retornar às operações, em tempo recorde.

2. Causas

Da mesma forma que nos demais desastres de natureza tecnológica, estes sinistros podem ser causados por eventos adversos de origem externa e de origem interna, sendo que estes últimos podem ser motivados por falhas humanas ou por falhas nos equipamentos.

Dentre os eventos adversos de origem externa ao sistema, há que destacar os seguintes:

- atos de sabotagem desencadeados por terroristas;
- ações bélicas desenvolvidas por forças inimigas;
- choques ou colisões acidentais, com escolhos ou com outras embarcações;
- sinistros propagados a partir de outras embarcações ou de equipamentos portuários.

Dentre os eventos adversos de origem interna, relacionados com falhas humanas, há que destacar os seguintes:

- descumprimento de normas e de procedimentos de segurança estabelecidos;
- retardo no desencadeamento das ações iniciais de resposta aos desastres.

Dentre os eventos adversos de origem interna, relacionados com falha no equipamento, há que destacar os seguintes:

- deficiência na especificação de itens sensíveis dos equipamentos;
- problemas relacionados com as atividades de manutenção preventiva;
- falhas nos sistemas de monitorização, alerta e alarme, nos sistemas de alívio e nos sistemas de segurança.

3. Ocorrência

Em função das normas e procedimentos de segurança marítima, estabelecidos em acordos internacionais, os incêndios em embarcações, especialmente em navios petroleiros, são pouco frequentes, quando comparados com outros incêndios tecnológicos. Normalmente, estes acidentes ocorrem com embarcações menores e construídas há mais tempo e são causados por eventos externos ao sistema, como colisão com outras embarcações, em áreas de tráfego marítimo intensificado e em dias de condições meteorológicas muito adversas, refletindo-se sobre o estado do mar.

Os incêndios em plataformas petrolíferas marinhas tendem a crescer em frequência e exigem um esforço de planejamento e de segurança industrial intensificado.

4. Principais Efeitos Adversos

No caso de incêndios em embarcações, os efeitos adversos, relacionados com a intensa liberação de energia calórica e com os riscos de explosões, em espaços confinados, são aumentados.

É normal que ocorram danos humanos, inclusive óbitos, traumatismos graves e grandes queimaduras, conseqüência dos efeitos radiantes e mecânicos, relativos aos incêndios.

O combate pode ser facilitado, em função da grande disponibilidade de água e das facilidades de captação da mesma, por intermédio de sistemas de moto-bombas.

Evidentemente, os danos materiais, em conseqüência das avarias e dos conseqüentes prejuízos econômicos, também devem ser considerados.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

No caso específico das embarcações, onde a variável tempo é de capital importância para assegurar o controle dos sinistros, o bom funcionamento de um adequado sistema de monitorização, alerta e alarme cresce em importância e em essencialidade.

Os sistemas de monitorização das embarcações, à semelhança dos demais, é constituído de:

- *sensores periféricos;*
- *vias de comunicações aferentes, centrípetas ou ascendentes;*
- *centros de integração, constituídos por monitores, nos diversos níveis do sistema;*
- *vias de comunicações de integração, responsáveis pelo enlace e pela inter-relação entre os diversos centros integradores;*
- *vias de comunicações eferentes, centrífugas ou descendentes;*
- *centros efetores, responsáveis pelo desencadeamento de respostas pré-estabelecidas.*

Normalmente os sensores periféricos são constituídos por:

- *aparelhos sensores de níveis de ionização, de calor, de chamas e de fumaça;*
- *circuitos integrados de televisão;*

- dispositivos periféricos de alarme, acionados manualmente;
- dispositivos de alarme, que são acionados automaticamente todas as vezes que um equipamento de combate ao sinistro for acionado;
- circuitos de comunicação oral, que são acionados instantaneamente e que interrompem comunicação de menor importância estratégica.

O órgão central do sistema de monitorização funciona em continuidade com o centro de operações e com facilidades de acesso privilegiadas para o Comando da Embarcação. Neste órgão, um dispositivo de alerta, com sinais sonoros e visuais, permite a imediata localização do foco do sinistro.

Uma rede de terminais telefônicos privilegiados facilita o acionamento das equipes da Brigada Anti-Sinistro e de Controle de Avarias.

6. Medidas Preventivas

É imperativo que, ao se arquitetar uma embarcação, se planeje um sistema de circulação que permita o estabelecimento de vias de acesso, rápidas, seguras, estanques e protegidas, para todos os compartimentos do navio, que sejam sujeitas a riscos de incêndios. Estas vias de acesso devem ser construídas para serem mais resistentes ao fogo e às explosões que o restante da estrutura da embarcação, devem ser estanques, protegidas de fumaças e dotadas de sistemas de exaustão, de iluminação e de insuflação de ar refrigerado absolutamente confiáveis.

A compartimentação da embarcação é de crucial importância para o bloqueio e confinamento dos sinistros, com o objetivo de evitar a generalização do mesmo. Nestas condições, o planejamento de antecâmaras dotadas de portas corta-fogo cresce de importância.

Há que pensar no bloqueio total destes compartimentos e, no prosseguimento:

- exaustão do ar rico em oxigênio;
- insuflação de gás inerte, como o dióxido de carbono e o nitrogênio;
- inundação com água do mar.

O controle precoce dos incêndios, evidentemente, depende da eficiência dos sistemas de monitorização, alerta e alarme e do rápido acionamento das equipes da Brigada Anti-Sinistro e de Controle de Avarias, do nível de adestramento de seus recursos humanos e também da existência de um planejamento de contingência.

Os procedimentos de combate aos incêndios fundamentam-se no estudo do tetraedro de fogo e devem objetivar:

- a redução da carga combustível, buscando bloquear o avanço das chamas em direção à carga não reagida, ou bombeando a carga não reagida para compartimentos distantes do foco de incêndio;
- a redução da carga comburente, provocando a exaustão do ar oxigenado do compartimento e a substituição do mesmo por gases inertes e bloqueadores da oxidação, como o dióxido de carbono;
- o resfriamento da carga combustível a níveis mais baixos do que a temperatura de fulgor, com a finalidade de reduzir o processo de gaseificação do combustível, que antecede sua combinação com o oxigênio;
- o estabelecimento de condições que dificultam o desenvolvimento da reação exotérmica em cadeia, dificultando o crescimento das chamas em labaredas e a geração de calor.

Uma rede de hidrantes, acoplada a moto-bombas potentes, deve ser distribuída por toda a embarcação, em condições de manter jatos de incêndio pesados, com débitos superiores a 1.350 litros por minuto e um sistema de drenagem que evite a inundação não desejada, destes compartimentos.

A rede de hidrantes deve ser complementada por uma rede de unidades de extinção, dotadas de extintores portáteis.

É imperativo que estes dois sistemas sejam testados e mantidos preventivamente, com o objetivo de evitar falhas de funcionamento em situações emergenciais.

Como os combustíveis podem se espalhar na superfície do mar e continuarem em combustão, é necessário que a água bombeada para a embarcação o seja a partir de um nível inferior ao da superfície.

Nunca é demais ressaltar a importância do Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme e do Sistema de Vigilância e Controle de Danos, para garantir o rápido acionamento da Brigada Anti-Sinistro e para assegurar uma conduta de combate ao incêndio, adaptada às condições evolutivas do mesmo.

A limitação dos sinistros em embarcações exige:

- a estruturação de planos de contingência adequados, circunstanciados e minuciosos, que devem ser amplamente difundidos e criteriosamente testados e aperfeiçoados, por intermédio de exercícios simulados, seguidos de críticas construtivas;
- a estruturação e o adestramento de muito bem equipadas Brigadas Anti-Sinistro e de Controle de Avarias;
- a organização de normas de segurança e o estabelecimento de procedimentos padronizados relacionados com a agilização das

atividades de combate aos sinistros e de minimização de danos e de prejuízos;

É importante registrar que a Marinha do Brasil possui Brigadas Anti-Sinistro e de Controle de Avarias em todas as suas embarcações e que as mesmas possuem elevado padrão de adestramento. Os centros de adestramento em controle de sinistros, como incêndios em embarcações, estão à disposição das embarcações da Marinha Mercante e os Cadetes da Escola da Marinha Mercante do Brasil são, rotineiramente, instruídos nos Centros de Treinamento da Marinha de Guerra.

As embarcações da Marinha do Brasil têm condições de apoiar operações de combate a sinistros em navios mercantes e em belonaves e de lançar jatos de incêndio muito pesados e de grandes raios de ação, sobre embarcações incendiadas.

TÍTULO III

INCÊNDIOS EM ÁREAS PORTUÁRIAS

CODAR – HT.IAP/CODAR -21.403

1. Caracterização

Os incêndios em áreas portuárias são aqueles que acontecem nos portos e nos retro-portos, que são suas áreas de apoio imediato.

Os riscos de incêndios e de quase-incêndios nestes terminais de transporte são aumentados, em função do grande volume de cargas altamente combustíveis, que trafega nestas instalações.

Além do intenso tráfego de cargas combustíveis e de outras cargas perigosas, contribuem para reduzir o nível de segurança e para aumentar os riscos de incêndio e de quase incêndios nestas instalações, os seguintes fatores condicionantes:

- a aglomeração de lotes de cargas de diferentes naturezas, em áreas concentradas e restritas, dificultando a nucleação e o distanciamento dos focos de risco e facilitando a disseminação e a generalização dos sinistros;*
- como as áreas portuárias funcionam como grandes centros integradores de transporte, participam das operações de transbordo recursos humanos e materiais de natureza heterogênea, o que dificulta a implantação de normas e procedimentos padronizados de segurança válidos para todo o conjunto.*
- a velocidade do fluxo das cargas, durante as operações de transbordo, concorre para que ocorra um progressivo relaxamento no cumprimento das normas e procedimentos de segurança estabelecidos, em consequência do clima de urgência que preside as operações.*

Portos e retroportos, que foram construídos em áreas urbanas e aqueles que, embora construídos em áreas isoladas, acabaram atraindo estratos populacionais, que se fixaram em áreas de exposição a riscos intensificados de sinistro, representam riscos intensificados de expansão e de generalização de incêndios, para áreas urbanas vulneráveis, gerando danos humanos e materiais e prejuízos econômicos e sociais, para as populações circunvizinhas.

2. Causas

Da mesma forma que os demais desastres humanos de natureza tecnológica, os incêndios em áreas portuárias podem ser provocados por eventos adversos externos e internos ao sistema e, estes últimos, podem ser motivados por falhas humanas ou por falha nos equipamentos.

Os incêndios criminosos em áreas portuárias não são infreqüentes, da mesma forma que os provocados por balões. Em conseqüência, cresce a importância dos serviços de vigilância e de averiguações minuciosas sobre as origens dos incêndios, as quais são acompanhadas pelas auditorias técnicas das companhias de seguros.

Também é possível que um incêndio urbano acabe propagando-se para uma área portuária.

O imenso volume de equipamentos elétricos existentes nas áreas portuárias que, muitas vezes, não operam uma manutenção preventiva adequada, representa riscos aumentados de geração de incêndios relacionados com sobrecargas de circuitos elétricos e com curto-circuito.

No caso específico de incêndios em áreas portuárias, uma premissa deve ser ressaltada:

- Portos bem administrados, onde as cargas em trânsito são bem loteadas e fiscalizadas e os focos de riscos intensificados de incêndios são bem nucleados e distanciados, apresentam um maior nível de imunidade a incêndios do que os mal administrados, mal disciplinados e mal fiscalizados e vigiados.*

3. Ocorrência

De um modo geral, os quase-incêndios, que são controlados e abortados no nascedouro ocorrem com mais freqüência que os incêndios declarados e estes com mais freqüência que os incêndios generalizados.

O nível de disciplina e de cumprimento das normas de segurança constituem-se em fatores decisivos para permitir uma redução da ocorrência destes sinistros.

O fato real é que quase incêndios e incêndios em áreas portuárias ocorrem, com grande freqüência, na grande maioria dos países do mundo e, com o incremento do comércio internacional, os riscos destes sinistros tendem a agravar-se.

4. Principais Efeitos Adversos

Incêndios em áreas portuárias geram grandes danos materiais, causados pela perda da carga e de equipamentos valiosos e, em consequência, graves prejuízos econômicos.

Como o seguro de cargas em trânsito constitui-se na maior fonte de venda das Companhias de Seguros e de resseguros, os riscos de prejuízos financeiros destas grandes corporações devem ser considerados.

Há sempre o perigo de incêndios em áreas portuárias propagarem-se para áreas circunvizinhas, colocando em risco áreas urbanas pouco distanciadas destes focos de riscos de sinistros.

No caso de incêndios em áreas portuárias, que funcionam como terminais receptores de combustíveis, os efeitos adversos relacionados com a intensa liberação de energia calórica e com explosões estão sempre presentes, da mesma forma que os riscos de contaminação ambiental provocados pelo extravasamento de produtos perigosos.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Nas áreas portuárias cresce a importância da integração do Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme com os Sistemas de Alívio e de Segurança.

A integração do Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme com o Sistema de Alívio permite abortar quase-sinistros, especialmente no caso de terminais petrolíferos, interligados à instalações localizadas no retroporto, por intermédio de ductos.

A interligação do Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme com o Sistema de Segurança permite reduzir o fator surpresa e o tempo de reação das Brigadas Anti-Sinistro.

Os sensores periféricos do sistema de monitorização contra incêndios podem ser constituídos por:

- dispositivos periféricos de alarme, acionados manualmente;*
- dispositivos periféricos de alarme, que são acionados automaticamente todas as vezes que um equipamento de combate ao fogo for acionado;*
- torres de vigilância contra incêndios e outros sinistros;*
- sensores de calor, de chamas, de fumaça e de ar ionizado, especialmente em áreas interiores de armazéns localizados nos portos e retroportos.*

No órgão central do sistema de monitorização um dispositivo, dotado com um painel de alerta visual e sonoro, permite a rápida identificação do foco de sinistro e uma rede com terminais telefônicos privilegiados facilita o acionamento das equipes da Brigada responsável pelo apoio do conjunto portuário.

6. Medidas Preventivas

Para reduzir os riscos de incêndios nas áreas portuárias e nas áreas de exposição circunvizinhas, é necessário:

- demarcar, em torno das instalações portuárias áreas de exposição, que serão dimensionadas com o objetivo de afastar a população vulnerável das áreas de riscos intensificados de incêndios;*
- isolar a área portuária e manter todas as suas entradas fiscalizadas por um eficiente sistema de vigilância, que bloqueie o tráfego de pessoas não autorizadas, no interior das áreas sensíveis;*
- organizar equipes e adestrar Brigadas Anti-Sinistro cujos integrantes devem ser constantemente reciclados nas técnicas de combate aos sinistros e de limitação de danos e avarias, busca e salvamento, atendimento pré-hospitalar e atendimento médico de emergência;*
- estabelecer Normas Gerais de Ação – NGA – e procedimentos padronizados, na área de segurança, com a finalidade de reduzir riscos de incêndios e de outros sinistros e de minimização de danos e prejuízos e difundir estas normas e procedimentos entre toda a mão-de-obra portuária;*
- planejar e arquitetar sistemas automáticos e semi-automáticos de monitorização, alerta e alarme, com a finalidade de identificar rapidamente os focos de sinistros e encurtar o tempo de reação das brigadas responsáveis pelo combate aos mesmos;*
- elaborar Planos de Contingência circunstanciados, os quais devem ser amplamente difundidos e testados, por intermédio de exercícios simulados e constantemente aperfeiçoados;*
- distribuir os lotes de cargas homogêneas, com o espaçamento recomendado, com o objetivo de evitar a rápida propagação e a generalização dos incêndios e de outros sinistros;*
- estruturar e arquitetar um eficiente sistema de segurança e de combate a incêndios, com uma bem planejada rede de hidrantes e de postos com extintores de incêndio;*

- estabelecer ligações diretas e privilegiadas com a Unidade de Bombeiros responsável pelo apoio ao conjunto da área portuária, a qual deve participar ativamente do planeamento desenvolvido com o objetivo de reduzir os sinistros e do treinamento dos recursos humanos da Brigada Anti-Sinistro.

Como nas áreas portuárias o tráfego de trens e caminhões é muito intenso, uma especial atenção deve ser dada aos mesmos. Todos os veículos devem ser fiscalizados e vistoriados, antes de ingressarem na área portuária, para verificar se os mesmos se adequam às normas de segurança. A velocidade dos veículos nas áreas internas é regulamentada, assim como o acesso a determinadas ramificações das vias de transporte.

Nas áreas portuárias que funcionam como terminais de cargas altamente combustíveis, as medidas de proteção devem ser redobradas e o sistema de ductos deve ser permanentemente monitorizado, por sensores periféricos e monitores centrais que permitam a localização instantânea de pontos de vazamento. Na construção dos ductos duas premissas básicas devem ser atendidas:

- uma faixa de segurança nas laterais deve ser preservada, protegida e considerada como área *non aedificandi*;
- a estrutura do ducto deve ser arquitetada como uma estrutura flexível, que responda adequadamente ao trabalho tencional, ao longo de todo o seu percurso.

Uma especial atenção deve ser dada à área do retroporto, especialmente quando a mesma, além de funcionar como uma área de grandes depósitos especializados, atua com as características de um distrito industrial. Neste caso a preocupação com o nucleamento, o distanciamento e a estanqueidade dos prováveis focos de risco deve ser dominante, buscando-se evitar a generalização de desastres, por intermédio do uso racional do espaço geográfico, que, em última análise, vai nortear o Plano Diretor do desenvolvimento desta área.

Nestes casos específicos, há que se pensar na estruturação de um Plano de Auxílio Mútuo, em circunstâncias de desastres, com a participação de todas as Brigadas das Empresas que atuam na área e com a coordenação da Unidade do Corpo de Bombeiros responsável pelo apoio ao conjunto da instalação.

TÍTULO IV INCÊNDIOS EM PLANTAS E DISTRITOS INDUSTRIAIS

CODAR – HT.IPI/CODAR - 21.404

1. Caracterização

Os incêndios em plantas e distritos industriais ocorrem com relativa freqüência e se caracterizam por apresentar riscos aumentados de propagação e de generalização, provocando, em conseqüência, grandes danos materiais, humanos e ambientais e importantes prejuízos econômicos e sociais.

Os riscos de propagação para áreas vulneráveis circunvizinhas também estão presentes e devem ser considerados no planejamento de segurança.

Todos estes riscos tendem a crescer nas indústrias mais antigas, que foram arquitetadas e construídas em épocas anteriores, quando as preocupações relacionadas com a segurança não eram consideradas prioritariamente.

2. Causas

Em análise de riscos, as causas de desastres são estudadas como ameaças ou eventos adversos potenciais. Para fins de análise de riscos tecnológicos, são consideradas como válidas as seguintes definições:

Evento

Acontecimento, ocorrência ou fenômeno aleatório. Ocorrência de um determinado acontecimento ou fenômeno aleatório, que pode ser antecipada a priori em função do estudo de um determinado conjunto de variáveis. Distúrbio correspondente a uma variável indesejada que, quando introduzida no sistema, tende a alterar o valor da variável controlada.

Evento Adverso

Acontecimento, ocorrência ou fenômeno desfavorável que, ao atuar sobre um sistema vulnerável a seus efeitos, pode causar danos e prejuízos. Ocorrência, acontecimento ou fenômeno aleatório que, ao ser desencadeado, pode provocar um desastre.

Evento Catastrófico

É um evento adverso pouco freqüente mas que, quando ocorre, gera conseqüências extremamente graves, em termos de desastres.

Evento Externo

Acontecimento, fenômeno ou ocorrência externa ao sistema considerado, como:

- *fenômeno da natureza;*
- *interrupção do suprimento de água ou de energia;*
- *desastres de natureza tecnológica acontecidos em instalações circunvizinhas e que podem se propagar e causar sinistros na instalação estudada.*

Evento Interno

Acontecimento, fenômeno ou ocorrência interna ao sistema considerado e que pode ser decorrente de:

- *falhas humanas;*
- *falhas nos equipamentos.*

Evento Básico

Falha ou defeito primário de uma máquina ou equipamento, que repercute sobre o funcionamento do mesmo e sobre o conjunto do sistema, provocando danos que:

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

Evento Crítico ou Inicial

Evento que dá início a uma cadeia de acidentes, que poderá resultar num desastre, a menos que o sistema de alívio e, numa segunda fase, o sistema de segurança interfiram em tempo oportuno, com o objetivo de:

- *abortar e controlar a cadeia de incidentes;*
- *reduzir as conseqüências do desastre*

Evento Intermediário

Evento que acontece dentro de uma cadeia de acidentes e que pode atuar:

- *propagando e incrementando a seqüência;*

- *interferindo sobre a mesma e concorrendo para reduzir a intensidade do desastre.*

Os eventos intermediários mantém uma relação causal, facilmente demonstrável, com o evento anterior e com o evento subsequente, funcionando como um elo na cadeia de acidentes.

Evento Topo ou Principal

É o evento que desencadeia o desastre. O evento topo resulta de uma seqüência de eventos, que se inicia no evento crítico e continua-se através dos eventos intermediários.

Árvore de Eventos

É uma técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos que, a partir da identificação dos eventos, críticos ou iniciais, intermediários e topos ou principais, busca descrever, de forma seqüenciada, o encadeamento lógico destes eventos, ao longo da cadeia de acidentes, que se inicia no evento inicial e termina no evento topo, causador do desastre.

A principal finalidade do método é facilitar o planejamento dos sistemas de alívio, que são desenvolvidos com a finalidade de interferir nas cadeias de acidentes, com o objetivo de abortar e controlar estas seqüências de eventos intermediários.

Árvore de Falhas

Nesta técnica dedutiva de análise de riscos tecnológicos, percorre-se mentalmente um caminho oposto ao seguido, quando do estudo da árvore de eventos.

Neste caso, cada hipótese firme de desastre é estudada, a partir da focalização do evento topo que causou o desastre e, a partir do último evento, busca-se desenhar um diagrama lógico que especifique as várias combinações de eventos intermediários e iniciais, que podem culminar no desencadeamento do evento topo.

Recomenda-se a leitura do Manual de Planejamento em Defesa Civil Volume IV, para aprofundar conhecimentos relacionados com a Avaliação de Riscos de Desastres Tecnológicos.

3. Ocorrência

Sinistros em plantas e distritos industriais estão acontecendo, com freqüência e intensidade crescentes, em quase todos os países do mundo.

Embora estes desastres aconteçam com maior freqüência nos países mais desenvolvidos e industrializados, costumam causar maior volume de danos e de prejuízos nos países menos desenvolvidos, em função das maiores vulnerabilidades tecnológicas, econômicas, sócio-culturais e políticas dos mesmos.

Não existe risco zero, nem plantas e distritos industriais absolutamente imunes a desastres tecnológicos. Na realidade, existem riscos mínimos e aceitáveis e plantas e distritos industriais arquitetados e construídos com padrões de segurança adequados e aceitáveis pela sociedade.

Naqueles países onde a sociedade ainda não assumiu uma atitude política responsável sobre o nível de risco aceitável, tende a ocorrer um relativo afrouxamento relacionado com os padrões mínimos de segurança exigidos e, em conseqüência, aumenta a incidência desses desastres.

Os sinistros relacionados com incêndios, explosões e liberação de produtos perigosos, em plantas e distritos industriais, tendem a crescer no caso de indústrias que manipulam derivados de petróleo e outros produtos potencialmente perigosos, priorizando o planejamento preventivo, o planejamento da segurança industrial e a organização de Planos de Contingência – PLANCONT e de Planos de Auxílio Mútuo – PAM.

4. Principais Efeitos Adversos

Dentre as categorias de conseqüências gerais dos desastres antropogênicos de natureza tecnológica, com características de desastres focais, destacam-se as seguintes:

- *Incêndios, envolvendo material combustível sólido, líquido e gasoso, inclusive equipamentos eletrificados.*
- *Formação de bolas de fogo e explosão de vapores em expansão, a partir de combustíveis gasosos ou de combustíveis líquidos em ebulição – BLEVE.*
- *Explosões, que podem ocorrer em ambientes confinados e não confinados.*
- *Extravasamento de produtos perigosos, que podem ocorrer sob a forma de escapamento de gases, derrames líquidos ou de fugas multifásicas.*

- *Evaporação incrementada de produtos líquidos, em consequência de superaquecimento, e dispersão dos mesmos nos cenários de desastres e para a atmosfera.*
- *Contaminação e poluição do ar, da água e do solo por gases, elementos particulados, efluentes líquidos e despejos sólidos.*

Em circunstâncias de grandes incêndios, todas estas categorias podem ocorrer simultaneamente quando graves efeitos adversos de natureza física, química e biológica, ao atuarem sobre os corpos receptivos existentes nos cenários dos desastres.

Dentre os efeitos adversos, relacionados com incêndios, há que destacar os seguintes:

- *produção de radiações térmicas, ionizantes, ondas sonoras e outros efeitos irradiantes;*
- *combustíveis, ou intensas reações de oxidação, dos corpos combustíveis com o oxigênio comburente, com intensa propagação de chamas e de calor;*
- *produção de ondas de choque, causando fragmentação, desabamentos, desmoronamentos, soterramentos, impactos de projetis primários e secundários e outros efeitos mecânicos, inclusive ruptura de tímpano e de alvéolos pulmonares (Blast);*
- *lesões biológicas, provocadas pelas chamas e pelo calor, pelos efeitos mecânicos e por reações tóxicas causadas por produtos liberados no ambiente durante o incêndio;*
- *contaminações e poluições ambientais, com reflexos danosos para o biótopo e para os seres vivos que neles habitam.*

Evidentemente, os grandes incêndios, além de causarem intensos danos humanos, materiais e ambientais, podem provocar importantes prejuízos econômicos e sociais.

Quando as plantas e distritos industriais não são planejados em áreas de dimensões compatíveis, que permitam uma adequada nucleação, afastamento e estanqueidade dos focos de desastres potenciais, os riscos de que os incêndios se alastrem e generalizem são aumentados.

Da mesma forma, é desejável que as plantas e os distritos industriais sejam adequadamente afastados de áreas habitacionais vulneráveis a desastres tecnológicos e de áreas de riscos intensificados de desastres naturais e antropogênicos. Para tanto, as áreas que circundam estas indústrias devem ser protegidas contra a generalização dos sinistros, por intermédio de perímetros de segurança demarcados a distâncias compatíveis.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

É importante ressaltar que nas plantas industriais, onde os riscos de sinistros são aumentados, são instalados dois sistemas distintos, mas interconectados, de monitorização:

- *Sistema de Monitorização dos Processos Industriais, que detecta precocemente desvios significativos dos parâmetros de normalidade estabelecidos e desencadeia respostas do Sistema de Alívio, com o objetivo de abortar a cadeia de incidentes, antes mesmo da ocorrência do evento topo, desencadeador do desastre;*
- *Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme Anti-Sinistro que desencadeia a resposta do Sistema de Segurança e de combate aos sinistros, com o objetivo de controlar o desastre, no mais curto prazo, se possível, ainda na fase de quase-incêndio.*

No caso dos Sistemas de Monitorização dos Processos Industriais, a definição dos sensores periféricos das diferentes unidades de processamento depende do estudo acurado do processo industrial monitorizado e da definição dos parâmetros de normalidade dos processos, que caracterizam as diferentes etapas do processamento industrial.

O Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme Anti-Sinistro, normalmente, é constituído por:

- *sensores periféricos de chama, calor, ar ionizado e fumaça;*
- *dispositivos periféricos de alarme acionáveis manualmente;*
- *dispositivos periféricos de alarme que são disparados, automaticamente, todas as vezes que um equipamento de combate do fogo for acionado;*
- *órgão central do Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme, que funciona acoplado ao Centro de Comunicações;*
- *painel central, com dispositivos de alarme visual e sonoro, que permite a imediata localização da área sinistrada, que deu origem ao sinal de alarme;*
- *terminais telefônicos privilegiados, que permitam a rápida transmissão do aviso de alarme para:*
 - *as equipas operacionais da Brigada Anti-Sinistro orgânica da empresa;*
 - *as chefias dos serviços de segurança das demais empresas do Distrito Industrial, que participam do Plano de Auxílio Mútuo;*
 - *o comando da Unidade do Corpo de Bombeiros responsável pelo apoio do conjunto do Distrito Industrial.*

6. Medidas Preventivas

A redução dos desastres tecnológicos, como incêndios, explosões e vazamento de produtos perigosos, em plantas e distritos industriais, depende de três importantes conjuntos de planejamento, que devem ser desenvolvidos de forma interativa:

- **Planejamento Preventivo**, que é desenvolvido com a finalidade de reduzir a vulnerabilidade dos cenários de desastres e de implementar os órgãos do serviço de segurança, responsáveis pelo combate aos desastres.
- **Planejamento da Segurança Industrial**, que é desenvolvido com a finalidade de reduzir as ameaças, constituídas por eventos adversos potenciais e de abortar as seqüências de acidentes intermediários, antes da ocorrência do evento topo causador do desastre.
- **Planejamento de Contingência**, complementado nos Distritos Industriais, pelos Planos de Auxílio Mútuo, que são desenvolvidos com a finalidade de combater e controlar os desastres, sempre que possível, em suas fases iniciais.

O Manual de Planejamento em Defesa Civil, Volume IV, editado pela Secretaria Nacional de Defesa Civil, aprofunda estes métodos de planejamento. Recomenda-se o estudo dos Títulos V, VI e VII deste Manual, com o objetivo de reforçar conhecimentos sobre a elaboração destes planos.

a) Planejamento Preventivo

O planejamento preventivo é desenvolvido com especial ênfase na:

- *redução das vulnerabilidades dos cenários, por intermédio de medidas não-construtivas e construtivas;*
- *implementação de projetos de preparação para o enfrentamento dos desastres em condições otimizadas, enfatizando a organização do Serviço de Segurança Industrial e de sua principal ferramenta de atuação, que é a Brigada Anti-Sinistro.*

1) Estudo Sumário das Medidas Não-Estruturais

Dentre as medidas não-estruturais, desenvolvidas com a finalidade de reduzir os riscos de desastres, especialmente do alastramento de incêndios em áreas industriais, há que destacar as seguintes:

- *uso adequado do espaço geográfico;*
- *microzoneamento do cenário e urbanização da área industrial;*
- *implementação de legislação, regulamentos e normas de segurança.*

a) Uso adequado do espaço geográfico

Na escolha de um espaço geográfico, para localizar e construir uma planta ou distrito industrial, há que se considerar os seguintes fatores condicionantes:

- *distanciamento de áreas vulneráveis aos efeitos e conseqüências gerais dos desastres tecnológicos e de áreas de riscos de desastres naturais, antropogênicos e mistos;*
- *dimensionamento da área destinada à construção da planta industrial, que deve ser compatível com as necessidades de nucleação, compartimentação e distanciamento dos focos ou epicentros de riscos, com o objetivo de evitar a generalização dos desastres;*
- *geográficos, relacionados com a topografia, geologia, pedologia, hidrologia de superfície e de subsuperfície e condições atmosféricas e climatológicas da área considerada;*
- *ecológicos, relacionados com os biótopos naturais e modificados pelo homem e pelos seres vivos animais e vegetais que neles se desenvolvem e que podem ser afetados em circunstâncias de desastres;*
- *demografia da área e mobiliamento das áreas circundantes, com edificações sensíveis às conseqüências gerais e aos efeitos adversos dos desastres.*

b) Microzoneamento do Cenário e Urbanização da Área Industrial

Ao promover o microzoneamento do cenário e a urbanização da área industrial, há que considerar a necessidade de demarcação das seguintes áreas:

- **Áreas de Riscos Intensificados**, onde existe uma maior probabilidade de ocorrência de um desastre tecnológico. Estas áreas transformam-se em áreas críticas, em circunstâncias de desastres e apresentam uma elevada probabilidade de que o desastre ocorra.
- **Áreas de Exposição** de contorno circular ou elíptico, as quais são demarcadas ao redor das áreas de risco de desastres focais e que podem sofrer danos significativos, caso ocorra um sinistro. Estas áreas, demarcadas por perímetro de segurança, devem ser adquiridas pela empresa proprietária da planta industrial.

- **Áreas de Proteção Ambiental – APA** – que são estabelecidas nas imediações das plantas e distritos industriais e ao redor das áreas de disposição de resíduos sólidos (corpos de bota-fora) e de efluentes líquidos (bacias de contenção) resultantes do processamento industrial, com o objetivo de proteger os ecossistemas sensíveis contra os riscos de desastres.
- **Áreas Non-Aedificandi**, onde são vetados quaisquer tipos de edificações, que não sejam as da própria planta industrial. O descumprimento desta postura de veto deve implicar na cobrança de pesadas multas e na imposição de severas penalidades aos infratores.
- **Áreas Aedificandi com Restrições**, estas áreas podem ser estabelecidas tanto no interior da planta industrial, como em áreas periféricas e, no caso específico dos desastres tecnológicos de natureza focal, assumem as características de áreas de refúgio e de corredores verticais (escadas enclausuradas) e horizontais de circulação protegida, as quais são arquitetadas com a finalidade de aumentar as probabilidades de sobrevivência e a incolumidade das pessoas, em circunstâncias de desastres. As áreas e corredores de refúgio devem ter sua construção reforçada para resistirem por mais tempo aos efeitos danosos dos desastres, devem ser antecedidos por antecâmaras dotadas de portas corta-chamas e devem ser providos de exaustores de gases e de fumaças e de sistemas de iluminação autônomos.

c) Implementação de Legislação, Regulamentos e Normas de Segurança

A implementação de legislação, regulamentos e normas de segurança, relativas à redução de desastres tecnológicos em plantas e distritos industriais deve ser encarada como um direito da sociedade e como um dever do Estado.

Compete à União legislar sobre segurança industrial e implementar Regulamentos e Normas de Segurança compatíveis com os objetivos de reduzir as vulnerabilidades sociais aos riscos de desastres tecnológicos. Compete ao governo compulsar as empresas e a sociedade a cumprir a legislação e fiscalizar o bom cumprimento dos preceitos estabelecidos.

Os governos podem e devem sobretaxar os impostos das empresas que contribuem para incrementar os riscos de desastres tecnológicos, com valores proporcionais ao grau de risco representados pelas mesmas, e estabelecer multas e penalidades rigorosas para o descumprimento dos Regulamentos de Normas de Segurança.

Nestes casos específicos, os seguros contra danos e prejuízos causados a terceiros são considerados obrigatórios e as Companhias de Seguros, ao

estabelecerem o Regulamento de Tarefas de Seguro Incêndio do Brasil – RTISB – contribuíram para incrementar as preocupações com a segurança industrial, ao fixarem níveis e condições de segurança que, quando cumpridos, permitem a redução das tarifas.

De acordo com o RTISB, os riscos isolados são distribuídos por três classes de risco, que variam de “A” – riscos moderados, para “B” – riscos intensos e para “C” – riscos muito intensos.

Em função do padrão de construção, da ocupação do espaço geográfico e dos riscos inerentes aos processos de funcionamento são considerados também treze tipos ou categorias de riscos. Em função do nível de riscos, as plantas industriais que manipulam produtos perigosos são classificadas nas classes “B” e “C” e nas categorias que variam entre 6 e 13.

É assegurado ao governo o direito de fiscalizar as plantas e os distritos industriais e o segredo industrial é ressaltado dos riscos relacionados com a espionagem industrial.

2) Estudo Sumário das Medidas Estruturais

Dentre as medidas estruturais relacionadas com a prevenção de desastres tecnológicos com características focais, há que destacar as relativas à:

- estrutura arquitetônica
- segurança das estruturas e das fundações
- prevenção de incêndio
- estruturação dos sistemas de combate aos incêndios

a) Estudo da Estrutura Arquitetônica

Ao desenvolver o planejamento arquitetônico e funcional de uma planta industrial, há que destacar:

- A departamentalização e a compartimentação da unidade industrial que deve se adequar ao funcionamento interativo e articulado das unidades de processamento das unidades de apoio e de prestação de serviços e dos órgãos de apoio administrativo que compõem a planta industrial;
- O fluxo de pessoas e de coisas entre os diversos departamentos, unidades de processamento e unidades de apoio e, em conseqüência, a definição dos corredores preferenciais de circulação horizontal e vertical;

- *As necessidades das áreas de refúgio e de corredores protegidos com o objetivo de garantir a vida e a incolumidade das pessoas, em circunstâncias de desastres.*

O conceito de compartimentação, importantíssimo no caso dos desastres tecnológicos em instalações industriais, relaciona-se com a idéia de prever os prováveis focos de riscos intensificados de desastres, nucleá-los e isolá-los e, sempre que possível, distanciá-los de outras áreas sensíveis, com o objetivo de bloquear a propagação do sinistro e minimizar os danos conseqüentes. Pavimentos totalmente vazados, com divisórias leves de madeira, podem ser muito bonitos e flexíveis, mas são muito inseguros, em caso de incêndio, e facilitam a propagação do fogo.

Para que a compartimentação seja eficiente, é necessário que a estrutura de separação dos compartimentos seja construída para bloquear o fogo e retardar a propagação do desastre. Evidentemente, ao se planejar as estruturas de separação, deve-se considerar as principais categorias de conseqüências dos desastres possíveis e construí-las para cumprir o objetivo de garantir o máximo de estanqueidade e de capacidade de bloqueio aos efeitos adversos.

Ao se priorizar o planejamento das vias de acesso, em situação de normalidade e de anormalidade, permitindo um fluxo lógico de pessoas e de coisas entre os departamentos e as diferentes unidades de processamento e de apoio, se consegue arquitetar uma edificação segura e funcional, que permita reduzir desastres e minimizar danos, durante a fase operacional.

O planejamento arquitetônico das áreas de refúgio permite o atingimento dos seguintes objetivos específicos:

- *reduzir os danos humanos e implementar a incolumidade da força-de-trabalho, em circunstâncias de desastres;*
- *facilitar a evacuação de pessoas em risco e as atividades de busca e salvamento;*
- *facilitar o carregamento dos meios de combate aos sinistros;*
- *proteger as guarnições empenhadas no combate aos sinistros, que podem telecomandar as respostas a partir de Centros de Operações localizados em áreas de refúgio.*

Como estas atividades não podem ser improvisadas em circunstâncias de desastres, é imperativo que o planejamento arquitetônico considere com grande antecipação os objetivos que se pretende atingir.

b) Segurança das Estruturas e das Fundações

Plantas industriais devem ser planejadas e arquitetadas para serem seguras, salubres, funcionais e bonitas.

*Evidentemente, a preocupação inicial do planejamento da **segurança** das plantas industriais é direcionada para as fundações e para a estrutura do esboço construtivo.*

As estruturas devem ser planejadas e arquitetadas:

- em função do peso, volume e particularidades do funcionamento dos equipamentos a serem instalados;*
- de forma compatível com as dimensões e com o nível de complexidade das diversas unidades de processamento industrial;*
- com muito boa margem de segurança, com relação às categorias de conseqüência e aos efeitos adversos dos desastres previstos.*

As fundações devem ancorar e embasar a estrutura construtiva em rocha sólida e devem ser compatíveis com as estruturas previstas e com o peso e dimensão das edificações.

É importante considerar o arcabouço de forças que se desenvolvem numa edificação, em função da sua operacionalização e das acomodações decorrentes, e arquitetar uma estrutura flexível que trabalhe em função destas variáveis, mantendo o equilíbrio dinâmico da construção.

c) Medidas Construtivas relacionadas com a Prevenção de Incêndios e de outras Conseqüências Gerais de Desastres

A prevenção dos incêndios é planejada a partir do estudo do tetraedro de fogo e devem ser consideradas as variáveis relativas:

- à carga combustível;*
- ao oxigênio comburente;*
- às fontes de calor, de centelhas e de chamas*
- à reação exotérmica em cadeia*

Estudo da Carga Combustível

A carga de combustíveis sólidos, líquidos e gasosos deve ser minuciosamente estudada e reduzida ao mínimo compatível com o processo analisado.

A carga de combustíveis sólidos, especialmente a constituída por matérias celulósicas, como divisórias de madeira, móveis, cortinas, papéis de parede, carpetes e tapetes, deve ser reduzida ao mínimo indispensável, mesmo nas áreas administrativas. É importante recordar que materiais combustíveis podem ser tratados com substâncias que retardam o processo combustivo.

Caldeiras e depósitos de combustíveis devem ser adequadamente nucleados, compartimentados e distanciados das instalações sensíveis e uma atenção muito especial deve ser dada aos pontos de carga e descarga de combustíveis, buscando garantir o máximo de segurança operacional para estas instalações.

Os ductos e as tubulações transportadoras de combustíveis líquidos e gasosos devem receber uma atenção prioritária. É indispensável que:

- Os mesmos sejam absolutamente estanques, construídos com material de muito boa qualidade e dotados de juntas, conexões e válvulas de segurança absolutamente seguras e confiáveis.*
- Sejam facilmente acessíveis e sinalizados com código de cores, para facilitar as inspeções.*
- Sejam monitorizados por sensores periféricos medidores das condições de temperatura e de pressão e da velocidade de fluxo.*
- Evidentemente os sistemas de monitorização devem ser interligados com os sistemas de alívio, que permitam o bloqueio e o desvio da carga combustível, em caso de riscos de acidentes numa determinada unidade de processamento.*

Estudo da Carga Comburente

Numerosas indústrias utilizam oxigênio e ar comprimido no processamento industrial. Nestes casos, os ductos e tubulações transportadoras do elemento comburente devem ser planejados e construídos com cuidado semelhante ao das tubulações transportadoras de combustíveis, das quais devem ser adequadamente afastadas.

O fluxo do ar ambiental também deve ser estudado, considerando o chamado efeito venturi, relacionado com a ascensão concentrada e turbilhonada dos gases aquecidos, caracterizando o efeito chaminé, em circunstâncias de incêndio.

Para reduzir o efeito chaminé, no planejamento das edificações, há que considerar, com especial atenção:

- as escadarias com espaços vazados no vão central;
- as caixas verticais, por onde circulam os elevadores;
- os ductos verticais de ventilação.

É importante recordar que, em circunstâncias de incêndio, estes espaços vazados, em sentido vertical, comportam-se como chaminés de tiragem dos gases aquecidos e de labaredas, favorecendo a propagação do sinistro e bloqueando a circulação vertical de pessoas.

Nos compartimentos bloqueáveis, também pode-se planejar a aspiração do ar, após a evacuação de todas as pessoas, e a insuflação de gases inertes, com o objetivo de deter o processo combustivo.

Estudo das Causas de Ignição

A redução dos riscos de incêndio, além de depender da redução das cargas de combustíveis e de comburente, depende também da redução das causas de centelhamento e ignição, do controle das fontes de fogo e das bruscas elevações de temperatura, durante o processamento industrial.

No Brasil, a grande maioria dos incêndios não criminosos são provocados por sobrecarga na rede elétrica, em consequência de incorreções no planejamento ou de acréscimos não planejados na carga de consumo. Em nosso país, redes elétricas bem planejadas e bem instaladas, começam a ser sobrecarregadas, poucos dias depois de sua liberação. O hábito pernicioso de fazer proliferar ligações irregulares e não previstas está profundamente arraigado entre os brasileiros. Os “benjamins” são os equipamentos elétricos mais difundidos no Brasil e, aqui, qualquer leigo se acha competente, para estabelecer “gambiarra”.

No caso das indústrias, é imperativo que a instalação, operação e manutenção das redes de energia seja desenvolvida de acordo com normas rígidas.

Ao se planejar a distribuição da energia elétrica em grandes edificações e nas plantas industriais, é imperativo que se definam:

- *As diferentes compartimentações da rede de distribuição, constituindo subredes independentes e estanques, com o objetivo de reduzir os riscos de interferências, sobrecargas, piques de consumo e quedas bruscas da tensão;*
- *Em cada uma das subredes compartimentadas, as necessidades de equipamentos de proteção dos circuitos elétricos e, em alguns casos, de ampliação ou de redução dos potenciais.*

- *Quais as subredes que devem ser mantidas energizadas, por geradores de energia, em casos de interrupção dos sistemas de fornecimento de energia elétrica.*

Para reduzir os riscos de interrupções prejudiciais no fornecimento de energia elétrica, as redes elétricas das indústrias devem:

- *receber energia elétrica oriunda de, no mínimo, duas redes energizadoras diferentes;*
- *ser providas de geradores elétricos de emergência, com capacidade para manter energizadas as subredes consideradas como prioritárias.*

É importante recordar que, no Brasil, os fenômenos de centelhamento, produzidos por descargas atmosféricas, ocorrem com grande frequência e intensidade.

Por este motivo, os pára-raios das edificações e instalações industriais devem ser adequadamente planejados, instalados e aterrados.

No que diz respeito ao controle dos processos combustivos, inerentes ao processamento industrial, há que planejar adequadamente o funcionamento de caldeiras e de unidades de processamento e de apoio onde é necessário que a combustão ocorra de forma controlada. Nestes casos, estas instalações devem ser adequadamente:

- *planejadas, controladas e protegidas contra riscos de alastramento de incêndios;*
- *nucleadas e compartimentadas;*
- *distantiadas de áreas sensíveis.*

Há que recordar também os riscos de superaquecimento em consequência de atrito. Nestas condições, deficiências de nivelamento e outros defeitos na instalação de equipamentos com eixos de rotação, juntas e mancais e problemas de manutenção e de lubrificação destes equipamentos podem provocar incêndios.

Estudo das Reações Exotérmicas em Cadeia

As reações exotérmicas em cadeia, que são indispensáveis para que o processo combustivo seja mantido, dependem do efeito calor. O calor gerado pelas reações oxidativas mantém o processo combustivo.

Por tais motivos, em áreas de riscos intensificados de incêndios, há que considerar a instalação de fontes de refrigeração como:

- *chuveiros de teto ou “sprinkles”*
- *serpentina refrigerada*
- *outros equipamentos resfriadores*

Os sistemas de “chuveiros de teto” devem ser acionados, automaticamente, por sensores periféricos detectores de radiações ionizadas, radiações térmicas e fumaças. Estes sistemas devem responder precocemente e manter um volume de água vaporizada, que seja suficiente para reduzir a temperatura do ambiente vaporizado.

Os sistemas de serpentina refrigerada são planejados para funcionarem como sistemas de alívio, ao redor de ductos de combustíveis com elevados riscos de inflamação espontânea, em casos de elevações de temperatura. Estas serpentina são planejadas para entrarem em funcionamento todas as vezes em que o sistema de monitorização detectar perigosas elevações de temperatura, com tendência para atingir o ponto de inflamabilidade, em áreas onde é fácil o contacto entre combustível e comburente.

Sistemas de chuveiros, circundando a porção mais elevada dos tanques de combustível e que funcionam, automaticamente ou por controle remoto, em casos de superaquecimento, podem evitar a generalização de incêndios em áreas de tancagem.

Medidas Construtivas Relacionadas com a Redução dos Efeitos das Explosões

A redução da intensidade da onda de choque e de outros efeitos adversos provocados pelas explosões é conseguida:

- *pela adequada compartimentação e pelo distanciamento dos focos de riscos de explosões;*
- *pelo adequado direcionamento da onda de choque;*
- *pelo planejamento das áreas de refúgio.*

As indústrias de explosivos e outras onde os riscos de explosões são aumentados devem ser instaladas em terrenos compartimentados e adequadamente distanciados de áreas sensíveis.

A compartimentação natural pode ser complementada pela construção de barreiras constituídas por aterros artificiais muito bem compactados e consolidados. Em princípio, cada unidade de processamento, com riscos elevados de explosão, deve ser instalada num dos compartimentos do terreno, com o objetivo de evitar a generalização dos sinistros.

A onda de choque, sempre que possível, deve ser direcionada para cima e para o alto, com o objetivo de se dissipar no espaço aberto. Para tanto há que planejar paredes côncavas e lisas, com bases reforçadas e telhados que sejam facilmente levantados pela onda expansiva. As áreas de refúgio nestas instalações devem ser localizadas no sentido oposto ao do direcionamento da área de choque, podendo ser subterrâneas e protegidos por tetos e paredes reforçadas. É importante que, além de estanques, sejam precedidas por antecâmaras planejadas para reduzir a propagação da onda de choque. É importante recordar que a elevação brusca e violenta da pressão pode provocar nos seres humanos lesões graves, como ruptura dos tímpanos e dos alvéolos pulmonares. Este efeito denominado “efeito blast” pode ser reduzido se a câmara de refúgio for pressurizada.

Medidas Construtivas Relacionadas com a Redução dos Efeitos dos Vazamentos

Os produtos perigosos tendem a vazar para o meio ambiente, sob a forma gasosa, líquida ou particulada, quando estes produtos são combustíveis os riscos de incêndio são aumentados.

A redução dos riscos de vazamento de produtos potencialmente perigosos depende:

- da correta especificação, controle de qualidade, instalação e manutenção dos reatores e das tubulações, conexões e válvulas de segurança, responsáveis pela circulação destes produtos;*
- da adequada monitorização dos ductos e tubulações, por intermédio do controle da pressão interna e da velocidade do fluxo nos diversos segmentos dos sistemas tubulares;*
- do adequado planejamento dos sistemas de alívio planejados para desviar automaticamente o fluxo destes produtos, em caso de vazamento, até que o fluxo seja totalmente bloqueado;*
- da existência de adequados sistemas de exaustão – no caso de gases de elementos particulados – e de drenagem – no caso de líquidos extravasados;*
- da instalação de sistemas de monitorização ambiental que permitam a detecção precoce de vazamentos dos produtos perigosos mais prováveis, em função do processo industrial.*

De um modo geral, um Sistema de Combate a Incêndios é constituído por:

- Uma rede de monitorização, alerta e alarme*

- *Um subsistema de hidrantes*
- *Um subsistema de unidades extintoras*

Rede de Monitorização, Alerta e Alarme

Esta rede é constituída pelos seguintes equipamentos:

- *sensores periféricos responsáveis pela detecção de radiações ionizantes e térmicas e de chamas ou fumaças;*
- *dispositivos periféricos de alarme acionados manualmente;*
- *dispositivos de alarme, acionados automaticamente todas as vezes que um equipamento de combate a incêndios é utilizado;*
- *vias de comunicações aferentes que interligam os dispositivos periféricos com o órgão central do sistema de informações;*
- *centro de informações, que funciona como órgão central do sistema, para onde convergem todas as informações relacionadas com as atividades de monitorização, alerta e alarme;*
- *painéis com dispositivos visuais e sonoros, que permitem a imediata localização do foco de incêndio detectado;*
- *vias de comunicação eferentes interligadas a terminais telefônicos privilegiados, com o objetivo de facilitar o acionamento:*
 - *das equipas da Brigada Anti-Sinistro;*
 - *da Unidade do Corpo de Bombeiros responsável pelo apoio ao conjunto das instalações;*
 - *dos chefes do serviço de segurança das plantas industriais vizinhas, responsáveis pelo desencadeamento do Plano de Auxílio Mútuo.*

Subsistema de Hidrantes

Os hidrantes são distribuídos pela parte interna e externa das edificações a serem protegidas e a quantidade e a distribuição dos mesmos é regulada pelo Regulamento de Tarifas de Seguro Incêndio do Brasil – RTISB – em função das classes e categorias de riscos estabelecidos, em função de estudos de riscos de incêndios.

A localização dos hidrantes é planejada para:

- *facilitar o acesso e a operação dos mesmos; encurtar o prazo de acionamento dos mesmos; proteger os operadores, evitando que os mesmos sejam bloqueados por chamas ou atingidos por escombros. Todos os hidrantes devem ser equipados com: mangueiras, subdivididas em duas ou mais seções, providas em suas extremidades*

de engates tipo STORZ, que facilitem o rápido crescimento das mesmas, quando necessário. As mangueiras devem ser estanques e resistir a uma pressão equivalente a 150% da pressão operacional;

- esguichos, encaixados na parte terminal das mangueiras e destinados a formar e orientar os jatos de água;*
- requintes, na extremidade dos esguichos e destinados a dar forma aos jatos de água, podendo formar jatos sólidos ou neblina, em função das necessidades do combate ao fogo;*
- chaves de união usadas para abrir a válvula do hidrante.*

Os equipamentos devem ser construídos com materiais resistentes às pressões, indeformáveis e não corrosíveis, em condições normais de armazenamento e operações.

Os hidrantes devem ser conectados aos reservatórios de água por tubulações, que podem ser de aço galvanizado, aço preto ou de cobre. Só se admitindo PVC reforçado nas tubulações subterrâneas. O RTISB estabelece que o diâmetro mínimo das tubulações é de 63 milímetros e que a resistência à pressão deve corresponder a 150% da pressão operacional. As válvulas e registros devem ter as mesmas condições de resistência que as tubulações.

Os reservatórios elevados e subterrâneos devem preencher os seguintes requisitos:

- serem estanques e dotados de paredes lisas e à prova de infiltrações;*
- dotados de tampas que facilitem a inspeção;*
- disponham de indicadores de nível de água e de dispositivos de descarga ou ladrões.*

Os reservatórios elevados devem ter uma altura que garanta a pressão de funcionamento aos hidrantes situados nos andares mais elevados e uma capacidade mínima que garanta o suprimento a plena carga, por trinta minutos.

Os reservatórios subterrâneos devem ter uma grande capacidade de armazenamento e serem dotados de conjuntos moto-bombas, em condições de alimentar os reservatórios elevados e de garantir a pressão de água nos hidrantes.

Todo o sistema de hidrantes deve ser testado após a instalação e manutenção a intervalos regulares de tempo, com o objetivo de se garantir o adequado funcionamento do sistema, em caso de necessidade.

Todas as vezes que forem previstas condições ambientais incompatíveis com a fisiologia humana e com a garantia da incolumidade dos operadores,

nas proximidades dos focos de incêndio, devem ser previstos equipamentos especiais de combate a incêndios, telecomandados a partir de áreas de refúgio. Nestes casos podem ser previstos:

- tubulações circulares, localizadas no topo de tanques de combustíveis que, ao serem acionadas, deixam escorrer cortinas de água hiper-refrigerada, ao longo das paredes externas dos tanques;
- esguichos telecomandados e teledirecionados e responsáveis pela emissão de jatos de combate a incêndios cujos ângulos de elevação, direção e débito são comandados a distância por guarnições protegidas em áreas de refúgio;
- sistemas de aspiração de ar de compartimentos estanques e de insuflação de gases inertes que bloqueiam as reações combustivas.

Estudo dos Subsistemas de Extintores

O subsistema de extintores é um complemento indispensável do subsistema de hidrantes e parte integrante do Sistema de Combate a Incêndios. Quando acionados precocemente, os extintores são muito eficientes para garantir o abortamento dos sinistros em suas fases iniciais.

É importante estudar:

- os agentes extintores
- as unidades extintoras
- o posicionamento e a sinalização dos extintores

Os agentes extintores previstos no RTISB são os seguintes:

- gás carbônico
- pó químico
- espuma
- água-gás
- compostos halogenados
- soda-ácido

Os extintores de soda-ácido, embora previstos no RTISB, são pouco recomendados e tendem a cair em desuso.

Os extintores de dióxido de carbono atuam por abafamento, dificultando a reação do combustível com o oxigênio. Por atuar apenas sobre o fogo de superfície, são úteis para apagar fogo em líquidos inflamáveis e, por não serem

condutores de eletricidade, são úteis para atuar sobre equipamentos energizados. No entanto, são pouco eficientes no combate ao fogo em matérias celulósicas.

Os extintores de pó químico seco despreendem dióxido de carbono, ao entrarem em contato com as chamas. Apresentam as mesmas vantagens e desvantagens dos exaustores de dióxido de carbono, com a vantagem adicional de permitir elevadas concentrações de gás carbônico na ponta da chama.

Os extintores de espuma despreendem uma nuvem de espuma, formadas de bolhas de dióxido de carbono, que se liberam em contato com a chama e atuam por abafamento e por resfriamento, já que a liberação do gás absorve energia térmica. Os extintores de espuma são eficientes no combate ao fogo em combustíveis líquidos, menos eficientes, no caso de combustíveis sólidos, e contra-indicados no caso de fogo em matérias energizadas, por serem condutores de eletricidade.

Os extintores de água-gás utilizam água gaseificada e atuam por abafamento, resfriamento e encharcamento e são recomendados para controlar o fogo em combustíveis sólidos e celulósicos, menos indicados no caso de combustíveis líquidos e contra-indicados em matérias energizadas.

Os compostos halógenos são indicados nos casos de incêndios causados por substâncias pirofosfóricas, como o sódio, o potássio e o magnésio, quando todos os demais agentes extintores são ineficientes e contra-indicados. Nestes casos, além da halita mineral ou sal gema, areia e a limalha de ferro são indicados como abafantes.

As unidades extintoras são constituídas por um determinado número de extintores portáteis que são carregados com agentes extintores selecionados em função da natureza do fogo a ser extinto. O número de extintores depende da capacidade de extinção do fogo que foi planejado para a unidade e depende da área a ser protegida e do risco a proteger.

O RTISB exige um mínimo de duas unidades extintoras por pavimento e, em nenhuma hipótese, admite que um única unidade extintora se localize em escadarias ou cubra áreas de diferentes pavimentos. O posicionamento e a sinalização dos extintores também é regulado pelo RTISB.

Em princípio, as unidades extintoras são localizadas:

- próximas dos focos de risco, com o objetivo de facilitar o cumprimento da missão;
- em áreas que protejam os operadores contra riscos de traumatismos e de queimaduras;
- em locais que dificultem que operadores sejam bloqueados pelo fogo.

3) Estruturação do Serviço de Segurança

No Programa de Preparação para Emergências e Desastres, há que destacar os Projetos de Desenvolvimento Institucional e de Desenvolvimento de Recursos Humanos, que são promovidos com a finalidade de forjar os instrumentos responsáveis pela minimização dos desastres e pela atuação em circunstâncias de desastres.

Estes projetos relacionam-se com a estruturação, o equipamento e o adestramento do serviço de segurança e das equipes operativas que constituem estes serviços, diretamente subordinados à direção da empresa, são instituídos com a missão de prover segurança permanente às instalações industriais onde atuam e se articulam:

- internamente, com os diretores dos Departamentos de Produção Industrial, de Apoio Administrativo e do Pessoal, e, de forma muito estreita, com o Chefe do Serviço de Manutenção;
- externamente, com o Comandante da Unidade de Bombeiros responsável pelo apoio direto à planta industrial e com os Chefes dos Serviços de Segurança das Plantas Industriais vizinhas.

Normalmente, um serviço de segurança é constituído por:

- Um Centro de Informações para onde convergem os dados e informações captados pelo Sistema de Monitorização, Alerta e Alarme e garante a prontidão das respostas aos acidentes causadores de desastres tecnológicos.
- Uma Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA – órgão colegiado que tem por objetivo fundamental programar, implementar e fiscalizar atividades relacionadas com a prevenção de acidentes do trabalho e com o incremento das normas de segurança individual e coletiva.
- Uma Brigada Anti-Sinistro constituída pelos grupos de Combate aos Sinistros, de Segurança Química, de Busca e Salvamento e de Saúde e Atendimento Médico Emergencial.
- Órgãos de Segurança que atuam em apoio direto às Unidades de Processamento.
- Um Grupo de Manutenção de Material de Segurança.
- Um Serviço de Vigilância, responsável pelo disciplinamento do fluxo de pessoas e de coisas, no interior da planta industrial.

Quando a Empresa participa de Planos de Auxílio Mútuo – PAM, a Brigada Anti-Sinistro assume a responsabilidade de organizar um destacamento

responsável pelo apoio às demais Unidades de Segurança do Distrito Industrial em circunstâncias de desastres.

Atribuições do Chefe do Serviço de Segurança

O Chefe do Serviço de Segurança é o responsável, perante a Direção da Empresa, por todas as atividades de segurança relacionadas com a Planta Industrial e, nestas condições, tem as seguintes atribuições gerais:

- *dirigir o planeamento de segurança no âmbito da empresa, com especial atenção para os planeamentos preventivo, de segurança industrial e de contingência ou resposta aos desastres;*
- *participar do Plano de Contingência externo à indústria, sob a supervisão da autoridade local de Defesa Civil;*
- *participar do Plano de Auxílio (Apoio) Mútuo – PAM, no âmbito do Distrito Industrial;*
- *supervisionar a seleção do pessoal de segurança e indicar os que considerar mais aptos para o desempenho de cargos de chefia;*
- *supervisionar o treinamento do pessoal subordinado e do restante do pessoal da indústria, em atividades relacionadas com a segurança;*
- *comandar as operações de resposta aos desastres, no âmbito da planta industrial, até a chegada do Comandante do Destacamento de Bombeiros Militares;*
- *supervisionar a organização de um fichário de encargos, que detalhe a atuação de cada um dos elementos subordinados;*
- *organizar exercícios simulados, com o objetivo de testar o desempenho das equipes operativas e aperfeiçoar o planeamento;*
- *participar de exercícios simulados relacionados com o PAM;*
- *dirigir investigações e inquéritos para estudar todos os acidentes ocorridos, com o objetivo de reduzir a incidência dos mesmos;*
- *presidir as reuniões da CIPA, dinamizar a sua atuação e levar em consideração as recomendações deste importante órgão colegiado;*
- *articular e coordenar suas ações com:*
 - *os demais chefes de serviços e diretores de Departamentos da Empresa;*
 - *os demais chefes de serviço de segurança do Distrito Industrial;*
 - *a autoridade local do Sistema Nacional de Defesa Civil;*
 - *o Comandante da Unidade de Bombeiros Militares responsável pelo apoio direto à Planta Industrial.*
- *Supervisionar o funcionamento dos Sistemas de Monitorização, Alerta e Alarme, de Alívio e de Segurança Imediata, no âmbito da planta industrial;*

- *Propor, à Direção da Empresa, o orçamento anual do serviço de segurança e executar o orçamento aprovado.*

Atribuições dos Chefes dos Órgãos de Segurança responsáveis pelo Apoio Direto às Unidades de Processamento

O Serviço de Segurança desdobra órgãos de segurança responsáveis pelo apoio direto às Unidades de Processamento, com o objetivo de aumentar a velocidade e o nível de prontidão das respostas.

Os chefes destes órgãos são responsáveis, perante o Chefe do Serviço de Segurança, pelo apoio imediato dos setores para onde foram designados e desenvolvem intensas relações interativas com os chefes das Unidades de Processamento e com os chefes das equipas de manutenção responsáveis pelo apoio imediato a estas unidades. Nestas condições, os chefes destes órgãos têm as seguintes atribuições:

- *comandar a equipe de segurança responsável pelo apoio imediato a unidade de processamento que lhe foi designada;*
- *informar diariamente ao chefe do Serviço de Segurança sobre o andamento do setor e, imediatamente, sobre acidentes que ocorram em sua área de jurisdição;*
- *inspecionar a instalação a seu cargo, sob o aspecto de segurança, considerando com prioridade o desempenho do equipamento e a adequação dos procedimentos padronizados de segurança;*
- *acompanhar os processamentos industriais que apresentem riscos intensificados de acidentes;*
- *acompanhar as atividades de manutenção, com especial cuidado para as dos equipamentos de segurança e certificar-se do bom funcionamento dos equipamentos relacionados com os sistemas de monitorização e de alívio;*
- *participar das reuniões diárias da Unidade de Processamento, quando são estabelecidas as metas a serem atingidas durante a jornada de trabalho, aproveitando a reunião para recordar os procedimentos padronizados relacionados com a segurança individual e coletiva;*
- *manter o nível de treinamento do pessoal subordinado e participar de exercícios simulados.*

Em circunstâncias de acidentes compete ao chefe do Setor de Segurança:

- *informar imediatamente ao chefe do serviço de segurança;*
- *comandar as ações iniciais de combate ao sinistro;*

- *dar início ao plano de evacuação das pessoas não envolvidas nas ações de resposta ao desastre.*

Missões Específicas dos Grupamentos Especializados da Brigada Anti-Sinistro

1) Ao Grupamento de Combate aos Sinistros compete:

- *desencadear o alarme e o Plano de Contingência, quando se tornar necessário;*
- *alertar a Unidade do Corpo de Bombeiros responsável pelo apoio direto à planta industrial e os comandantes de Destacamento das demais plantas industriais participantes do PAM e desencadear o Plano de Chamada, quando necessário;*
- *combater o sinistro, de acordo com o planejado, utilizando todos os equipamentos de segurança disponíveis, inclusive hidrantes e extintores de incêndio, concentrando as ações no foco de incêndio, no mais curto prazo possível;*
- *retirar corpos combustíveis das proximidades dos focos de incêndio;*
- *acionar válvulas de segurança, com o objetivo de bloquear vazamentos de produtos potencialmente perigosos;*
- *relatar as circunstâncias do sinistro e as providências em curso, ao chefe do Destacamento de Bombeiros Militares, quando de sua chegada;*
- *apoiar o trabalho das guarnições de bombeiros militares, quando estas assumirem a responsabilidade pelo combate ao sinistro;*
- *participar do Destacamento da Brigada Anti-Sinistro em operações de combate aos sinistros ocorridos em outras plantas do distrito industrial, de acordo com o estabelecido nos Planos de Auxílio Mútuo;*
- *desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.*

2) Ao Grupamento de Segurança Química compete:

- *realizar os procedimentos necessários à interrupção de reações químicas desenvolvidas no processo industrial, em circunstâncias de desastres e com o máximo de segurança possível;*
- *acionar os sistemas de alívio, conforme estabelecido no planejamento da segurança industrial;*
- *realizar operações de transbordo de produtos perigosos (combustíveis) armazenados em tanques situados nas proximidades dos focos de desastres, para tanques localizados em áreas seguras, por intermédio de tubulações subterrâneas;*

- *acionar sistemas de aspiração de gases e de drenagem de líquidos extravasados, com o objetivo de reduzir os riscos relacionados com a contaminação ambiental com produtos perigosos;*
- *injetar produtos inertes, com o objetivo de deter reações químicas em reatores localizados nas proximidades dos focos de desastres;*
- *desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.*

3) Ao Grupamento de Busca e Salvamento compete:

- *conduzir a evacuação de todo o pessoal que não estiver diretamente empenhado nas operações de combate ao sinistro, por vias de fuga ou eixos de evacuação pré-estabelecidos;*
- *buscar, salvar e resgatar todas as pessoas afetadas pelo sinistro, evacuando-as das áreas críticas, para áreas seguras;*
- *bloquear a entrada de pessoas não autorizadas nas áreas críticas onde estiverem ocorrendo as atividades de combate aos sinistros;*
- *retirar todos os veículos estacionados nas proximidades dos pavilhões afetados pelo sinistro;*
- *manter abertas e desobstruídas as vias de acesso ao local do sinistro com o objetivo de facilitar a manobra dos trens de combate ao sinistro;*
- *apoiar e reforçar a ação dos demais grupamentos;*
- *desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.*

4) Ao Grupamento de Saúde e de Atendimento Médico Emergencial compete:

- *ministrar os primeiros socorros e o atendimento médico emergencial aos pacientes vitimados pelos sinistros;*
- *rever as medidas de primeiros socorros, especialmente as imobilizações provisórias realizadas por componentes dos outros grupamentos;*
- *ministrar tratamento médico emergencial aos pacientes intoxicados;*
- *conduzir pacientes intoxicados, por mecanismos de contato direto do produto tóxico com a pele ou mucosas, para áreas de duchas onde os mesmos se despirão e se banharão, por prazos superiores a 15 minutos;*
- *lavar as conjuntivas oculares atingidas por produtos tóxicos, por prazos superiores a 15 minutos;*
- *aspirar, por meios mecânicos, produtos cáusticos e corrosivos, que reagem com a água, e os intensamente reagentes, antes de banhá-los com produtos neutralizadores suaves;*
- *proceder a reanimação cardiorrespiratória e manter a ventilação pulmonar de pacientes que sofreram parada cardíaca e/ou respiratória;*

- encaminhar, às unidades de queimados, politraumatizados ou de intoxicados os pacientes que necessitam de tratamento especializado;
- providenciar a continuidade do tratamento médico, nos hospitais de apoio;
- documentar os diagnósticos e as medidas terapêuticas adotadas e preencher as fichas de atendimento emergencial;
- providenciar o embarque dos pacientes estabilizados em ambulâncias responsáveis pela remoção dos mesmos;
- desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.

5) Atuação dos Grupamentos das Brigadas

Em muitos distritos industriais os riscos de generalização dos desastres estão sempre presentes. Nestas condições, duas medidas gerais, extremamente importantes, devem ser consideradas:

- concentrar o máximo possível de recursos de combate aos sinistros nas proximidades da área conflagrada;
- garantir que a resposta concentrada e articulada seja desencadeada com o máximo de prontidão.

A percepção da importância do problema e das necessidades de solução, levaram os diretores de empresas a concertar um conjunto de atitudes positivas relacionadas com o Plano de Auxílio (apoio) Mútuo. Os desdobramentos naturais do PAM conduziram para a formação de um Serviço de Segurança Supra-Empresarial, assessorado por um comitê, do qual participam todos os chefes de serviço de segurança das empresas apoiadas, o comando da Unidade de Bombeiros Militares responsável pelo apoio imediato do distrito industrial e a autoridade local de Defesa Civil.

O próximo passo foi a criação da Brigada de Segurança do Distrito Industrial que, quando acionada, recebe destacamentos das Brigadas Anti-Sinistro das plantas industriais.

A estrutura do destacamento não é fixa e pode variar em função das características dos sinistros. O deslocamento dos destacamentos é feito em trens de combate aos sinistros, que são constituídos por mais de duas viaturas especializadas.

Evidentemente, para evitar imprevistos e garantir a articulação dos destacamentos que constituem a Brigada do Distrito Industrial, é necessário que se planeje a atuação dos mesmos e que se realizem exercícios simulados para testar o desempenho das equipes.

6) Apoio do Corpo de Bombeiros Militares

Em princípio, uma Unidade de Bombeiros é designada para atuar na área do distrito industrial, com a responsabilidade de garantir o apoio direto e imediato às plantas industriais localizadas neste distrito.

As necessidades de apoio adicional de outras unidades do Corpo de Bombeiros, em casos de grandes conflagrações, são encaminhadas pelo Comando da Unidade responsável pelo apoio imediato.

É normal que os empresários colaborem financeiramente com o Corpo de Bombeiros, com o objetivo de garantir que a unidade responsável pelo apoio imediato seja muito bem equipada e adestrada.

Por outro lado, o comando da unidade de Apoio direto deve se aprofundar no estudo dos problemas específicos das indústrias apoiadas e aperfeiçoar, ao máximo, as condutas de atendimento.

A unidade deve estar plenamente familiarizada com os Planos de Contingência das diversas plantas industriais e com o Plano de Apoio (Auxílio) Mútuo dos Distritos Industriais e, evidentemente, o Comando deve estar capacitado para opinar sobre os mesmos e para cumprir as missões estabelecidas.

É imperativo que todas as guarnições de equipes de bombeiros da Unidade de Apoio Imediato visitem periodicamente as plantas industriais e se familiarizem com suas instalações e equipamentos de segurança.

O treinamento e a reciclagem do pessoal das Brigadas Anti-Sinistro das Plantas Industriais é realizado sob a supervisão do Comando da Unidade de Bombeiros, que participa obrigatoriamente de todos os exercícios simulados realizados no Distrito Industrial.

É recomendável que, na entrada de cada um dos pavilhões que compõem a planta industrial, seja instalada uma caixa de correspondência de uso privativo do Corpo de Bombeiros, onde são acondicionados:

- um exemplar do Plano de Contingência*
- uma planta baixa das instalações, com a exata localização de todos os equipamentos de segurança*

7) Atuação do Serviço de Vigilância

O Serviço de Vigilância é organizado com o objetivo de disciplinar o fluxo de pessoas e de coisas no interior da Planta Industrial e defender a empresa contra riscos de sabotagem e de espionagem industrial.

Compete ao Serviço de Vigilância estabelecer barreiras disciplinadoras do fluxo de pessoas e de coisas, identificar todas as pessoas que circulam nas instalações e permitir que somente pessoas autorizadas penetrem em áreas restritas.

As câmaras de televisão de controle remoto permitem um muito bom controle das pessoas circulantes e, em muito casos, são montados portais de passagem obrigatória, dotados de detectores de metais, esteiras com aparelhos de raio x e outros aparelhos de detecção automática de armas, câmaras fotográficas, filmadoras e de outros equipamentos utilizados em espionagem industrial.

Todas as vezes que considerarem necessário, os vigilantes estão autorizados a proceder revistas metódicas das pessoas e de material em trânsito.

Em circunstâncias de desastres, o pessoal do Serviço de Vigilância colabora com a Brigada Anti-Sinistro, apoiando as atividades de evacuação e bloqueando vias de acesso às áreas restritas, onde está ocorrendo o sinistro.

b) Planejamento da Segurança Industrial

Recomenda-se a leitura do Título VI – Planejamento de Segurança Industrial – do Manual do Planejamento em Defesa Civil - Volume IV. No presente estudo serão apresentadas algumas idéias gerais sobre o processo. Há que considerar os riscos de atentados terroristas contra as instalações e adestrar o serviço de vigilância para reduzir estes.

A metodologia do Planejamento da Segurança Industrial implica no estudo minucioso dos seguintes itens:

- *Redução das Ameaças externas ao Sistema;*
- *Redução das Falhas dos Equipamentos;*
- *Redução dos Erros Humanos;*
- *Redução das Vulnerabilidades Ambientais;*
- *Redução das Vulnerabilidades dos Recursos Humanos.*

1) Redução das Ameaças Externas ao Sistema

As ameaças externas ao sistema envolvem os desastres naturais decorrentes de fenômenos da natureza como deslizamentos de solo, inundações, incêndios florestais, tempestades, chuvas de granizo e outros. Também envolvem os riscos de generalização de desastres antrópicos ocorridos em instalações vizinhas e os riscos relacionados com a interrupção do fornecimento de água e energia.

Evidentemente, a prevenção destes desastres depende de medidas não-estruturais com destaque para o uso racional do espaço geográfico, especialmente o distanciamento das plantas industriais das áreas de riscos intensificados de desastres.

As medidas estruturais também são de capital importância, as plantas industriais devem ser adequadamente construídas e protegidas com o objetivo de elevar seu nível de segurança intrínseca das instalações.

Como todas as indústrias de porte são altamente dependentes do suprimento de água e de energia, há que aumentar a segurança das instalações contra riscos de colapso destes suprimentos críticos.

É importante iniciar o planejamento determinando o fator de consumo diário de água e de energia. No caso da água, aumentar a capacidade de armazenamento e alternativas de suprimento.

No caso da energia elétrica, há que aumentar as alternativas de suprimento, utilizando, no mínimo, duas redes de suprimento de energia diferentes e instalar geradores de energia, para garantir o suprimento de áreas críticas, em caso de colapso do sistema energético.

Como as modernas plantas industriais são altamente dependentes de computadores, que não aceitam interrupções, mesmo que breves, no fornecimento de energia, no planejamento de segurança, há que prever a instalação de sistemas de pilhas ultrapotentes, que assumem instantaneamente o suprimento de energia elétrica, em casos de quedas bruscas do fornecimento de energia.

É importante considerar que, em muitas indústrias, o colapso no fornecimento de água ou de energia pode desencadear uma condição insegura, que pode evoluir para um desastre de grande proporções.

No planejamento da segurança contra desastres antropogênicos, há que considerar prioritariamente os riscos:

- de propagação de desastres de instalações vizinhas;*
- de incêndios extemporâneos de natureza acidental ou criminoso;*
- de sabotagem*

Os riscos de propagação de desastres de áreas vizinhas, como já foi ventilado neste trabalho, exigem que se use racionalmente o espaço geográfico e que se pense em ajudar o vizinho, para impedir que o sinistro se propague e atinja sua instalação.

No Brasil, uma causa importante de incêndios extemporâneos é a queda de balões em instalações sensíveis. Este problema exige que se invista em campanhas educativas e repressivas e que se mobilize um sistema de vigilância e combate a este tipo de incêndio, nas instalações industriais sensíveis.

No caso das sabotagens, há que caracterizar inicialmente que não existem sistemas de segurança absolutamente seguros. O sabotador profissional estudará previamente os sistemas de segurança e buscará falhas que poderão ser exploradas no planejamento de sua ação. Também é importante caracterizar que o sabotador contará com o elemento surpresa, para ser bem sucedido.

A melhor forma de planejar a segurança contra a sabotagem é vestir a pele do sabotador e pensar: o que eu faria se estivesse em seu lugar? Neste Caso específico, o procedimento padronizado representa vulnerabilidade, porque o sabotador procurará tomar partido de sistemas de defesa pouco flexíveis para planejar sua ação.

A regra básica de planejamento da segurança, no caso de combate aos sabotadores é a seguinte:

- *vigie todas as possíveis vias de infiltração, utilizando o máximo de recursos eletrônicos e humanos que for possível;*
- *estabeleça barreiras em todas as vias de infiltração e defenda e vigie estas barreiras;*
- *planeje o reforço destas barreiras por forças móveis que tenham condições de reagir e contra-atacar no mais curto prazo possível;*
- *planeje e arquitete o melhor sistema de monitorização, alerta e alarme que puder para neutralizar os riscos de infiltração;*

Redução das Falhas dos Equipamentos

Todas as vezes que se pensa em reduzir os riscos de falhas nos equipamentos, se está pensando em aumentar o nível de confiabilidade dos mesmos.

A confiabilidade pode ser conceituada como:

- *A propabilidade de que um sistema, subsistema, equipamento ou peça de reposição desempenhe adequada e satisfatoriamente suas funções específicas, durante um período determinado de tempo e sob um conjunto estabelecido de condições operacionais.*

Em conclusão, a confiabilidade deve ser entendida como uma medida de qualidade que depende da especificação dos equipamentos de melhor capacidade de desempenho e considera prioritariamente as variáveis tempo e condições de operacionalização e é altamente dependente do planejamento das atividades de manutenção preventiva.

A redução dos riscos de desastres provocados por falhas de equipamentos depende de alternativas de gestão, relacionadas com as seguintes medidas gerais:

- especificação minuciosa dos equipamentos;
- recepção, conferência e supervisão da montagem dos equipamentos;
- testes de desempenho; manutenção preventiva;
- monitorização das atividades de processamento;
- desenvolvimento dos sistemas de alívio;
- desenvolvimento dos sistemas de segurança industrial.

Importância da Especificação

Uma adequada e minuciosa especificação dos equipamentos que serão instalados, pela empresa montadora, na futura planta industrial, é de capital importância para garantir o bom desempenho da instalação na fase operacional. Sem nenhuma dúvida, a especificação é a etapa mais importante do planejamento da implantação de uma unidade industrial.

Qualquer falha de especificação repercutirá desfavoravelmente no futuro desempenho da planta e os problemas operacionais, quando detectados, serão de solução mais difícil.

É imperativo que a especificação dos equipamentos seja minuciosamente debatida, entre as equipes técnicas da empresa contratante e da empresa contratada para detalhar o planejamento industrial.

Todas as vezes que um equipamento for incorretamente especificado a empresa montadora poderá adquirir o mais barato, o qual nem sempre é o mais confiável e durável.

Ao especificar os equipamentos industriais, as equipes técnicas deverão ser norteadas pelos seguintes princípios gerais:

- segurança não tem preço;
- economizar, especificando equipamentos menos seguros e confiáveis, acaba gerando gastos mais elevados no futuro;
- uma especificação adequada maximiza o nível de confiabilidade dos equipamentos e da própria planta industrial;

- *na especificação, o critério de confiabilidade deve ser considerado de forma preponderante.*

Devem ser especificadas, com maior prioridade os chamados comandos de estudo, que são constituídos pelos seguintes equipamentos e sistemas:

- *tubulações, conexões e válvulas de pressão;*
- *reatores, ou seja, os cadinhos onde as reações químicas são processadas;*
- *os demais equipamentos efetores, utilizados no processamento industrial;*
- *os sistemas responsáveis pela monitorização do processamento industrial;*
- *os sistemas de alívio;*
- *os sistemas de segurança industrial;*
- *os painéis indicadores do andamento do processo industrial;*
- *os sistemas responsáveis pela proteção ambiental interna e externa à unidade;*
- *os sistemas e equipamentos de proteção individual e coletiva.*

É evidente que somente equipes técnicas muito experientes e conhecedoras do processo industrial, objeto do planejamento e dos equipamentos disponíveis, no mercado nacional e internacional, têm condições de especificar corretamente.

Recepção, Controle de Qualidade e Montagem dos Equipamentos

Os equipamentos adquiridos, ao serem recebidos, são conferidos com o que foi especificado e, sempre que possível, são testados.

A montagem dos equipamentos, nas unidades de processamento deve ser acompanhada e supervisionada. A preocupação com o nivelamento deve ser preponderante. Qualquer equipamento desnivelado se desgastará gradualmente, independentemente de sua qualidade, e tenderá a aquecer.

Todas as vezes que a instalação for concluída, deverá ser submetida a testes de funcionamento.

• Manutenção Preventiva

Após iniciada a operação, as atividades de manutenção preventiva crescem de importância.

De uma maneira bastante genérica a Manutenção é desenvolvida em 5 (cinco) escalões:

- *O primeiro escalão de manutenção é de responsabilidade do próximo operador do equipamento, procede a pequenos ajuste e periódicas lubrificações autorizados.*
- *O segundo escalão de manutenção é da responsabilidade da Seção de Manutenção orgânica da Unidade de Processamento, que procede às manutenções previstas nos calendários e troca itens do equipamento com prazo de durabilidade ultrapassado ou com defeitos, por itens novos oriundos de fábrica.*
- *O terceiro escalão de manutenção é da responsabilidade das equipes móveis e especializadas da Divisão de Manutenção da Unidade Industrial.*
- *O quarto escalão de manutenção é da responsabilidade da Seção de Apoio Pesado da Divisão de Manutenção, que executa suas atividades de retaguarda.*
- *O quinto escalão de manutenção é da responsabilidade da empresa produtora do equipamento ou de seus representantes autorizados e são realizados sob a supervisão da divisão de manutenção.*

Em análise de riscos de desastres tecnológicos, o conceito de recorrência de desastres e de acidentes relaciona-se com o número de horas de funcionamento, que caracterizam os ciclos ou períodos de operação. Em consequência, torna-se imperativo determinar o número efetivo de horas de trabalho, a partir do qual uma determinada ameaça de acidente pode caracterizar-se, caso não seja realizada uma adequada manutenção preventiva.

Nestas condições, não se substituem peças defeituosas, mas sim peças que atingiram o número de horas de funcionamento estabelecido para as mesmas.

As peças são substituídas por peças de fábrica e somente os quarto e quinto escalões de manutenção são autorizados a reparar peças retiradas, testá-las e fazê-las retomar a cadeia de suprimento.

- **Estudo dos Sistemas Responsáveis pela Monitorização dos Processos Industriais**

De uma forma bastante genérica a Monitorização dos Processos Industriais é conceituada como:

- a observação, a medição, o registro, a comparação e a avaliação, repetitiva e continuada, dos parâmetros de funcionamento e dos dados técnicos relativos ao processo estudado, de acordo com esquemas pré-estabelecidos no tempo e no espaço e utilizando métodos comparativos, com a finalidade de:
 - estudar todas as possíveis variáveis dos processos e fenômenos observados;
 - identificar os parâmetros de normalidade e, a partir dos mesmos, todos os desvios significativos do processo;
 - facilitar a tomada de decisões e permitir a articulação de respostas coerentes e oportunas.

Com o desenvolvimento do estudo dos sistemas ficou patente a importância da monitorização dos processos e da retroalimentação sistêmica. Com o objetivo de garantir a homeostasia e o equilíbrio dinâmico dos sistemas e o arranjo funcional e estrutural dos mesmos.

O conceito de homeostasia foi popularizado por *Claude Bernard*, eminente fisiologista francês, com o significado de:

- manutenção do estado de equilíbrio dinâmico de um organismo vivo com relação as suas várias funções e a composição química de seus fluídos, células e tecidos, as quais são indispensáveis à continuidade do processo vital.

Este conceito foi apropriado ao estudo de todos os sistemas e permitiu o desenvolvimento da *Cibernética* (do grego *Kiderne* + *tike* – a arte do piloto) que é a ciência que estuda os processos de comunicação e os mecanismos de controle dos organismos vivos e das máquinas complexas. Evidentemente, o estudo da *Cibernética* permitiu o avanço da neurofisiologia e a melhor compreensão dos mecanismos de controle dos organismos vivos permitiu o avanço no desenvolvimento das máquinas complexas.

As influências da Neurologia no estudo da *Cibernética* ficam patentes, quando se constata que os sistemas de monitorização foram arquitetados para funcionarem de maneira semelhante ao sistema nervoso dos organismos animais mais evoluídos. Nestas condições, os sistemas de monitorização são constituídos por:

- sensores periféricos;
- vias de comunicações aferentes, centrípetas ou ascendentes;

- *monitores ou centros de integração, que são localizados em diferentes níveis do sistema;*
- *vias de comunicação de enlace, responsáveis pela interligação entre os diferentes centros de integração sistêmicos;*
- *vias de comunicação eferentes, centrífugas ou descendentes;*
- *órgãos efetores que se responsabilizam pelo desencadeamento de respostas pré-estabelecidas.*

As vias de comunicações aferentes, à semelhança dos nervos sensitivos, interligam os sensores periféricos com os centros de integração, ou monitores, enquanto que as vias de comunicações eferentes, à semelhança dos nervos motores, interligam os monitores com os órgãos efetores. As vias de enlace, ao interligarem os monitores de menor hierarquia, com os monitores centrais, permitem que os sistemas funcionem como um “todo organizado”, caracterizando os organismos.

Nos monitores ou centros de integração, os dados relativos aos parâmetros de funcionamento, captados pelos sensores periféricos, são comparados e cotejados com um repertório de informações, previamente armazenadas, com a finalidade de:

- *identificar desvios significativos dos padrões de normalidade estabelecidos;*
- *definir as tendências evolutivas dos processos ou fenômenos, que estão sendo monitorizados;*
- *articular respostas sistêmicas adequadas, quando estas se tornarem necessárias com o objetivo de restabelecer o equilíbrio dinâmico;*

No que diz respeito à monitorização dos processos industriais não há exagero em se informar que, qualquer função ou processo pode ser monitorizado. É cada vez maior o número de empresas que se especializam no desenvolvimento de sistemas de monitorização, de tal forma que, nas condições atuais, qualquer necessidade de monitorização pode ser atendida.

Conclusivamente, a monitorização permite a retroalimentação e a auto-regulação dos sistemas e é de capital importância para garantir o equilíbrio dinâmico dos sistemas controlados e para restabelecer a homeostasia.

A auto-regulação dos sistemas homeostásicos evita que os mesmos involuam para anti-sistemas caóticos e, sem nenhuma dúvida, os desastres são conseqüência de desarranjos e se caracterizam como manifestações do caos.

• Estudo dos Sistemas de Alívio

Por definição, sistema de alívio é um conjunto de equipamentos, processo e procedimentos padronizados, que são planejados e arquitetados para responderem a uma seqüência de eventos adversos acidentais, interferindo na mesma, com o objetivo de bloquear a propagação da seqüência, minimizar a intensidade dos eventos e, quando possível, restabelecer o equilíbrio do sistema e abortar o desastre.

Os sistemas de alívio devem ser arquitetados para atuarem como órgãos efetores, ou de resposta, dos sistemas de monitorização. O estudo das Árvores de Falhas e das Árvores de Eventos e dos demais métodos de avaliação de riscos tecnológicos – desenvolvidos no Capítulo II do Manual de Redução de Desastres Tecnológicos de Natureza Focal contribuem para melhorar o planejamento desses sistemas.

Como as atividades de pesquisas nesta área são muito intensas, qualquer tentativa de sistematização de todos os possíveis sistemas de alívio será, rapidamente, ultrapassada pelas pesquisas.

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

- 1. Reduzir a velocidade do fluxo de produtos reagentes, no interior das tubulações, em casos de superaquecimento, hipertensão, vazamentos e outros desvios significativos dos parâmetros de normalidade estabelecidos.*
- 2. Desviar o fluxo de produtos perigosos no interior dos sistemas tubulares, no caso de vazamento destes produtos ou de riscos intensificados de incêndios e explosões, por intermédio de sistemas alternativos de tubulações, comandados por válvulas de segurança.*
- 3. Resfriar automaticamente tubulações, em casos de superaquecimento, por intermédio de sistemas trocadores de energia, como as serpentinas refrigeradas, que são acionadas automaticamente.*
- 4. Resfriar automaticamente o ambiente, por intermédio de chuveiros de teto (sprinklers), que são acionados automaticamente em casos de detecção de radiações ionizantes, radiações calóricas, fumaça ou chamas no ambiente monitorizado.*
- 5. Resfriar tanques, depósitos de combustíveis e reatores, localizados nas proximidades de focos de incêndio, por intermédio de cortinas de*

água hiper-refrigerada, que deslizam resfriando as paredes externas, ou por intermédio de sistemas telecomandados e teledirecionados de lançamento de jatos de água ou de soluções salinizadas hiper-refrigeradas.

- 6. Esvaziar tanques ou depósitos de combustíveis, localizados nas proximidades de focos de incêndios de grande intensidade, por intermédio de sistemas telecomandados de tubulações subterrâneas que são arquitetados para transferir estes produtos, para sistemas de tancagem localizados em áreas seguras.*
- 7. Substituir o ar por gases inertes, como dióxido de carbono e o nitrogênio, em focos de incêndio localizados em compartimentos estanques, após a rápida evacuação e o bloqueio de todas as aberturas de comunicação.*
- 8. Injetar produtos inertes, bloqueadores de reações químicas e neutralizadores no interior de tubulações alimentadoras de reatores ou câmaras de reação, quando forem detectados parâmetros indicadores de hiperatividade química.*
- 9. Regular a velocidade das esteiras e do giro de tambores, em função da detecção de desvios significativos dos parâmetros de normalidade do processo.*

Os Sistemas de Alívio são arquitetados com a finalidade de interferir, o mais precocemente possível, numa seqüência de eventos acidentais, com o objetivo de bloqueá-la antes que ocorra o evento topo desencadeador do desastre.

• Redução de Falhas dos Equipamentos de Segurança

Por definição, Sistema de Segurança é um conjunto de equipamentos, equipes especializadas, normas e procedimentos padronizados, que é previsto e planejado a partir do ante-projeto da Planta Industrial e que é arquitetado com a finalidade de atuar em circunstâncias de desastres e de articular respostas adequadas, com o objetivo de restabelecer a situação de normalidade, no mais curto prazo possível.

O Sistema de Segurança é concebido como um megassistema que perpassa os planejamentos preventivos, de segurança industrial e de contingência, devendo ser desenvolvido a partir da avaliação de riscos de

desastres tecnológicos, que caracteriza as hipóteses firmes de desastres possíveis de ocorrerem na Planta Industrial estudada.

Evidentemente a prontidão das respostas depende de uma permanente preocupação com a manutenção preventiva dos equipamentos de segurança, para evitar a ocorrência de falhas, no momento da ação.

- **Redução dos Erros Humanos**

- **Importância da Verificação das Causas de Desastres**

Todos os desastres tecnológicos acontecidos devem ser obrigatoriamente investigados para se verificar suas causas e, com especial atenção, o evento inicial, que deu origem a cadeia de eventos acidentais que acabou provocando o desastre.

Os estudos epidemiológicos dos desastres investigados caracterizam que, na grande maioria, estes desastres foram provocados por erros humanos e que os mesmos foram induzidos por:

- *condições ambientais desfavoráveis, inadequadas e inseguras;*
- *desenhos inadequados das máquinas e equipamentos;*
- *deficiente seleção médica, psicotécnica e ergométrica da força-de-trabalho;*
- *normas e procedimentos padronizados inadequados e pouco adaptados à neurofisiologia humana;*
- *programas de treinamento e de reciclagem deficientes;*
- *fadiga e estresse dos operadores*
- *operadores desmotivados, em consequência de programas à assistência psicológica e social mal orientados.*

- **Importância dos Estudos Ergonômicos**

Por definição, Ergonomia é a área do conhecimento humano que se ocupa do estudo da organização metódica do trabalho, em função dos objetivos estabelecidos em planejamento e considerando as relações interativas entre o homem e a máquina.

Sem nenhuma dúvida, os estudos ergonômicos contribuem para a redução dos desastres, na medida em que se aprofunda na constatação das estreitas relações de interdependência que existem entre o homem e a máquina e, desta forma, além de reduzirem os desastres causados por falhas humanas, contribuem para otimizar:

- a concepção, o desenho e o projeto de máquinas e equipamentos, cada vez mais adequados e adaptados à anatomia, à fisiologia e, em especial, a neurofisiologia humana;
- a seleção física, médica e psicotécnica de recursos humanos melhor adaptados às condições de trabalho e ao desenho das máquinas e equipamentos;
- o adestramento de operadores melhor adaptados às operação das máquinas e equipamentos especializados;
- a especificação das condições ambientais que favoreçam o bom desempenho dos operadores e que contribuam para a redução dos erros humanos;

Em consequência, os estudos ergonômicos aplicados à segurança do trabalho permitem otimizar o planejamento:

- do desenho e das condições de operação das máquinas e equipamentos;
- das condições relacionadas com o conforto e a segurança ambiental,
- dos procedimentos padronizados relativos à operacionalização das máquinas em condições de elevados padrões de segurança;
- dos programas de adestramento dos operadores;
- do desenho dos equipamentos de segurança individual e coletiva.

Os métodos de análise de falhas humanas se apropriaram destes conhecimentos, ao examinarem as variáveis que contribuem para incrementar estes erros e que, em última análise, se relacionam com:

- as condições inerentes ao processo industrial estudado;
- o desenho das máquinas e equipamentos operados;
- as condições de operação;
- o conforto e a segurança do ambiente de trabalho;
- as condições biopsicológicas e sociais dos operadores.

• **Planejamento da Redução dos Erros Humanos**

As análises de riscos de desastres, associadas aos estudos epidemiológicos dos desastres e aos estudos ergonômicos, permitem deduzir as falhas humanas responsáveis pelo desencadeamento ou pelo agravamento dos desastres tecnológicos.

Uma abordagem extremamente válida para equacionar o estudo das medidas preventivas e relaciona-las com fatores relativos aos:

- *Riscos Gerais do Processo – REP*
- *Riscos Específicos do Processo – REP*

Dentre as medidas preventivas, relacionadas com os Riscos Gerais do Processo – RGP, há que destacar os seguintes:

- *seleção da força-de-trabalho;*
- *motivação dos recursos humanos;*
- *implantação dos procedimentos e programações da capacitação e reciclagem dos trabalhadores;*
- *redução das causas estresse;*
- *otimização do condicionamento físico e mental.*

Dentre as medidas preventivas, relacionadas com os Riscos Específicos do Processo – REP, há que destacar:

- *o incremento do conforto ambiental;*
- *o uso obrigatório dos equipamentos de segurança;*
- *o incremento da robotização.*

1) Seleção da Força de Trabalho

O exame médico, ergonômico, psicotécnico, intelectual e curricular da força de trabalho e o aprofundamento de entrevistas, por ocasião da admissão, têm por objetivo fundamental colocar – o homem certo no lugar certo – e são de capital importância para a valorização dos recursos humanos e para a redução de falhas humanas que podem desencadear acidentes e prejuízos.

Estes exames são estabelecidos com os objetivos específicos de verificar as condições:

- *de saúde dos trabalhadores, em termos de estado geral de saúde;*
- *neurosensíveis e neuromotoras dos operadores de equipamentos;*
- *psicotécnicas, relacionadas com o nível de aptidão e de motivação para o desempenho das tarefas programadas.*

Evidentemente, as relações interativas existentes entre o homem e a máquina estabelecem, para cada caso, as condições neurofisiológicas e psicótécnicas ideais, para garantir o melhor desempenho, em função dos parâmetros operativos definidos.

A força-de-trabalho deve ser selecionada em função das tarefas a serem desempenhadas e do desenho dos equipamentos operados.

No prosseguimento, serão apresentados alguns exemplos relacionados com o assunto:

- a seleção de atletas profissionais, para integrar uma equipe de voleibol, dará prioridade para os de estatura elevada, com grande impulsão e grande velocidade de raciocínio;
- durante a Segunda Guerra Mundial, a seleção dos metralhadores que guarneciam as Torres de cauda das “fortalezas voadoras” exigia homens magros, ágeis, corajosos e de pequena estatura.
- os melhores juízes de basquetebol são aqueles que desenvolveram duas qualidades neuropsicológicas extremamente importantes – visão periférica e atenção descentrada.
- deficientes visuais são ideais para trabalhar em áreas onde a sensibilidade tátil é de capital importância;
- deficientes auditivos têm grande capacidade de manter a concentração numa atividade por períodos de tempo prolongado.

2) Motivação dos Recursos Humanos

Recursos humanos bem motivados trabalham melhor e são menos vulneráveis aos acidentes de trabalho e aos erros humanos.

O desenvolvimento do espírito de corpo e a redução do clima de competitividade são importantes para elevar o nível de motivação. Todas as pessoas gostam de ser valorizadas e de ser tratadas com justiça e, acima de tudo, é indispensável que se sintam seguras.

No caso específico, o esforço de motivação deve ser permanentemente direcionado para o desenvolvimento do nível de segurança, para a redução das falhas humanas e para o uso obrigatório de equipamentos de segurança individual e coletiva e a CIPA desempenha um importante papel na articulação destas atividades.

É desejável que, ao iniciar a jornada de trabalho, ocorra uma rápida reunião dos operadores com suas chefias imediatas e durante esta reunião são:

- estabelecidas as metas produtivas a serem atingidas pela equipe;
- recordados os procedimentos padronizados relacionados com a segurança;
- enfatizado o uso obrigatório dos equipamentos de segurança individual e coletiva;
- ressaltada a importância do clima de camaradagem e de confiança mútua, que deve existir entre todos os membros da equipe.

3) Implantação de Procedimentos Padronizados e dos Programas de Treinamento

Inicialmente, é necessário que as equipes técnicas se empenhem na estruturação dos Procedimentos Padronizados – PP e de Normas Padrões de Ação – NPA – mais compatíveis e adequadas com as condições de operacionalidade e com os padrões de segurança.

Após testados e comprovados praticamente, é iniciado um intenso programa de treinamento, com o objetivo de incorporar definitivamente os PP e as NPA nas rotinas das unidades operacionais e de apoio.

Os objetivos específicos do programa de treinamento são:

- *valorizar a força de trabalho;*
- *maximizar o desempenho dos operadores;*
- *otimizar a produtividade das unidades de processamento;*
- *minimizar a incidência de falhas humanas e de acidentes.*

O programa de treinamento é complementado por atividades de inspeção e de auditoria técnica, que são desencadeadas com o objetivo de:

- *verificar a continuidade da correta execução das rotinas estabelecidas;*
- *determinar a necessidade de atividades de reciclagem e de treinamento em serviço.*

4) Redução das Causas de Estresse

Está comprovado que o estresse e a sensação de fadiga física e mental contribuem para intensificar a incidência de falhas humanas e de acidentes de trabalho. Em conseqüência, é necessário enfrentar o problema e contratar uma equipe de psicólogos e assistentes sociais com experiência comprovada.

Para que o programa flua de forma adequada, é indispensável que a equipe conquiste e mantenha a confiança do público alvo e da direção da empresa.

Normalmente, o estresse e a sensação de fadiga física e mental relacionam-se com sobrecargas de tensões físicas e mentais, que podem, ou não, estar relacionadas com as condições de trabalho.

Observou-se também que se destacam entre os fatores desencadeantes de estresse as seguintes condições gerais:

- *nível de satisfação;*
- *grau de segurança psíquica;*
- *exaltação do clima de competitividade;*
- *outras causas de geração de tensão.*

Evidentemente, as causas de estresse devem ser pesquisadas individualmente, e as medidas decorrentes podem ser de ordem genérica ou de ordem específica e individualizada em função das entrevistas.

5) Otimização do Condicionamento Físico e Mental

Normalmente o programa de condicionamento físico e mental desenvolve-se nos seguintes campos de atuação:

- *complementação alimentar;*
- *repouso e recreação;*
- *condicionamento físico*
- *combate à dependência de drogas, ao alcoolismo e ao fumo.*

A complementação alimentar comprovadamente contribui para aumentar o nível de desempenho das equipes e para reduzir a incidência de falhas humanas.

A capacidade de trabalho e o bom desempenho das equipes, durante o horário da tarde, foram substancialmente aumentadas nas empresas que adotaram horário de sesta após o almoço. Também é importante que atividades recreativas sejam programadas, inclusive para aumentar o clima de camaradagem.

As atividades programadas para melhorar o condicionamento físico dos trabalhadores apresentam resultados impressionantes. Quinze minutos de ginástica, com o objetivo de reduzir tensões musculares e problemas posturais produzem muito bons resultados na redução da fadiga física e mental e contribuem para aumentar a produtividade e o nível de segurança.

É imperativo que as empresas desenvolvam programas de combate à dependência de drogas, ao alcoolismo e ao fumo. A dependência de drogas e o alcoolismo reduzem a capacidade laborativa, a saúde e a expectativa de vida média das pessoas e contribuem para incrementar o nível de insegurança individual e coletiva.

No caso da dependência de drogas e do alcoolismo a política da firma tem que ser rígida:

- *nenhum trabalhador drogado ou alcoolizado poderá assumir seu posto de serviço;*
- *dependentes de droga e alcoólatras serão apoiados para se libertarem de seus vícios, durante um prazo de tempo determinado e os que vencerem a batalha serão reabilitados.*
- *Os que não conseguirem se livrar do vício ou dependência e os que reincidirem serão demitidos.*

O hábito de fumar, além de prejudicar a saúde e reduzir a expectativa de vida, reduz a capacidade respiratória e o nível de oxigenação do sangue e dos tecidos orgânicos, contribuindo para reduzir a capacidade laborativa. No caso do fumo, a responsabilidade da empresa é alertar para os riscos deste hábito, proteger os não fumantes e restringir os horários e os locais onde o fumo é permitido.

6) Incremento do Conforto Ambiental

O ambiente de trabalho deve ser arquitetado de forma a não agredir os órgãos dos sentidos. Trabalhar em ambiente que agrida os órgãos do sentido é altamente desgastante e estressante e o incremento das condições de conforto ambiental contribui para reduzir a incidência dos erros humanos, acidente de trabalho e os riscos de doenças profissionais.

O conforto, a humanização e a segurança ambiental dependem:

- *das condições de iluminação;*
- *do nível de ruído;*
- *das condições de temperatura e de conforto térmico;*
- *da ausência de odores nocivos e de poeiras e elementos particulados em suspensão*
- *da limpeza e arrumação do ambiente de trabalho*
- *do uso de pisos antiderrapantes*
- *e de outras condições que contribuem para aumentar o nível de conforto e de segurança ambiental.*

7) Uso Obrigatório dos Equipamentos de Segurança

Dentre os equipamentos de segurança de uso individual e coletivo, há que destacar:

- *capacetes de segurança;*
- *óculos protetores;*

- cordas de cintura, providos de mosquetões de alpinismo;
- os cabos limitadores de quedas e as redes de segurança;
- os andaimes dotados de balaústre e muito bem fixados;
- os pisos antiderrapantes;
- outros equipamentos de segurança que se tornaram necessários, em função de um estudo de situação, como luvas, botas e joelheiras;

Dentre os equipamentos de proteção contra radiações térmicas, traumatismos e contactos com produtos tóxicos, há que destacar:

- *Equipamentos de Nível A – Também denominados encapsulados ou escafandros – são providos de respiração autônoma e isolam totalmente o operador do meio ambiente e são utilizados quando se deseja o maior nível de proteção das vias respiratórias, dos olhos, das mucosas e da totalidade da pele.*
- *Equipamentos de Nível B – Também são providos de respiração autônoma e são dotados de luvas e botas impermeáveis e garantem proteção para os olhos, cabeças, pescoço e parte superior do corpo, sendo usadas quando se necessita proteger os olhos, o rosto e a cabeça, as mucosas e os órgãos locomotores.*
- *Equipamentos de Nível C – são providos de máscaras de respiração dotadas de filtro, óculos de proteção e luvas e botas impermeáveis.*
- *Equipamentos de Nível D - correspondem ao uniforme de trabalho diário, e podem ser complementados por botas, luvas, capacetes, óculos protetores, cordas de cintura e outros equipamentos julgados necessárias.*
- *Escafandro Aluminizado - é constituído por um traje de amianto ou de outro material similar, sendo dotado de aparelho de respiração autônoma, botas, luvas, capuz com visor resistente ao fogo e totalmente revestido por tinta aluminizada. Este equipamento protege o bombeiro contra o calor irradiante, em caso de incêndios de grande intensidade.*
- *Paredes Estanques Dotadas de Visores impermeáveis às radiações permitem que operadores manipulem produtos radioativos, por intermédio de equipamentos de controle remoto, localizados num compartimento diferente e absolutamente estanque.*
- *Paredes Estanques Dotadas de Visores e com Aberturas Protegidas por Luvas Impermeáveis permitem que operadores manipulem produtos biológicos com elevados potenciais de contaminação, localizados em outro compartimento estanque.*

8) Incremento da Automatização e da Robotização

A revolução tecnológica dos tempos atuais, o incremento da competitividade industrial e o crescente desenvolvimento dos programas de qualidade total, intensificaram as exigências relacionadas com a velocidade do fluxo de operações e com os níveis de precisão. Em consequência, os estreitos limites da máquina humana foram ultrapassados.

Em função desta evolução tecnológica, o processo de automação e de robotização foi intensificado. O incremento deste processo está contribuindo para:

- *umentar a velocidade do fluxo e o nível de precisão das operações;*
- *umentar a produtividade e a produção;*
- *melhorar a qualidade final dos produtos industrializados;*
- *reduzir o desperdício de insumos, em função de erros de metrologia;*
- *reduzir a incidência de erros humanos e de acidentes de trabalho;*
- *reduzir o volume da força-de-trabalho empregada no setor industrial;*
- *incrementar a necessidade de recursos humanos com elevados níveis de especialização e de escolaridade;*
- *valorizar os recursos humanos com elevados níveis de qualificação.*

As consequências sociais desta revolução são extremamente dramáticas e desconcertantes:

- *o chamado antagonismo histórico entre o capital e o trabalho está sendo substituído por uma relação de parceria;*
- *a estruturação da sociedade em camadas horizontais está sendo questionada e é cada vez maior a percepção de que as sociedades modernas se organizam em “pilares.*

Nestas condições, as Câmaras Corporativas, aliadas aos grupos de pressão, estão assumindo uma maior importância socioeconômica e política em detrimento dos grandes sindicatos e das confederações das classes produtoras.

É possível que, com o crescimento da evolução tecnológica, a classe assalariada seja substituída por uma corporação de sócios da produtividade e que ressurgam corporações semelhantes às dos artesãos, que dominaram a estrutura social da Idade Média.

• **Redução das Vulnerabilidades Ambientais**

Numerosas indústrias que manipulam produtos perigosos caracterizam-se por possuírem um elevado potencial de poluição e de contaminação ambiental

e, em conseqüência, degradam os ecossistemas e deterioram os recursos materiais.

Como os recursos materiais são finitos, é importante que a sociedade se conscientize da importância estratégica dos mesmos e imponha o conceito de desenvolvimento sustentável e responsável.

Em conseqüência, as medidas de descontaminação ambiental devem ser estudadas com grande antecipação todas as vezes em que se planeje a implementação de um novo processo ou planta industrial.

Compete ao Estado compulsar as pessoas físicas e jurídicas relacionadas com a direção das empresas potencialmente poluidoras a aderirem a esta mentalidade.

É importante ter sempre presente que os resíduos sólidos, os efluentes líquidos e os gases e elementos particulados resultantes das atividades industriais podem ser inflamáveis e, nestas condições, podem causar incêndios com elevados níveis de risco de poluição ambiental, com especial atenção para a poluição atmosférica.

Ao se planejar a redução destes riscos, duas atividades gerais devem ser consideradas prioritariamente:

- a reciclagem
- a autodepuração e biodegradação

A filosofia da reciclagem se baseia no princípio de que aquilo que é um resíduo sem utilidade, para uma indústria determinada, pode transformar-se num insumo importante para uma outra atividade agrícola ou industrial. A reciclagem não pode ser improvisada, mas planejada em detalhe, por depender de processo de coleta seletiva, que só são viáveis quando arquitetados com grande antecipação.

A natureza preserva seu equilíbrio dinâmico, por intermédio de processos naturais de autodepuração, que utilizam a biodegradação para “limpar” o ambiente. A biodegradação caracteriza-se pela decomposição de produtos lançados no meio ambiente, por intermédio da ação de sistemas biológicos integrados. Os produtos biodegradáveis são degradados e metabolizados pelos sistemas biológicos e integrados à cadeia vital de alimentos e, por esse motivo, não apresentam tendência para se acumular no meio ambiente, acima de limites aceitáveis.

Os resíduos sólidos da produção industrial são depositados em corpos de bota-fora, que devem ser bem localizados e isolados de áreas sensíveis e

muito bem manejados, a fim de que causam o mínimo de prejuízo às áreas adjacentes.

Os efluentes líquidos devem ser conduzidos para bacias de contenção, que também devem ser bem localizadas e distanciadas de corpos de água sensíveis à contaminação. Nas bacias de contenção os efluentes líquidos são depurados e tratados e somente a água tratada retorna do ciclo de aproveitamento integrado da natureza.

• Estudo dos Métodos de Descontaminação Atmosférica

A utilização do fogo nos processos industriais é freqüente e justifica um estudo mais aprofundado dos equipamentos utilizados na área industrial para reduzir a poluição atmosférica.

Em princípio, são utilizados para reduzir a poluição atmosférica, os seguintes equipamentos:

- câmaras de precipitação ou coletores gravitacionais;*
- coletores centrífugos ou ciclones;*
- coletores úmidos*
- filtros de carvão ativado de sílica-gel e de outros materiais*
- filtros eletrostáticos*

1) Câmaras de Precipitação ou Coletores Gravitacionais

Estas câmaras são planejadas para que, no seu interior, a velocidade do fluxo das emissões gasosas seja substancialmente reduzida, facilitando a deposição de elementos particulados no interior das mesmas.

Nestas condições, estas câmaras funcionam como equipamentos pré-coletores de partículas mais pesadas e são freqüentemente arquitetadas em queimadores de carvão, indústrias refinadoras de metais e indústrias de alimentos.

Equipamentos semelhantes são utilizados nos aviões a jato, para aumentar o empuxo final dos motores e para reduzir a poluição atmosférica.

2) Coletores Centrífugos ou Ciclones

Estes coletores inerciais imprimem um movimento circular aos gases que fluem no seu interior, provocando o movimento descendente das partículas sólidas de menor peso, que circulam pela área central do equipamento, em consequência da inércia.

Por serem simples, de baixo custo e pouco influenciados pelas altas temperaturas dos gases ou escapamento, estes equipamentos são largamente empregados em plantas industriais.

No entanto, por apresentarem riscos de abrasão e de entupimento e por serem pouco eficientes na retenção de elementos microparticulados, é desejável que estes equipamentos sejam precedidos por pré-coletores.

3) Coletores Úmidos

Nestes equipamentos, os gases que fluem carreando material particulado são forçados a circular através de nuvens de água finamente pulverizadas, que recolhem as partículas sólidas de dimensões microscópicas e os gases solúveis na água os quais são retidos nas câmaras de coleta.

Estes coletores são largamente empregados e apresentam as seguintes vantagens:

- coletam, a um só tempo, gases solúveis e elementos particulados;*
- dissolvem as partículas e os gases solúveis, que são conduzidos para as câmaras coletoras de água;*
- resfriam os gases aquecidos e exercem atividades de pré-escapamento,*
- permitem a captação de gases e vapores corrosivos;*
- evitam os riscos de explosões provocados por gases e elementos particulados, em processo de combustão.*
- são de pequenas dimensões e apresentam baixos custos de instalação e de operação.*

No entanto, há que destacar as seguintes desvantagens apresentadas por estes coletores:

- necessitam de leitos de sedimentação, para facilitar o depósito de partículas insolúveis;*
- provocam aumento dos efluentes líquidos;*
- consomem mais água e energia;*
- provocam elevadas taxas de evaporação da água, quando contatam com gases superaquecidos;*
- partículas submicroscópicas não molháveis não são coletadas;*
- apresentam elevadas taxas de corrosão.*

4) Filtros de Carvão Ativado, Sílica-gel e de outros Materiais

O fluxo dos gases forçado através de um meio poroso permite a retenção de elementos particulados.

Dentre as vantagens do processo, há que ressaltar:

- *o elevado grau de eficiência do equipamento*
- *a maior resistência à corrosão*

Dentre as desvantagens do processo, há que ressaltar:

- *os custos elevados e as grandes dimensões do equipamento;*
- *a necessidade de substituir o material poroso a intervalos regulares;*
- *a menor resistência dos filtros às temperaturas elevadas*

Todas estas desvantagens são reduzidas quando estes equipamentos são precedidos por pré-coletores.

5) Filtros Eletrostáticos

Nestes precipitadores o fluxo de gases é direcionado para uma câmara de ionização eletromagnética, com elevado gradiente eletrostático, onde as partículas são ionizadas e carregadas de eletricidade.

Numa segunda fase, estes gases atravessam uma área bipolarizada, onde as partículas ionizadas são atraídas pelos pólos de cargas contrárias, onde são retidas por membranas porosas.

Estes coletores, embora sejam muito caros e de elevados custos operacionais, podem reduzir, em mais de 98%, os riscos de contaminação do ar provocados por elementos particulados.

• Redução das Vulnerabilidades dos Recursos Humanos

Os recursos humanos são o patrimônio mais importante das empresas e, por este motivo, devem ser preservados e valorizados, a qualquer custo. Em consequência é imperativo que se proteja a força-de-trabalho das empresas, contra riscos de traumatismos e de outros agravos à saúde e contra a incidência das chamadas doenças profissionais.

Estas atividades de cunho preventivo, relacionadas com a redução das vulnerabilidades dos recursos humanos, são conduzidas pela comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA – que é apoiada tecnicamente por profissionais das áreas de engenharia de segurança e de medicina do trabalho.

A CIPA é constituída por representantes da área patronal e da força-de-trabalho e não deve ser considerada como um órgão burocrático, mas como um colegiado, com características messiânicas e que elege como o objetivo básico e primordial de sua atuação:

- *Programar, implementar e fiscalizar atividades e atitudes mentais relacionadas com a segurança do trabalho e com a prevenção de acidentes.*

Cada acidente de trabalho que aconteça, deve ser considerado como uma derrota da CIPA, que deve examinar detidamente suas causas determinantes e promover medidas, para que o mesmo não se repita.

A segurança do trabalho é um disciplina técnica que tem por objetivo primordial:

- *reconhecer, avaliar, prevenir e minimizar os riscos de acidentes e de doenças profissionais relacionadas com o ambiente e com as condições de trabalho, com a finalidade de garantir a higidez e a incolumidade dos recursos humanos.*

De uma forma bastante resumida, a segurança do trabalho, objetivo primordial da CIPA, se ocupa da:

- *redução dos acidentes de trabalho e da incidência de doenças profissionais;*
- *segurança e salubridade do ambiente ocupacional;*
- *disciplina e motivação da força de trabalho para cumprir os procedimentos de segurança estabelecidos, com especial atenção para o uso obrigatório dos equipamentos de segurança.*

A medicina do trabalho ocupa-se da prevenção de doenças profissionais e dos acidentes de trabalho e de outros agravos à saúde e, numa segunda fase, da redução dos efeitos adversos causados por estes problemas.

A engenharia de segurança é responsável pelo planejamento das medidas estruturais e não-estruturais, das Normas e dos Procedimentos Padronizados –PP – que tenham por finalidade:

- *incrementar os índices de segurança do ambiente ocupacional;*
- *otimizar o desempenho da força-de-trabalho relacionado com a garantia dos níveis de segurança;*
- *reduzir a incidência dos acidentes de trabalho e dos desastres tecnológicos.*

As enfermidades profissionais são aquelas que são induzidas pelo ambiente ocupacional e pelas condições de trabalho e a prevenção das mesmas depende:

- *do planejamento do ambiente ocupacional dentro de condições ideais de salubridade;*
- *de uma política bem elaborada de prevenção de acidentes de trabalho e de riscos de intoxicações exógenas agudas ou crônicas;*
- *de uma política de proteção dos órgãos sensoriais contra cores berrantes e elevados índices de luminosidade e de faúlhas, de níveis elevados de ruídos e de odores nocivos, que possam provocar alterações funcionais ou lesões anatômicas dos órgãos dos sentidos;*
- *de uma política de proteção das mãos e dos órgãos locomotores contra traumatismos;*
- *de exames médicos de admissão e periódicos muito bem conduzidos e direcionados para garantir a higidez dos efetivos e para reduzir os riscos de doenças profissionais e de acidentes de trabalho.*

Compete também do Serviço de Medicina do Trabalho planejar as medidas de assistência médica, em condições emergenciais, definir os recursos médicos e programar o treinamento do pessoal de saúde responsável pelo atendimento médico emergencial.

Dentre as principais atribuições da engenharia de segurança, há que destacar:

- *o estudo e a especificação das necessidades de equipamentos de segurança individual e coletiva destinadas à proteção da força-de-trabalho;*
- *o estabelecimento de normas e procedimentos padronizados, com o objetivo de garantir elevados padrões de segurança industrial durante a fase operacional;*
- *a fiscalização da correta aplicação dos procedimentos padronizados e normas de segurança, por parte de toda a força-de-trabalho e, quando for o caso, determinar a necessidade de reciclagem e de treinamento em serviço, para manter os níveis de segurança exigidos;*
- *a fiscalização do uso obrigatório dos equipamentos de segurança;*
- *a colaboração com a prevenção das enfermidades profissionais e dos acidentes de trabalho, arquitetando ambientes ocupacionais salubres, seguros e que protejam os órgãos dos sentidos;*
- *a estruturação de equipamentos de drenagem e de exaustão, filtragem e renovação do ar ambiental.*

Há que planejar também um bom sistema de comunicação visual:

- *os focos de risco devem ser claramente sinalizados;*

- *os procedimentos de segurança e o uso obrigatório de equipamentos de segurança devem ser constantemente recordados;*
- *as vias de evacuação, em situação de emergência, devem ser claramente sinalizadas;*
- *da mesma forma, devem ser claramente sinalizados os locais onde os extintores de incêndio e os hidrantes são localizados.*

TÍTULO V

INCÊNDIOS EM EDIFICAÇÕES COM GRANDES DENSIDADES DE USUÁRIOS

CODAR – HT.IED/CODAR - 21.405

1. Caracterização

As edificações com grandes densidades de usuários, como grandes centros comerciais, supermercados, centros médicos, hospitais, hotéis, edifícios de escritórios, estádios e outros centros esportivos, teatros, cinemas, danceterias e outros centros de lazer estão sujeitos a incêndios que se caracterizam pela grande intensidade de danos humanos e, em menor escala, de danos materiais.

O pânico, que costuma se estabelecer, quando estes sinistros acontecem nos horários em que o número de usuários é elevado, concorre para agravar os danos humanos.

No caso específico de hotéis, hospitais e de asilos de idosos, estes sinistros costumam ser mais perigosos nos horários noturnos, quando os dispositivos de vigilância são relaxados.

Como em condições de sinistros, o principal ponto de estrangulamento destas edificações são as vias de fuga e evasão, é indispensável que o planejamento das mesmas seja considerado, com grande prioridade.

Por todos estes fatores condicionantes, as edificações com grandes densidades de usuários exigem um:

- planejamento preventivo minucioso e bem elaborado;*
- planejamento de contingência compatível com as hipóteses de desastres e que deve ser testado e aperfeiçoado, em exercícios simulados;*
- programa de preparação para emergências e desastres bem elaborado, permitindo o treinamento antecipado das equipes operativas, que atuarão em circunstâncias de desastres.*

2. Causas

Uma boa abordagem, para facilitar o estudo das causas de incêndio, é realizada a partir da análise do Tetraedro de Fogo, nas condições dos cenários estudados, considerando, em cada caso:

- a carga combustível;
- a carga comburente;
- as possíveis causas de ignição, centelhamento e geração de calor;
- a reação exotérmica em cadeia.

Ao examinar a carga combustível, é importante que se considere:

- os materiais celulósicos e resinosos, como panos, papéis, cortinas, móveis, divisórias de madeira, que, sempre que possível devem ser reduzidos e tratados com compostos químicos retardantes do fogo;
- o consumo de combustíveis líquidos, que costuma ser restrito às áreas de caldeiras;
- o consumo de combustíveis gasosos, que costuma ser elevado nas áreas de cozinha, de copa e de lanchonetes e restaurantes, muitas vezes concentrados em áreas de alimentação.

No caso dos combustíveis gasosos, os sistemas de suprimento centralizados, com a distribuição realizada, por intermédio de tubulações, é mais seguro que os descentralizados, com distribuição a granel, por intermédio de botijões de gás.

No caso de distribuição centralizada, é importante que as tubulações transportadoras de gases combustíveis sejam:

- claramente sinalizadas, com códigos de cores;
- absolutamente estanques;
- inacessíveis ao público e facilmente acessíveis às equipes de inspeção e de manutenção;
- monitorizadas em condições de detectar quedas de pressão ou de velocidade de fluxo, por problemas de vazamentos.

Caso os espaços, por onde correm as tubulações de combustíveis, sejam ventilados, a constante renovação do ar impede a acumulação de bolsões de combustíveis nestas áreas.

Exame da Carga Comburente

No caso específico dos hospitais, há que recordar as tubulações de oxigênio e de ar comprimido, cujos vazamentos podem concorrer para incrementar os incêndios. Nestes casos são válidos para as tubulações de comburentes as mesmas cautelas apontadas para as tubulações de combustíveis. Além disto, há que distanciar os dois sistemas de tubulações.

Na arquitetura da circulação vertical das edificações, há que considerar o efeito Venturi ou Chaminé, segundo o qual, os gases aquecidos tendem a se elevar com grande velocidade. Este efeito, além de facilitar a propagação dos incêndios, para os pavimentos mais elevados, dificulta a circulação de pessoas, em sentido vertical, caso estas vias não tenham sido planejadas com grande antecipação.

É bom recordar que escadas com espaços vazados contínuos, em sua área central, funcionam como chaminés, provocando a ascensão de labaredas e de gases em combustão e impossibilitando a evacuação de pessoas dos andares mais elevados.

Exame das Causas de Ignição, Centelhamento e Geração de Calor

No Brasil, a grande maioria dos incêndios não intencionais, que ocorrem em edificações, origina-se na rede elétrica e relaciona-se com:

- incorreções no planejamento e na instalação das redes e sub-redes elétricas;*
- acréscimos indevidos e não planejados na carga de consumo;*
- manutenção deficiente das redes de energia.*

Em conseqüência, é necessário que se crie uma mentalidade de vigilância e que as fiscalizações das redes elétrica, com o objetivo de detectar problemas relacionados com riscos de geração de incêndios sejam freqüentes.

3. Ocorrência

Incêndios em edificações com grandes densidades de usuários ocorrem, com relativa freqüência, em praticamente todos os países do mundo e repercutem na imprensa mundial, em função dos elevados índices de morbidade e de mortalidade que apresentam.

Os incêndios que ocorrem em hospitais, asilos de idosos e hotéis costumam ser muito graves, em função de possíveis dificuldades de evacuação.

Os sinistros que ocorrem em grandes centros comerciais, teatros, cinemas, danceterias e outras áreas com grandes densidades de usuários costumam agravar-se, em função das explosões de pânico, que aumentam a ocorrência de traumatismos graves.

O planejamento das vias de fuga e evasão e a clara sinalização das mesmas, contribuem para reduzir a incidência de danos humanos em circunstâncias de desastres.

Nestes casos específicos, os planos de contingência e os exercícios simulados devem priorizar a rápida e ordenada evacuação das instalações. A freqüente organização de exercícios simulados, nestas instalações, contribui para a redução do pânico.

Evidentemente, a prontidão das medidas de combate ao fogo, nos momentos iniciais do incêndio, concorre para a redução da intensidade dos sinistros.

4. Principais Efeitos Adversos

Os principais efeitos adversos dos incêndios ocorridos em edificações com grandes densidades de usuários relacionam-se com:

- a intensa produção de energia calórica provocada pelo processo combustivo;*
- os efeitos mecânicos provocados pelos processos explosivos;*
- o pânico, que costuma ser freqüente nestas condições;*
- os efeitos asfixiantes da fumaça que podem provocar a perda da consciência das pessoas.*

Nestas circunstâncias, o número de pessoas asfixiadas pela fumaça, queimadas e traumatizadas pelos efeitos mecânicos das explosões soma-se aos traumatizados, em conseqüência do pânico.

Os danos humanos são sensivelmente reduzidos quando as explosões são evitadas, o pânico é controlado e a evacuação das instalações ocorre de forma disciplinada e sem atropelos, por vias de fugas seguras.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Os chamados “edifícios inteligentes” devem ser encarados como uma necessidade relacionada com a segurança de seus usuários e não como um luxo supérfluo.

Os edifícios inteligentes são assim chamados porque foram planejados e arquitetados para funcionarem como grandes organismos integrados. Esta condição só é possível quando se planeja um sistema de monitorização, que funciona como sistemas nervosos de seres vivos complexos dotados de sensores periféricos, vias de comunicações aferentes, centros integradores de informações, vias de comunicações eferentes e órgãos efetores de respostas articuladas.

É evidente que, quanto mais integrado for o sistema de monitorização, alerta e alarme instalado no edifício, mais elevado será o seu nível de segurança.

Nos centros de integração, os dados captados nos sensores periféricos são comparados com um repertório de informações, relativas aos parâmetros de normalidade, previamente armazenados, com a finalidade de:

- identificar desvios significantes dos parâmetros de normalidade;*
- definir tendências evolutivas nos processos monitorizados;*
- articular respostas sistêmicas adequadas, com o objetivo de restabelecer o equilíbrio dinâmico dos sistemas monitorizados.*

O sistema de monitorização de incêndios, que já foi descrito nos desastres anteriormente estudados neste Título é constituído por:

- sensores periféricos de ar ionizado, chama, intensificação do calor e da fumaça;*
- dispositivos periféricos de alarme acionado manualmente;*
- dispositivos de alarme que são disparados automaticamente, todas as vezes que um equipamento de combate ao fogo for acionado;*
- terminais telefônicos privilegiados que permitem a rápida transmissão dos avisos de alarme, para a central telefônica e da central telefônica para os órgãos responsáveis pelo combate ao sinistro;*
- câmaras de televisão que permitem uma vigilância constante das áreas sensíveis, inclusive das áreas de circulação da edificação;*
- órgão central do sistema de monitorização, alerta e alarme, que funciona acoplado ao centro de informações;*
- painel central dotado de dispositivos de alarme visuais e sonoros, que permitem a imediata localização da área que deu origem ao sinal de alerta.*

6. Medidas Preventivas

O planeamento preventivo relacionado com sinistros em edificações com grandes densidades de usuários deve enfatizar a organização de:

- sistemas automatizados de monitorização, alerta e alarme;*
- sistemas de circulação de coisas e de pessoas, em sentido horizontal e vertical, com áreas de refúgio estanques e bem protegidas, que facilitem a fuga e a evasão de pessoas em risco, em circunstâncias de sinistros;*
- sistema de prevenção e de limitação de incêndios e de explosões;*
- sistemas de combate aos incêndios;*

- brigadas anti-sinistros
- como os sistemas de monitorização, alerta e alarme já foram estudados no item anterior, é dispensável reapresentar o assunto.

Sistemas de Circulação Horizontal e Vertical

Quando da definição da planta física da edificação, as vias de fuga, com características de áreas de refúgio, devem ser estudadas com grande prioridade, para atender as hipóteses de incêndio.

Vias alternativas de fuga devem ser previstas, em função das diferentes hipóteses de localização dos focos de incêndio. Estas vias de fuga devem ser corretamente dimensionadas e sinalizadas, bem protegidas e estanques para permitir que a evasão ocorra sem tumultos e sem atropelos.

Em edificações constituídas com vários patamares, o planejamento da distribuição das unidades funcionais deve ser realizado de forma a concentrar as áreas mais densamente utilizadas por usuários, nos patamares mais baixos.

Da mesma forma, nos hospitais, as unidades responsáveis pelo tratamento dos pacientes com maiores dificuldades de deambulação, são localizadas nos patamares mais baixos.

Como no caso de incêndios, o uso de elevadores é vetado, é absolutamente necessário que sejam planejadas e arquitetadas escadas enclausuradas de incêndio, em condições de facilitar a evacuação das pessoas em sentido vertical.

As escadas enclausuradas são equipamentos construtivos obrigatórios nos edifícios altos e nas edificações com grandes densidades de usuários. Arquitetadas como áreas de refúgio, estas escadas são precedidas por antecâmaras dotadas de portas corta-fogo, com o objetivo de garantir o máximo de estanqueidade e impedir que a área da escada seja invadida por fumaças, labareda, gases aquecidos e outras emanações perigosas, como o dióxido de carbono.

Na construção das escadas enclausuradas deve ser vetado o uso de:

- materiais celulósicos e resinosos e de outros produtos facilmente combustíveis;
- metais e outros produtos, que sejam bons condutores de calor.

Ao se planejar a circulação horizontal e vertical, é absolutamente indispensável que todas as portas se abram no sentido do fluxo de fuga e, em nenhuma hipótese, ao contrário.

De acordo com as normas de segurança, ao se arquitetar e planejar uma escada enclausurada, deve-se prever:

- *construção de uma caixa vertical, com estrutura e paredes reforçadas, a qual é planejada e calculada de forma totalmente independente do restante da estrutura de sustentação da edificação;*
- *estanqueidade total e absoluta entre a área de circulação vertical e os diversos pavimentos da edificação;*
- *ausência de vão central, para não permitir a ascensão concentrada de gases aquecidos e de labaredas, em caso de incêndio, como conseqüência do efeito Venturi ou Chaminé. Escadas com vão central são os lugares mais quentes dos edifícios, em caso de incêndios; e comunicam os incêndios entre os pavimentos;*
- *a elevação de paredes mais espessas de material incombustível e pouco condutor de calor;*
- *sistemas de exaustão de fumaças e de outras emanações gasosas e de ventilação para manter o ar respirável;*
- *sistemas de iluminação autônomos e dotados de luzes amarelas, para garantir a visibilidade, mesmo que o ambiente seja invadido por fumaça;*
- *circuitos de energia autônomos, independentes e bem protegidos, em condições de garantir o funcionamento dos exaustores, ventiladores, luminárias e outros equipamentos, em circunstâncias de desastres;*
- *degraus amplos, sem perigosos estreitamentos nas partes internas dos lances de escadas, os quais devem ser separados por amplos patamares. Evidentemente, os degraus devem ser antiderrapantes e, em nenhuma hipótese, devem ser construídos com materiais bom condutores de energia calórica.*

Os corredores de circulação horizontal também devem ser estanques e muito bem sinalizados, para facilitar a evacuação.

Sistema de Prevenção e de Limitação de Incêndio

Ao se planejar uma edificação com grande densidade de usuários há que se pensar em reduzir ao máximo a(s), o(s):

- *carga combustível;*
- *carga comburente;*
- *fontes de centelhamento e de chamas;*
- *mecanismos de bloqueio das reações exotérmicas em cadeia.*

Como as medidas de redução das cargas combustíveis e de comburentes e das fontes de centelhamento já foram suficientemente debatidas nos itens e títulos anteriores, neste item uma especial atenção será dada aos mecanismos de bloqueio do processo combustivo.

Todas as vezes que se pensa em bloquear o processo combustivo, há que se planejar a(s):

- *nucleação dos focos de riscos de incêndios;*
- *estruturas de bloqueio dos sinistros;*
- *compartimentação dos possíveis focos de sinistros*

Quanto mais bem compartimentados forem os pavimentos, menores serão os riscos de generalização dos sinistros.

Sistema de Combate aos Incêndios

Os sistemas de combate aos incêndios são constituídos por um Subsistema de:

- *monitorização, alerta e alarme;*
- *hidrantes;*
- *extintores portáteis.*

O subsistema de monitorização, alerta e alarme contra incêndios já foi suficientemente desenvolvido e não há necessidade de apresentar novas idéias sobre o assunto.

Subsistema de Hidrantes

De acordo com o Regulamento de Tarifas de Seguro Incêndio no Brasil, os hidrantes são distribuídos pela parte interna e externa da edificação e a quantidade e a distribuídos dos mesmos deve ser cuidadosamente planejada, em função dos estudos de riscos destes sinistros.

A localização dos hidrantes é planejada para:

- *facilitar o acesso e a operação dos mesmos*
- *impedir que os operadores sejam bloqueados pelo fogo, ou atingidos por escombros*

Como já foi esclarecido, as caixas de hidrantes são dotadas de mangueiras, esguichos, requintes, chaves de união e chave para abrir a válvula

do hidrante, cujas principais características são estabelecidas pelo RTISB em função da classe de risco avaliada.

No caso das secções de mangueira, o comprimento, o diâmetro e a resistência à pressão são estabelecidos pelo RTISB e os requintes e esguichos devem ser indeformáveis e incorrosíveis, em condições normais de armazenamento e operação.

As tubulações que conduzem a água aos hidrantes devem ser de aço galvanizado, aço preto ou cobre e somente as tubulações subterrâneas podem ser constituídas de PVC reforçado. Caso as tubulações se intercomuniem, deverá haver a possibilidade de isolá-las, por intermédio de registros. As pressões e os volumes medidos nos requintes dos hidrantes, que apresentarem condições de operações menos favoráveis, devem ser compatíveis com o estabelecido no RTISB.

Os reservatórios elevados e subterrâneos devem preencher os seguintes requisitos:

- serem estanques, com paredes lisas e protegidas contra infiltrações, deformações e deteriorações;*
- disporem de indicadores de nível facilmente visíveis;*
- serem dotados de dispositivos de descarga ou “ladrões”*
- serem fechados com tampa e disporem de dispositivos que facilitem a inspeção.*

Os reservatórios elevados devem:

- dispor de pára-raios, responsáveis pela proteção contra descargas elétricas atmosféricas;*
- ter capacidade para garantir o suprimento de água, a plena carga, durante, no mínimo, 30 minutos;*
- ter uma altura suficiente para garantir a pressão de funcionamento nos requintes dos hidrantes situados nos pavimentos mais elevados.*

Os reservatórios subterrâneos devem ser de muito grande capacidade e terem condições de alimentar os reservatórios elevados e de garantir a pressão de funcionamento nos hidrantes, por intermédio de conjuntos moto-bombas que lhes são acoplados. Todas as vezes que o conjunto moto-bomba for acionado, o sistema de alarme é disparado. Nestes reservatórios são previstos um ou mais pontos de ligação, em locais de fácil acesso, para permitir o abastecimento de água, a partir de grandes viaturas cisternas do corpo de bombeiros.

Cada ponto de ligação deve ter um registro de recalque com, no mínimo, duas entradas, com 63 milímetros de diâmetro, providas de engate do corpo de bombeiros.

Subsistema de Extintores

Os agentes extintores previstos para estas edificações são os de:

- *gás carbônico*
- *pó químico*
- *espuma*
- *água-gás*

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

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

O número mínimo de extintores portáteis, por unidade extintora, varia em função da capacidade de extinção de fogo planejada para a mesma.

Em função da natureza do fogo a extinguir, é que são escolhidos os agentes extintores de cada unidade extintora.

A área máxima de proteção de uma unidade extintora depende de sua capacidade de extinção e do risco a proteger. Em nenhuma hipótese, deve ser programada uma unidade extintora para cobrir dois pavimentos.

Os locais onde são fixados os equipamentos extintores devem ser bem sinalizados e facilmente reconhecíveis.

- *as paredes do local devem ser pintadas com círculos e setas vermelhas, com bordas amarelas;*
- *as colunas devem ser pintadas, da forma descrita, em todas as suas faces;*
- *os pisos sob os aparelhos também são pintados com as mesmas cores.*

Os extintores não devem ser fixados em escadas e a parte mais elevada dos mesmos não deve ultrapassar de 1,70m a partir do solo.

Organização das Brigadas Anti-Sinistro

As Brigadas anti-sinistro são constituídas por três grupamentos especializados:

- *grupamentos de combate aos sinistros;*
- *grupamento de busca e salvamento responsável pela evacuação;*
- *grupamento de atendimento pré-hospitalar.*

As brigadas são adestrados em conjunto e o Corpo de Bombeiros Militares tem condições de cooperar com o treinamento das mesmas.

Ao término do treinamento, todos os integrantes da Brigada devem estar aptos para:

- *utilizar corretamente todos os tipos de equipamentos de combate aos sinistros existentes na edificação;*
- *administrar os primeiros socorros e encaminhar as vítimas para que continuem o tratamento emergencial;*
- *transportar feridos em macas ou utilizando recursos adaptados;*
- *conduzir o pessoal a ser evacuado, pelas vias de fuga estabelecidas;*
- *desencadear o plano de contingência da instalação, quando necessário.*

Competências Específicas do Grupamento de Combate aos Sinistros

- *Desencadear o alarme e o plano de mobilização da Brigada, quando necessário.*
- *Acionar o Corpo de Bombeiros Militares e a Defesa Civil.*
- *Retirar materiais combustíveis das proximidades dos focos de desastres.*
- *Iniciar o combate ao sinistro, de acordo com o planejado, e utilizando todos os equipamentos disponíveis de combate ao fogo.*
- *Acionar sistemas de segurança e de alívio, inclusive válvulas de segurança bloqueadoras do fluxo de combustíveis e de comburentes.*
- *Relatar aos bombeiros as circunstâncias do sinistro e as providências em curso, no momento da chegada do Destacamento.*
- *Apoiar e reforçar os bombeiros militares, quando os mesmos assumirem as responsabilidades pelo combate ao sinistro.*
- *Cumprir outras missões que lhes forem atribuídas.*

O combate aos sinistros se fundamenta no princípio do objetivo, segundo o qual todo o esforço de combate ao fogo deve ser concentrado no foco do sinistro, caracterizado como o objetivo principal a ser conquistado e mantido.

Competências Específicas do Grupamento de Busca e Salvamento Responsável pela evacuação

- Conduzir e orientar a evacuação de todo o pessoal que não estiver empenhado em missões de combate ao sinistro, por eixos de evacuação estabelecidos e sinalizados previamente.*
- Buscar e salvar todas as pessoas em risco que não conseguiram ser evacuadas nos primeiros instantes.*
- Transportar em macas todas as pessoas impossibilitadas de se locomoverem por seus próprios meios.*
- Impedir que pessoas desavisadas tentem escapar utilizando-se de elevadores.*
- Bloquear as áreas de riscos intensificados, impedindo o retorno de pessoas evacuadas, sob qualquer pretexto.*
- Manter abertas as vias de acesso ao local do sinistro, para os trens de combate ao sinistro do Corpo de Bombeiros.*
- Evacuar os veículos dos estacionamentos localizados próximos das edificações sinistradas.*
- Auxiliar na prestação dos primeiros socorros.*
- Apoiar e reforçar os demais grupamentos e desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.*

Competências do Grupamento de Atendimento Pré-Hospitalar – APH

- Ministrar o APH aos pacientes vitimados pelo desastre.*
- Fixar os pacientes que não deambulam em macas e transportá-los para os postos de socorro.*
- Instalar colar cervical em todos os pacientes dos quais se suspeite traumatismos acima da linha das clavículas.*
- Proteger os ferimentos, estancar a hemorragia e reduzir os quadros dolorosos.*
- Proceder à reanimação cardiorrespiratória e manter a ventilação pulmonar dos pacientes que tiveram parada cardiorrespiratória.*
- Proceder à imobilização temporária de todos os pacientes suspeitos de fraturas.*
- Colocar sob ducha de água, pelo prazo de 15 minutos, todos os pacientes suspeitos de contato com produtos tóxicos, através da pele e das mucosas.*

- *Proceder à lavagem ocular, pelo prazo de 15 minutos, todas as vezes que os olhos forem atingidos por produtos perigosos.*
- *Providenciar sobre a continuidade do tratamento dos pacientes nos hospitais de apoio, encaminhando às unidades especializadas aqueles que necessitarem.*
- *Desempenhar outras missões que lhes forem atribuídas.*

CAPÍTULO V

DESASTRES HUMANOS DE NATUREZA TECNOLÓGICA RELACIONADOS COM PRODUTOS PERIGOSOS

CODAR HT.P/CODAR - 21.5

1. Introdução

Sob este título são estudados os desastres relacionados com produtos perigosos, envolvendo riscos de intoxicações exógenas, explosões, incêndios e riscos de contaminação com produtos químicos, biológicos e radioativos.

Estes desastres são classificados em:

- *desastres com meios de transporte, com menção de riscos de extravasamento de produtos perigosos – CODAR HT.PMT/21.501;*
- *desastres em plantas e distritos industriais, parques e depósitos com menção de riscos de extravasamento de produtos perigosos – CODAR HT.PIQ/21.502;*
- *desastres em meios de transporte, plantas e distritos industriais e em parques ou depósitos de explosivos – HT.PEX/21.503;*
- *desastres relacionados com o uso abusivo e descontrolado de agrotóxicos – HT.PAG/21.504;*
- *desastres relacionados com intoxicações exógenas no ambiente domiciliar – HT.PAD/21.505;*
- *desastres relacionados com a contaminação de sistemas de água potável – HT.PCA/21.506;*
- *desastres relacionados com substâncias e equipamentos radioativos de uso em medicina, – HT.PRM/21.507;*
- *desastres relacionados com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas átomo elétricas – HT.PAE/21.508;*

2. Conceitos Relacionados com Produtos Perigosos

Substância Perigosa

Denomina-se produto ou substância perigosa aquele que, por sua natureza ou pelo uso que o homem faz do mesmo, pode representar riscos de danos humanos, ambientais ou materiais. Estas substâncias podem apresentar

efeitos adversos de natureza inflamável, explosiva, corrosiva, cáustica, radioativa, tóxica ou biológica.

Substância Tóxica

É o produto ou substância que pode causar efeito nocivo aos organismos vivos, como resultado de interações químicas, quando entram em contato ou são absorvidas pelos mesmos.

Pesticidas

Termo genérico utilizado para designar produtos e substâncias usadas para controlar organismos vivos, vegetais ou animais, que sejam considerados como daninhos para o homem e para as plantas e animais que lhes são úteis.

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

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

Os pesticidas utilizados mediante receita e orientação agrônômica, na agropecuária são denominadas praguicidas ou agrotóxicos.

Os praguicidas mais utilizados em campanhas de saúde pública e na agricultura são os seguintes: inseticidas, larvicidas, acaricidas, carrapaticidas, rodenticidas ou raticidas, fungicidas e herbicidas.

Toxicidade Geral

Como os pesticidas são produtos padronizados com a finalidade de exterminar organismos vivos (animais ou vegetais) nocivos ao homem, é inevitável que atuem como venenos e que apresentem um elevado potencial de toxicidade geral para o homem e para os animais e plantas úteis.

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

Os produtos tóxicos podem ser absorvidos pelo organismo humano, por intermédio de:

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

Os pesticidas e outros produtos e insumos tóxicos podem desencadear quadros de intoxicações exógenas:

- agudas, algumas das quais rapidamente fatais;
- crônicas e de evolução progressiva.

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, resultante 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 – Itália, mas na grande maioria das vezes, ocorre de forma gradual, como na Baixada Santista e em numerosas áreas industriais do Hemisfério Norte.

Agente Nocivo

É conceituado como todo o agente que altera o meio ambiente e que pode:

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

Agente QBR ou NBQ

É o agente de natureza nuclear ou radiológica, química ou biológica, considerado como perigoso, e que pode ser liberado para o meio ambiente, em consequência de desastre tecnológico. Estes agentes podem ser utilizados intencionalmente por terroristas e no curso de operações militares, por estados pouco éticos. Existem exemplos recentes de uso de agentes QBR, contra minorias nacionais indefesas.

Agente Tóxico

É considerado como qualquer substância ou produto perigoso que tenha efeito tóxico potencial sobre organismos vivos animais ou vegetais.

O efeito nocivo pode variar entre:

- *danos funcionais;*
- *lesões anatômicas;*
- *morte, por inviabilização das condições vitais dos organismos afetados.*

Despejos Perigosos

São considerados como perigosos os despejos químicos, biológicos ou radiológicos que, por suas características físico-químicas, produzem efeitos nocivos de natureza tóxica, inflamável, explosiva, caústica, corrosiva, biológica e radioativa sobre o meio ambiente e que, por esses motivos, representam riscos significativos para a saúde dos seres vivos e para a incolumidade das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente.

Poluente

Corresponde a qualquer fator físico, químico ou biológico que altera, polui ou contamina o meio ambiente. Também caracteriza qualquer agente ou produto 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:

- *poluentes 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 dejetos e de outras emissões humanas.*

Produto Químico Persistente

É a substância ou produto químico que resiste aos processos naturais de depuração, como as reações oxidativas e outras atividades relacionadas

com a biodegradação e que, por esses motivos, tendem a se acumular no meio ambiente provocando, a longo prazo, graves prejuízos para a biosfera. Exemplos típicos de produtos químicos persistentes são os pesticidas organoclorados, como o DDT.

Resíduos

Material resultante de processos físicos, químicos ou biológicos, como combustão, destilação, filtração, evaporação, fermentação, destilação, espremedura e outros e que, no atual estágio de desenvolvimento tecnológico, ainda permanecem sem aplicação no ciclo de produção e consumo.

Resíduos de Praguicidas

Correspondem a quaisquer substâncias específicas, presentes em alimentos, rações, produtos agrícolas e mananciais, como consequência do uso inadequado de praguicidas em agricultura. O termo inclui os praguicidas primários e os produtos derivados de sua metabolização, desde que tenham importância toxicológica, mesmo que potencial.

3. Conceitos Relacionados com a Vigilância Ambiental

Vigilância

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

Vigilância dos Fatores de Risco

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

Vigilância Ambiental

Observação sistematizada, caracterizada pela identificação, medição, registro, comparação e interpretação das variáveis ambientais, realizada com objetivos específicos.

A vigilância ambiental compreende as seguintes ações gerais:

- *observação, registro e medição sistemática dos agentes nocivos ao meio ambiente, nos seguintes compartimentos ambientais: ar, água, solo, habitação, ambiente de trabalho e também nos alimentos e 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 ecossistemas e as medições dos agentes nocivos ao meio ambiente.*

Vigilância e Segurança do Trabalho

Corresponde à aplicação da metodologia de vigilância das condições de trabalho, com a finalidade específica de garantir a saúde e a incolumidade dos recursos humanos.

No caso específico dos desastres tecnológicos, a vigilância das condições de segurança do trabalho tem por objetivo reduzir:

- *os acidentes de trabalho;*
- *as intoxicações exógenas agudas ou crônicas provocadas por produtos perigosos;*
- *as lesões pulmonares crônicas, como as pneumoconioses, provocadas pela constante inalação de poeiras em suspensão.*

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.

Nível Umbral

Concentração mínima de um determinado produto ou substância que, sob condições estritamente definidas, altera a situação:

- *de exposição máxima que não produz efeito adverso*
- *para exposição mínima que produz efeitos adversos mensuráveis*

Norma de Emissão

Limite quantitativo imposto, por autoridade competente, a uma fonte de emissão ou descarga de produto perigoso.

Norma de Qualidade Ambiental

Conjunto de requisitos estabelecidos para garantir uma ótima qualidade dos componentes ambientais, como o ar, a água e o solo, e que definem as concentrações máximas de produtos potencialmente perigosos que não podem ser excedidas, salvo em circunstâncias especiais.

Define também as concentrações máximas de produtos ou substâncias potencialmente tóxicas que podem ser permitidas em cada um dos componentes ambientais, durante um período de tempo definido.

Normas de Descarga

Especificações técnicas estabelecidas por autoridade normativa competente, que definem as emissões ou efluentes máximos permitidos, para uma determinada fonte de emissão.

4. Conceitos Relacionados com Explosivos

Substância Explosiva

Substância ou mistura de substâncias, em estado sólido, líquido ou pastoso, que libera um grande volume de gás sob pressão, por intermédio 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 a esse efeito adverso, na área de explosão.

Substância Pirotécnica

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

Mesmo com efeitos mecânicos moderados, as substâncias pirotécnicas são consideradas explosivas.

Ponta de Chama

Língua de fogo que se forma na área de contato dos vapores combustíveis, com o oxigênio, durante o processo de combustão. As pontas de fogo conduzem o incêndio de um compartimento para outro e, em função de sua velocidade de progressão, podem causar detonações ou deflagrações.

Explosão de Nuvem de Vapor Confinado

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

Explosão de Nuvem de Vapor não Confinado

A explosão de uma nuvem de vapor ao ar livre costuma produzir uma onda de choque moderada, que se expande de forma esférica, com predominância do efeito térmico.

Bola de Fogo

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

Nestas condições, devido à 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.

Nesta condição, não ocorre onda de pressão e a nuvem em combustão emite uma imensa quantidade de energia térmica irradiante, sobre uma área considerável, enquanto se eleva na atmosfera.

Blave

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

O fenômeno ocorre quando acontece uma ruptura de um recipiente de estocagem de combustível, em consequência de fogo externo.

Nestas condições, acontece uma liberação instantânea do produto, para a área de combustão, provocando uma bola de fogo.

5. Ocorrência

Desastres de natureza tecnológica relacionados com produtos perigosos, ocorrem com meios de transporte e em terminais de transporte, em plantas e distritos industriais, em instalações de mineração e campos de petróleo, em parques e depósitos de produtos perigosos e em função do uso irresponsável e descontrolado de pesticidas.

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

Na medida em que as sociedades melhoram seu senso de percepção de risco e, em consequência, desenvolvem um elevado padrão de exigência, com relação ao nível de risco aceitável, o governo é induzido a priorizar seus deveres, com relação à segurança global da população.

A prática demonstra que a história natural deste processo de conscientização 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 exigí-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;*
- em consequência, o governo é induzido a priorizar seus deveres relacionados com a segurança global da população;*
- nestas condições, as classes produtoras são compulsadas a reduzir suas margens de lucro e a elevar os padrões de segurança de suas atividades e instalações.*

É importante registrar que alguns desses desastres, como os ocorridos em Chernobil (Ucrânia), Bhopal (Índia) e Severo (Itália), adquiriram as características de grandes catástrofes, provocando danos humanos, ambientais e materiais muito intensos e, em consequência, comoveram a opinião pública.

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, aproximadamente, duas centenas de pessoas foram carbonizadas. O maior desastre ambiental de natureza tecnológica foi provocado propositalmente pelo exército iraquiano ao se retirar do Kuwait, ao término da Guerra do Golfo, quando incendiou os campos de petróleo daquele país.

6. Generalidades sobre a Redução dos Desastres tecnológicos

Enquanto que a redução dos desastres naturais depende predominantemente da redução das vulnerabilidades dos cenários aos fenômenos naturais adversos, a redução dos desastres humanos de natureza tecnológica depende prioritariamente da redução das ameaças e, numa segunda instância, da redução das vulnerabilidades dos cenários.

Por tais motivos, todos os projetos de implantação de atividades ou instalações, que possam representar acréscimo de riscos de desastres tecnológicos devem ser precedidos de criteriosos estudos de riscos, cujos relatórios finais devem ser amplamente divulgados e debatidos.

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

Critérios de Aceitabilidade

São valores sociais que definem o grau de aceitabilidade de um projeto determinado, em função de uma escala de danos e de prejuízos prováveis, caso se perca o controle sobre os riscos. Estes critérios quando ultrapassados invalidam os projetos.

Os critérios de aceitabilidade são estabelecidos pela sociedade, por intermédio de seus órgãos representativos, e variam proporcionalmente em função da qualidade de vida e do nível de exigência dos estratos sociais, 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 continuidade do projeto, os estudos analíticos devem ser orientados para aumentar o nível de segurança:

- *das plantas industriais e de cada uma de suas unidades de processamento;*
- *dos processos e atividades industriais;*
- *dos sistemas de segurança industrial e dos sistemas de controle e de limitação de sinistros nas fases iniciais;*
- *relacionados com as normas gerais de ação (NGA), normas padrões de ação (NPA) e procedimentos padronizados de segurança (PAS).*
- *dos planos de contingência ou de resposta aos desastres.*

A mesma metodologia de planejamento se aplica aos parques e depósitos de produtos perigosos, aos meios de transporte, vias de transporte e terminais de transporte de produtos perigosos e às instalações com produtos ou equipamentos radioativos.

Promoção da Segurança contra Desastres Tecnológicos

Como não existe risco zero e o desastre pode ocorrer a qualquer momento, as instituições que prospectam, mineram, industrializam, importam, 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 empresas idôneas especializadas em segurança industrial;*
- *organizar e adestrar suas brigadas anti-sinistro, com o objetivo de combater os sinistros em suas fases iniciais e limitar os danos e prejuízos;*
- *acatar as atividades de auditoria de segurança realizadas pelos órgãos competentes do governo e das companhias de seguro, por intermédio de suas próprias equipes técnicas ou de firmas especializadas contratadas.*

Auditoria de Segurança

Tanto os órgãos governamentais, como as companhias de seguro, podem e devem contratar firmas especializadas em auditoria de segurança, com o objetivo de supervisionar os estudos de riscos e os planos e normas de segurança das instituições privadas que atuam com produtos perigosos.

Para tanto, 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.

O Memorial de Intenções do Projeto detalha o que se espera do funcionamento de uma determinada empresa ou indústria, na ausência de desvios nos chamados “comandos de estudos”. O relatório que detalha as intenções do projeto é apresentado de forma descritiva e é acompanhado de numerosos anexos com diagramas, fluxogramas, detalhamento dos equipamentos e dos painéis e instrumentos de controle e da transcrição das Normas Gerais de Ação, Normas Padrões de Ação e Procedimentos Padronizados de Segurança.

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

- as tubulações, conexões e válvulas de segurança;
- os diagramas e painéis de instrumentos;
- os sistemas de monitorização, alerta e alarme;
- os sistemas de alívio e demais sistemas de segurança;
- as NGA, NPA e os procedimentos padronizados de segurança (PPS).

A revisão da segurança do processo é uma inspeção realizada por uma equipe de especialistas externa à instituição, que analisa a planta industrial, as unidades de processamento, os projetos de instalações industriais e de parques e depósitos de produtos perigosos, verificando os sistemas de segurança e de controle, as normas e os procedimentos padronizados e os planos de prevenção, de segurança e de contingência, com o objetivo de detectar e solucionar problemas reais e aperfeiçoar o planejamento de segurança.

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 desastres;
- desenvolver um planejamento de segurança industrial, objetivando bloquear as seqüências de eventos adversos, limitar os sinistros e reduzir danos e prejuízos provocados pelos mesmos;
- desenvolver o planejamento de contingência, ou de resposta dos desastres, objetivando reduzir as repercussões dos desastres sobre as comunidades adjacentes e sobre o meio ambiente.

Dos Recursos Financeiros Necessários ao Desenvolvimento do Sistema de Segurança

É evidente que os impostos devidos aos Municípios, ao Distrito Federal, aos Estados e à União, pelas instituições que concorrem para aumentar o nível de riscos tecnológicos, por atuarem com produtos potencialmente perigosos, podem e devem ser sobretaxados, num valor proporcional ao nível de riscos acrescidos. 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 sobretaxas como as multas devem ser suficientemente onerosas, para convencerem as instituições a melhorarem seus padrões de segurança global.

As companhias de seguros beneficiam-se do melhor funcionamento dos Sistemas de Segurança contra Desastres Tecnológicos, ao:

- aumentarem o volume dos negócios, em função da redução das taxas e tarifas;*
- diminuir as margens de riscos de seus contratos, com a elevação dos padrões de segurança;*
- aumentarem as margens de lucro, em função da redução da incidência de desastres e das tarifas pagas às grandes companhias de resseguros nacionais e estrangeiros.*

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

TÍTULO I

DESASTRES COM MEIOS DE TRANSPORTE COM MENÇÃO DE RISCOS DE EXTRAVASAMENTO DE PRODUTOS PERIGOSOS

CODAR – HT.PMT/CODAR - 21.501

1. Caracterização

Os extravasamentos de produtos perigosos, especialmente de derivados de petróleo, durante o transporte e nos terminais de carga e descarga, são cada vez mais freqüentes, provocando grandes desastres, com danos ecológicos e prejuízos econômicos e sociais.

Embora mais freqüentes em casos de transportes rodoviários, estes desastres também podem ocorrer durante o transporte ferroviário, marítimo, fluvial e aéreo. Também se enquadram nesta categoria os extravasamentos de oleodutos.

Este padrão de desastres é cada vez mais freqüente nas vias de transportes que demandam para as grandes cidades e, de forma especial, nas vias de abastecimento e de escoamento de pólos petroquímicos e de outras grandes instalações que manipulam com produtos perigosos.

2. Classificação Internacional de Produtos Perigosos

Os produtos perigosos, cujo manuseio e trânsito podem representar riscos potenciais para a vida, para o meio ambiente e para o patrimônio individual e coletivo, são classificados em nove classes distintas:

- *Explosivos*
- *Gases Comprimidos, Liquefeitos, dissolvidos sob pressão ou altamente refrigerados*
- *Líquidos Inflamáveis*
- *Sólidos Inflamáveis, Substâncias sujeitas à Combustão Espontânea, Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis*
- *Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos*
- *Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes*
- *Substâncias Radioativas*
- *Corrosivos*
- *Substâncias Perigosas Diversas*

Classe 1 - Explosivos

Esta classe compreende as substâncias explosivas, exceto aquelas que são demasiadamente perigosas para serem transportadas e aquelas cujo risco preponderante indique ser apropriado considera-las de outra classe. Substâncias que, não sendo elas próprias explosivas, mas que podem gerar uma atmosfera de gases, vapores ou poeira explosiva, não estão incluídas nesta classe.

Em função dos riscos inerentes, os explosivos são subdivididos em cinco subclasses:

SC 1.1 – Substâncias e Artefatos com Riscos de Explosão em Massa

SC 1.2 – Substâncias e Artefatos com Riscos de Projeção

SC 1.3 – Substâncias e Artefatos com Riscos Predominantes de Fogo

SC 1.4 – Substâncias e Artefatos com Riscos Pouco Significativos

SC 1.5 – Substâncias Pouco Sensíveis

Neste último caso, uma ignição iniciada durante o transporte não produz qualquer manifestação externa ao dispositivo, como projeção, estampido, fogo, calor ou fumaça.

O transporte de substâncias explosivas extremamente sensíveis e tão reativas que estão sujeitas a reações espontâneas é absolutamente proibido, exceto sob licença especial de autoridade competente, após o exame minucioso do dispositivo de segurança do comboio responsável pelo transporte.

Classe 2 – Gases Comprimidos, Liquefeitos, Dissolvidos sob Pressão ou Altamente Refrigerados

Esta classe é subdividida nas seguintes subclasses:

SC 2.1 – Gases Permanentes ou que não podem ser liquefeitos à temperatura ambiente.

SC 2.2 – Gases Liquefeitos ou os que podem se tornar líquidos na temperatura ambiente, quando submetidos a pressões elevadas.

SC 2.3 – Gases dissolvidos, quando dissolvidos sob pressão em solventes, que podem ser absorvidos por materiais porosos.

SC 2.4 – Gases Permanentes Altamente Refrigerados, como oxigênio líquido.

Os gases venenosos ou tóxicos, embora possam ser incluídos na subclasse 6.1, uma vez que seu caráter venenoso constitui o risco principal, são incluídos nesta classe, porque são transportados nos mesmos tipos de

recipientes dos demais gases e por atenderem às mesmas exigências de segurança.

Classe 3 – Líquidos Inflamáveis

Esta classe compreende os líquidos inflamáveis, misturas de líquidos ou misturas de líquidos com sólidos em suspensão ou diluídos, quando produzem vapores inflamáveis a temperaturas de até 60,5° C, em testes de vasos fechados, ou de até 65,6° C, em testes de vasos abertos.

Classe 4 – Sólidos Inflamáveis, Substâncias Sujetas à Combustão Espontânea, Substâncias que, em contato com a água, emitem gases inflamáveis

SC 4.1 – Sólidos Inflamáveis

Compreendem os produtos sólidos, exceto os classificados como explosivos, que podem entrar em combustão, nas condições presentes nos meios de transporte, ou produziram fogo, como consequência do atrito.

Nesta subclasse estão incluídos os produtos auto-reagentes, que podem sofrer decomposições exotérmicas durante o transporte, como consequência da elevação de temperatura, mesmo na ausência do ar.

Alguns produtos químicos, como os azocompostos alifáticos, as sulfidrazidas, os sais de diazônio e os compostos nitrosos, podem desprender gases tóxicos, quando em combustão.

SC 4.2 – Substâncias Sujetas à Combustão Espontânea

Compreendem as substâncias que podem se inflamar, quando entram em contato com o ar, mesmo que não ocorra elevação intensa de temperatura.

SC 4.3 – Substâncias que emitem Gases Inflamáveis, em contato com a Água

Compreendem produtos químicos, como o carbureto, que emitem gases inflamáveis, quando entram em contato com a água.

Classe 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

SC 5.1 – Substâncias Oxidantes

Compreendem as substâncias que, não sendo elas próprias

combustíveis, podem liberar grandes concentrações de oxigênio comburente, que contribuem para a combustão de outros produtos combustíveis.

SC 5.2 – Peróxidos Orgânicos

Produtos orgânicos que contêm dois átomos de oxigênio diretamente interligados. Podem ser considerados como derivados do peróxido de hidrogênio quando um ou ambos os átomos de hidrogênio foi ou foram substituído(s) por radicais orgânicos. Estes peróxidos são substâncias termicamente instáveis que podem sofrer uma reação exotérmica em cadeia e apresentar uma ou mais das seguintes propriedades adversas:

- *queimar rapidamente;*
- *decompor-se de forma explosiva;*
- *reagir perigosamente com outras substâncias;*
- *sensibilidade ao atrito;*
- *causar danos oculares.*

Classe 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes

SC 6.1 – Substâncias Tóxicas

Compreende as substâncias capazes de provocar a morte, lesões graves e sérias ou danos à saúde humana, quando ingeridas, inaladas ou quando entram em contato com a pele.

SC 6.2 – Substâncias Infectantes

Esta subclasse compreende as seguintes categorias de produtos ou substâncias:

- *Organismos microscópicos viáveis e/ou suas toxinas, que provoquem ou possam provocar doenças em seres humanos e animais;*
- *Produtos biológicos acabados, para uso humano e animal, produzidos de acordo com as exigências estabelecidas pelo Ministério da Saúde e transportadas com licença especial das autoridades sanitárias.*
- *Produtos biológicos acabados, expedidos para fins de desenvolvimento de pesquisas ou investigações, antes mesmo de serem licenciados para uso humano ou animal, compreendendo vacinas e outros produtos biológicos.*
- *Material para diagnóstico, incluindo dejetos, secreções, sangue e derivados, tecidos orgânicos e outros fluidos, expedidos para fins de diagnóstico, desde que potencialmente infectantes.*

Classe 7 – Substâncias Radioativas

Esta classe compreende substâncias ou produtos, cujas atividades radioativas ultrapassem de 70 kbb/kg.

Classe 8 – Corrosivos

Esta classe compreende substâncias que, por suas ações químicas, causam severos danos, quando em contato com tecidos orgânicos em casos de vasamentos.

Estes produtos podem também danificar os veículos e outras cargas transportadas. Os corrosivos são classificados como:

- *Muito perigosos, quando provocam visível necrose da pele, após um contato de até 3 minutos.*
- *Risco Médio, quando provocam visível necrose da pele, após um contato de 2 a 60 minutos.*
- *Risco Menor, quando provocam lesões de pele após um contato variável de 1 a 4 horas.*

Classe 9 – Substâncias Perigosas Diversas

Para substâncias perigosas que apresentem riscos durante o transporte e que não se enquadrem nas anteriores.

3. Causas

Os desastres com meios de transportes de produtos perigosos são cada vez mais freqüentes e costumam ser causados por falhas humanas, falhas dos equipamentos e pelo descumprimento de normas e procedimentos de segurança estabelecidos.

Os riscos destes desastres tendem a aumentar quando as condições atmosféricas e de visibilidade são desfavoráveis e quando as vias de transporte são mal planejadas e construídas ou quando estão deterioradas pelo tráfego intenso e pela deficiente manutenção das mesmas.

De um modo geral, a ocorrência destes desastres é diretamente proporcional à densidade de veículos com cargas perigosas, que circulam nas vias de transporte, durante o período de tempo considerado.

A freqüência e a intensidade destes desastres é inversamente proporcional ao grau de adestramento, profissionalismo e prudência dos responsáveis pela

condução e pela manutenção dos meios de transporte especializados nestas atividades.

Os estudos epidemiológicos demonstram também que os acidentes de trânsito, com motoristas profissionais, tende a aumentar no período final da jornada de trabalho, este fato demonstra que a estafa e o estresse tendem a reduzir as reações neuromusculares positivas dos motoristas e o nível de atenção dos mesmos.

No caso específico de desastres com embarcações transportadoras de produtos perigosos, há que investigar a idoneidade dos armadores e prever severas penas e multas, quando for comprovada a responsabilidade dos mesmos.

Armadores inidôneos fazem navegar embarcações muito deterioradas e contratam tripulações pouco experientes, pouco adestradas e se previnem contra prejuízos contratando prêmios de seguros altamente compensadores. Na grande maioria das vezes são estas embarcações obsoletas e mal tripuladas que provocam os desastres.

4. Ocorrência

Desastres com meios de transporte de produtos perigosos costumam ocorrer em todos os mares e países do mundo, onde estas cargas estão circulando em quantidade crescente.

A ocorrência destes desastres costuma ser proporcional ao volume do tráfego de veículos transportadores destes produtos, que tende a crescer em função do desenvolvimento econômico e industrial da região considerada.

Proporcionalmente a seu número, os veículos transportadores de cargas perigosas causam menos acidentes que os transportadores de carga geral, o que demonstra que os motoristas destas viaturas são mais responsáveis e melhor adestrados do que a média dos motoristas profissionais.

No caso de acidentes com veículos transportadores de produtos perigosos, com vítimas, pouco mais de 5% foram vitimados pela carga perigosa, enquanto que, aproximadamente, 95% foram traumatizados por causas mecânicas, relacionados com os riscos comuns do tráfego.

Os desastres com cargas perigosas tendem a diminuir, em função do grau de exigência das comunidades, no que diz respeito ao nível de risco aceitável pela sociedade. O nível de exigência cresce em função do desenvolvimento sócio-cultural e da percepção da importância do pleno exercício da cidadania, por parte da população.

Evidentemente, o nível de profissionalização e de especialização das empresas transportadoras de cargas perigosas, o desenvolvimento de normas

de procedimentos de segurança e o planejamento minucioso das operações de transporte de cargas perigosas, contribuem para reduzir a ocorrência destes desastres.

A redução da ocorrência de desastres provocados por terceiros depende da maior facilidade na identificação das viaturas especializadas nestes transportes e do nível de educação sobre normas gerais de segurança de trânsito da população em geral.

No Brasil o mais grave de todos os acidentes provocados pelo transporte de produtos perigosos ocorreu em Pojuca – BA, em função do descarrilamento de um trem transportador de combustível (álcool e gasolina), com extravasamento dos produtos perigosos. Como o combustível foi recolhido e armazenado nas casas, pela população desavisada, resultou num incêndio de proporções calamitosas, com quase uma centena de vítimas.

A intensidade e freqüência de acidentes com produtos perigosos tende a crescer quando os mesmos são transportados em viaturas não especializadas. Existem registros de acidentes com muitas vítimas provocados pelo transporte de fogos de artifício (explosivos), em veículos de passageiros.

5. Principais Efeitos Adversos

Os produtos perigosos de natureza química, biológica e radiológica, por suas características físico-químicas e biológicas, podem produzir efeitos nocivos de natureza inflamável, cáustica, corrosiva, explosiva, biológica e radioativa, quando extravasam para o meio ambiente, como conseqüência de desastres que ocorrem durante seu transporte.

Por tais motivos, a liberação destes produtos representa riscos significativos para a saúde do homem e dos demais seres vivos e para a incolumidade das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente.

Os inflamáveis, quando extravasados em conseqüência de desastres envolvendo seus meios de transporte, podem provocar graves incêndios que se propagam para o meio ambiente, causando severos danos humanos, materiais e ambientais. Há registro de acidentes envolvendo veículo transportador de passageiros, e viaturas cisternas transportadoras de combustíveis, como o ocorrido em Brasília em 1996, com mais de três dezenas de queimados graves.

Os produtos tóxicos, quando liberados, em circunstâncias de desastres, podem apresentar efeitos nocivos sobre os organismos vivos. Em função do nível de intensidade da agressão os efeitos nocivos dos produtos tóxicos podem variar entre: danos funcionais; lesões anatômicas causadoras de seqüelas e morte, em função da inviabilização das condições vitais dos organismos afetados.

Os produtos cáusticos, como a soda e a potassa cáustica, queimam, carbonizam e cauterizam os tecidos orgânicos, em função de suas propriedades físico-químicas responsáveis pela violenta desidratação, que desorganiza e desestrutura os tecidos do organismo, provocando graves escaras de tecido mortificado.

Os produtos corrosivos, como os ácidos fortes, o flúor, o cloro e o iodo, corroem os tecidos orgânicos, provocando a desestruturação e a destruição dos mesmos. Os corrosivos reagem quimicamente também com os produtos inorgânicos, danificando os veículos e outras cargas transportadas.

Os explosivos podem entrar em combustão, provocando reações químicas, que evoluem com grande velocidade, liberando um grande volume de gás sob pressão, que se expande quase que instantaneamente, produzindo grande quantidade de energia mecânica, calórica, além do efeito sonoro (estampido). O efeito mecânico produzido pela rápida expansão da onda de hipertensão pode provocar a destruição de estruturas vulneráveis existentes na área da explosão.

Os produtos biológicos e radioativos, quando liberados em circunstâncias de desastres, podem causar severos danos à saúde dos seres vivos.

6. Monitorização, Alerta e Alarme

No caso específico de desastres com meios de transporte de cargas perigosas, a monitorização contribui poderosamente para a redução dos mesmos e relaciona-se interativamente com a vigilância dos fatores de risco.

A vigilância dos fatores de risco compreende o conjunto de ações relacionadas com a identificação das características e dos aspectos situacionais relativas aos fatores de riscos e com a monitorização das variáveis que os caracterizam, com a finalidade de prognosticar e alertar sobre situações de risco iminente.

As medidas de monitorização podem e devem ser centradas nos:

- corredores de transporte*
- meios de transporte*

Quanto mais intenso for o volume de tráfego de veículos nos corredores de transporte, maior será a prioridade para que estes corredores sejam monitorizados. Os grandes corredores de transporte devem ser muito bem sinalizados e a velocidade dos veículos nas diversas faixas de rolamento deve ser muito bem controlada, sempre que possível com meios eletrônicos.

O policiamento das estradas deve receber um adestramento especial, para melhorar o nível de controle relacionado com o trânsito de veículos transportadores de cargas perigosas.

Nos postos de pedágio, todos os motoristas devem receber informações sobre os riscos relacionados com o transporte de cargas perigosas, sobre a identificação destes veículos e de suas cargas e sobre os procedimentos de segurança relativos aos mesmos. É muito importante que os veículos transportadores destas cargas perigosas sejam facilmente identificados nas vias de circulação.

Os procedimentos específicos, em casos de desastres com riscos de extravasamento de produtos perigosos devem ser amplamente divulgados, entre os responsáveis pela segurança das vias de transporte.

Os manifestos de carga desses veículos e todos os seus anexos devem ser minuciosamente verificados em todos os postos de controle situados ao longo das estradas. Todos os motoristas alcoolizados ou que mostrem sinais de estafa devem ser impedidos de prosseguir na viagem.

No que diz respeito à monitorização dos próprios meios de transporte, está cada vez mais fácil instalar sistemas de vigilância dos fatores de risco, que alertem sobre as condições de funcionamento dos mesmos. Como o custo destes veículos especializados é muito elevado, justifica-se investir na monitorização dos mesmos.

As seguintes variáveis podem e devem ser permanentemente monitorizadas e registradas:

- velocidade dos veículos;*
- condições de temperatura, umidade e pressão da carga transportada;*
- nível de estanqueidade dos compartimentos e subcompartimentos das viaturas cisternas;*
- condições de temperatura externa;*
- calibragem dos pneus;*
- condições de funcionamento dos sistemas de frenagem e de suspensão;*
- nível de atrito;*
- variações instantâneas do centro de gravidade dos veículos, nas curvas mais acentuadas, para reduzir os riscos de tombamento.*

A comunicação instantânea, por intermédio de satélites de comunicações, facilita a localização dos veículos e a difusão de informações sobre as condições do tráfego e de auxílio à navegação.

Da mesma forma, as facilidades de comunicações permitem a rápida disseminação de informações, o acesso a banco de dados e a rápida mobilização de recursos, em circunstâncias de desastres.

7. Definição de Responsabilidades

As seguintes empresas e organizações são responsáveis pela segurança dos transportes de produtos perigosos e pela normatização e fiscalização do sistema de segurança:

- fabricante do produto perigoso;*
- expedidor da carga;*
- empresa transportadora;*
- destinatário;*
- empresa seguradora;*
- órgãos técnicos responsáveis pelas ações de resposta aos desastres;*
- autoridades normatizadoras e fiscalizadoras.*

Responsabilidades do Fabricante

O fabricante é o responsável pelas características do produto, que devem estar de acordo com as especificações do órgão responsável pela liberação da produção e do comércio do mesmo, em todo o território nacional. Também é responsável pelo estabelecimento dos procedimentos relativos ao manuseio do produto em condições estritas de segurança e pela orientação e pelo treinamento das equipes técnicas responsáveis pelo atendimento das emergências. Também compete ao fabricante a escolha do recipiente mais adequado para o armazenamento e transporte de seus produtos e ainda especificar:

- o nível de umidade e as temperaturas máxima e mínima, em que o produto deve ser conservado;*
- se o produto deve ser conservado e transportado em meio líquido ou em atmosfera de gás inerte e especificar os líquidos e os gases mais adequados, para o produto específico;*
- os materiais e substâncias incompatíveis, em função de suas ações sinérgicas e/ou potencializadoras, e que devem ser mantidos longe do produto perigoso, para evitar o desencadeamento de reações químicas que aumentem o grau de risco inerente aos mesmos;*
- os procedimentos e normas de segurança que devem ser desencadeados em caso de extravasamento, além dos equipamentos de proteção individual que devem ser usados obrigatoriamente nestas condições, inclusive luvas, máscaras, óculos protetores e uniformes impermeabilizados;*
- os procedimentos e recursos que devem ser empregados nas operações de combate aos sinistros, inclusive incêndios, provocados pelo produto;*

- os procedimentos de primeiros socorros e de atendimento médico emergencial, inclusive os antídotos mais adequados para reduzir os efeitos tóxicos provocados pelos mesmos.
- os produtos mais adequados para a limpeza do solo e dos mananciais de água e para garantir a descontaminação dos cenários afetados pelo extravasamento do produto.

Responsabilidades do Expedidor da Carga

O expedidor da carga é o principal responsável pela segurança do transporte, até que o produto perigoso seja formalmente recebido pelo destinatário.

Juntamente com o fabricante, o expedidor é responsável pelas informações e especificações, que devem constar no manifesto de carga e pela orientação das equipes especializadas, responsáveis pelo transbordo e manuseio da carga e pelas ações emergenciais de resposta aos desastres, em circunstâncias de desastres.

Compete ao expedidor contratar a:

- empresa especializada no transporte de cargas perigosas
- empresa Seguradora

Responsabilidade da Empresa Seguradora

A empresa seguradora é a responsável pelas indenizações decorrentes dos sinistros, incluindo possíveis prejuízos causados a terceiros.

Em consequência, a empresa seguradora tem todo o direito de verificar a idoneidade, capacidade técnica e experiência das companhias transportadoras, vetando a contratação de empresas que não satisfaçam aos padrões estabelecidos. Também têm o direito de fiscalizar e auditar as condições de segurança das operações de transporte.

Responsabilidade da Empresa Transportadora

A empresa transportadora é responsável pela execução do transporte da carga perigosa, com o máximo de segurança.

Responsabiliza-se também pelo minucioso preenchimento do manifesto de carga e de seus anexos e pela seleção, adestramento e escalação dos motoristas e da tripulação.

É de sua total responsabilidade a manutenção dos veículos e a designação das viaturas especializadas, de modelo compatível com a carga transportada.

O Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO especifica seis desenhos distintos de caminhões-tanques e vagões de carga:

RT₁– Para o transporte de cloro líquido;

RT₂– Para o transporte de combustíveis, como óleo diesel, gasolina, álcool e querosene;

RT₃– Para o transporte de produtos criogênicos, como o oxigênio e o hidrogênio líquidos;

RT₄– Para o transporte de ácidos fortes, como o ácido sulfúrico;

RT₅– Para o transporte de amônia, gás liquefeito de petróleo – GLP e outros produtos gasosos;

RT₆– Para o transporte de acetona, benzeno, tolueno e outros produtos similares.

O adestramento dos motoristas e o desenvolvimento do senso de responsabilidade é de capital importância. É desejável que todos estes motoristas profissionais tenham curso de direção defensiva.

Responsabilidade do Destinatário

O destinatário assume a responsabilidade pela carga perigosa, após a mesma ser entregue em suas instalações. É de sua inteira responsabilidade a segurança dos terminais de transportes e das instalações de armazenamento e processamento da carga perigosa.

*Em princípio, os terminais de transporte devem ser circundados por áreas de proteção que devem ser considerados como *non aedificandi*, para garantir o distanciamento dos focos de risco, das populações vulneráveis.*

Responsabilidade dos Órgãos Técnicos Responsáveis pelo Atendimento das Emergências

Os órgãos técnicos responsáveis pelo atendimento das emergências com produtos perigosos devem ser adestrados, equipados e capacitados para desencadear as ações de resposta aos desastres relacionados com o transporte

de produtos perigosos. Dentre as ações de resposta aos desastres com produtos perigosos há que destacar a/o:

- *correta identificação de produto perigoso;*
- *avaliação dos riscos relacionados com seus principais efeitos adversos;*
- *estudo do cenário afetado pelo desastre;*
- *isolamento da área de risco;*
- *limitação e combate ao sinistro;*
- *correta vedação dos tanques e tubulações;*
- *transferência da carga perigosa, dos recipientes danificados, para recipientes íntegros;*
- *medidas de descontaminação de curto, médio e longo prazo do cenário do desastre.*

O detalhamento das ações de resposta aos desastres com produtos perigosos consta de manuais específicos que devem ser estudados pelas equipes técnicas. O pessoal de saúde responsabiliza-se pelo atendimento médico de emergência das pessoas afetadas pelos desastres.

Normalmente os órgãos técnicos responsáveis pelo atendimento emergencial são os Corpos de Bombeiros Militares, as equipes técnicas dos órgãos responsáveis pela proteção ambiental e empresas especializadas contratadas pelo fabricante ou pelas seguradoras.

Órgãos Responsáveis pela Normatização e pela Fiscalização do Sistema

Dentre os órgãos responsáveis pela normatização e pela fiscalização do Sistema, há que destacar a/o:

- *Ministério dos Transportes*
- *Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT*
- *Instituto Nacional de Metrologia – INMETRO*
- *Polícias Rodoviárias Federal e Estaduais*
- *Polícia Ferroviária*
- *Comando do Exército (Explosivos)*
- *Comissão Nacional de Energia Nuclear (Produtos Radioativos)*
- *Ministério da Saúde*
- *Ministério do Meio Ambiente*
- *Ministério da Agricultura*
- *Órgãos locais do Sistema Nacional de Defesa Civil - SINDEC*

- *Polícias Militares*
- *Corpos de Bombeiros Militares*

8. Medidas Preventivas

Do estudo epidemiológico dos acidentes com veículos transportadores de cargas perigosas foram definidas as seguintes causas principais de desastres, apresentadas de acordo com a ordem de importância:

- *Falhas Humanas*
- *Problemas de Sono e Fadiga*
- *Teor Alcoólico Elevado no Sangue e no Ar Expirado*
- *Falhas Mecânicas*
- *Problemas Intrínsecos Relativos à Carga*
- *Problemas Atmosféricos e Climatológicos*
- *Problemas Relacionados com as Estradas*
- *Falhas de Documentação e na Sinalização dos Veículos*

1) Falhas Humanas

Em mais de 70% dos acidentes foram constatadas falhas humanas dos condutores dos veículos envolvidos no desastre. Verificou-se também que aproximadamente dois terços das falhas humanas ocorreram com o motorista do outro veículo envolvido no desastre.

Dentre as falhas humanas cadastradas, avultam as seguintes: velocidade excessiva, ultrapassagens irregulares, manobras e freadas bruscas; desobediência à distância mínima de segurança; distrações provocadas pelo uso indevido de rádios e telefones; saídas ou entradas nas pistas de circulação, sem guardar distância segura para os veículos em trânsito.

2) Problemas de Sono e de Fadiga

Em aproximadamente 25% dos casos, problemas relacionados com o sono e a fadiga contribuíram para causar ou agravar o acidente. Verificou-se que nestes casos os motoristas estavam dirigindo há mais de 5 (cinco) horas, sem pequenas paradas para descanso e recuperação, ou pior, sem dormir, pelo menos 8 (oito) horas por dia.

3) Teor Alcoólico Elevado no Sangue e no Ar Expirado

O teor alcoólico elevado no sangue ou no ar expirado pelo motorista contribui para causar ou agravar os acidentes. Como o nível de profissionalismo

dos motoristas de veículos transportadores de cargas perigosas é elevado, na grande maioria das vezes o excesso de libações alcoólicas relaciona-se com os outros motoristas envolvidos nos acidentes.

Inobservância do Código de Trânsito

Em mais de 40% destes desastres verifica-se que houve infração do código de trânsito, por parte dos motoristas envolvidos nos acidentes, e que estas infrações contribuíram para causar ou agravar o desastre.

Dentre as principais infrações cadastradas, há que ressaltar a direção imprudente e perigosa, como ultrapassagens irregulares, não respeitar os sinais de parada obrigatória e não observação da altura máxima dos veículos, estabelecida nos gabaritos.

4) Falhas Mecânicas

Em aproximadamente 15% dos casos cadastrados, as falhas mecânicas contribuíram para causar ou agravar os acidentes. São particularmente importantes as falhas nos sistemas de frenagem e de suspensão e os problemas com pneumáticos e com o sistema de sinalização.

5) Problemas Intrínsecos Relativos às Cargas

Em pouco mais de 5% dos casos verificou-se que os riscos intrínsecos relacionados com as cargas dos produtos perigosos, com os recipientes de transporte ou com as cisternas, foram os responsáveis diretos pela ocorrência dos desastres.

6) Problemas Atmosféricos e Climatológicos

Em aproximadamente 5% dos casos, os problemas meteorológicos ou climáticos, como chuva intensa, nevoeiros e nevascas, contribuíram para causar ou agravar os desastres.

7) Problemas Relacionados com as Estradas

Embora estes problemas sejam pouco relevantes nos países mais desenvolvidos, no Brasil os problemas relacionados com o planejamento, construção e conservação das estradas contribuem para intensificar ou agravar os desastres.

Nas épocas das secas ou de estiagens prolongadas, os focos de incêndio próximos dos acostamentos contribuem para a redução da visibilidade e para o incremento dos desastres.

8) Falhas na Documentação e na Sinalização dos Veículos

Em muitos acidentes verificou-se que erros no preenchimento dos manifestos de carga e nas fichas que descrevem o produto perigoso e os procedimentos, em casos de acidentes, contribuíram para o agravamento dos mesmos. Também são constatadas falhas na sinalização dos veículos e na numeração das cargas.

Em alguns casos os motoristas envolvidos nos acidentes não possuíam documentos de habilitação.

A partir dos estudos epidemiológicos é bastante fácil propor as medidas mais eficientes para reduzir a frequência e a intensidade destes acidentes.

Sem nenhuma dúvida, as medidas relacionadas com o adestramento e a elevação do senso de responsabilidade e de profissionalismo dos motoristas são as mais importantes. É desejável que todos os motoristas de veículos transportadores de cargas perigosas sejam obrigados a participar dos cursos de direção defensiva e de reuniões de trabalho, que debatam sobre as principais causas de acidentes e opinem sobre a prevenção dos mesmos.

As empresas transportadoras de produtos perigosos devem elaborar manuais de procedimentos relacionados com a redução de desastres envolvendo seus meios de transporte.

A legislação brasileira que regulamenta o assunto é a seguinte:

- *Código de Trânsito do Brasil.*
- *Decreto nº 96.044, de 18 de maio de 1988, que aprova o “Regulamento para Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e dá outras providências”.*
- *Decreto nº 98.973, de 21 de fevereiro de 1990, que aprova o “Regulamento do Transporte Ferroviário de Produtos Perigosos e dá outras providências”.*
- *Norma NE-5.01 da Comissão Nacional de Energia Nuclear, relacionada com o “Transporte de Matérias Radioativas”.*
- *Artigos 206 a 211 do R-105 – “Regulamento para a Fiscalização de Produtos Controlados” do Ministério do Exército que regulamenta o transporte de explosivos.*

- *Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – Relativas ao Assunto:*
 - *NBR 7500 – Símbolos de Risco e Manuseio Relativos ao Transporte de Cargas Perigosas.*
 - *NBR 7503 – Ficha de Emergência Relativa ao “Transporte de Cargas Perigosas” – Características e Dimensões.*
 - *NBR 7504 – Envelope para a Guarda de Documentação relativa ao Transporte de Cargas Perigosas – Dimensões e Utilização.*
 - *NBR 8285 – Preenchimento de Fichas de Emergência, relativas ao Transporte de Cargas Perigosas.*
 - *NBR 8286 – Emprego da Simbologia relacionada com o Transporte Rodoviário de Cargas Perigosas.*

- *Manual de Emergência do DOT dos Estados Unidos da América, traduzido, atualizado e editado pela ABIQUIM.*

Campanhas de verificação da documentação específica e dos documentos de habilitação dos motoristas, além da verificação das condições mecânicas dos veículos e do nível de capacitação dos motoristas, devem ser desencadeados nas estradas onde o trânsito de veículos transportadores de cargas perigosas é mais intenso.

TÍTULO II

DESASTRES EM PLANTAS E DISTRITOS INDUSTRIAIS, PARQUES OU DEPÓSITOS COM MENÇÃO DE RISCOS DE EXTRAVASAMENTO DE PRODUTOS PERIGOSOS

CODAR – HT.PIQ/CODAR - 21.502

1. Caracterização

Desastres em plantas e distritos industriais, terminais de transporte, parques, depósitos e entrepostos de produtos perigosos estão acontecendo, com frequência e intensidade crescentes, em todo os quadrantes da Terra.

Embora estes desastres tecnológicos de natureza focal ocorram com maior frequência em países desenvolvidos, produzem maior volume de danos nos países em processo de desenvolvimento, em consequência das maiores vulnerabilidades sócio-culturais, tecnológicas, econômicas e políticas destes países.

Também está comprovado que naqueles países onde prevalece a ideologia neoliberalista e a ação disciplinadora do estado é deficiente, estes desastres tendem a crescer de intensidade.

Os extravasamentos de produtos perigosos, seguidos ou não de incêndios e de explosões, são cada vez mais frequentes em plantas e distritos industriais, em terminais de transporte e em parques, depósitos e entrepostos de produtos perigosos.

Quanto ao padrão evolutivo, estes desastres tecnológicos de natureza focal podem ser classificados como:

- Súbitos ou de evolução aguda, nos casos de extravasamentos bruscos de produtos perigosos, inclusive derrames de óleo, os quais podem ou não ser seguidos de incêndios de explosões.*
- Graduais ou de evolução crônica, nos casos de contaminação e poluição ambiental, por rejeitos sólidos, efluentes líquidos ou emanações gasosos de produtos perigosos, resultantes do processamento industrial.*
- Por somação de efeitos parciais, nos casos de intoxicações agudas ou crônicas, resultantes de efeitos acumulativos, que podem ocorrer nos trabalhadores que manipulam estes produtos ou entre pessoas das comunidades circunvizinhas, que entram em contato com os rejeitos sólidos, líquidos e gasosos resultantes da manipulação destes produtos.*

São vulneráveis às intoxicações agudas ou crônicas causadas por extravasamento de produtos perigosos:

- os operários e demais trabalhadores das empresas que produzem ou manipulam estes produtos;*
- os estratos populacionais vulneráveis, que habitam e trabalham em áreas circunvizinhas e que podem entrar em contato acidental com produtos tóxicos extravasados ou com rejeitos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas resultantes da industrialização destes produtos;*
- os ecossistemas circundantes que podem ser poluídos por estes produtos com graves repercussões para os biótopos e para as biocenoses.*

2. Ocorrência

Desastres tecnológicos de natureza focal, com liberação de produtos perigosos para o meio ambiente, ocorrem com bastante freqüência nos países industrializados. Ainda mais freqüentes são os quase desastres, que são abortados antes de se manifestarem plenamente, pelos sistemas de segurança industrial.

No entanto, há que destacar os desastres que repercutiram intensamente na opinião pública, em função de sua grande intensidade. Enquadram-se nesta situação os seguintes desastres de muito grande intensidade:

1) Extravasamento ocorrido em Bhopal-Índia – numa indústria da União Carbide, provocado pela brusca liberação de metilissocianato de sódio, que resultou na morte imediata de 4.000 pessoas, na intoxicação grave de 10.000 vítimas e afetou secundariamente 300.000 pessoas.

2) Extravasamento de dioxina ocorrido em Seveso – Itália – que provocou a intoxicação aguda de 193 pessoas e afetou secundariamente 730 vítimas.

3) Extravasamento de gás combustível para o sistema de esgoto de águas pluviais, seguido de explosão, ocorrido em Ixhuatepec – México – que provocou 452 mortes, 4.248 feridos graves e afetou 300.000 pessoas.

4) No Brasil, o mais importante acidente provocado por contato com produto perigoso ocorreu num armazém localizado na cidade do Rio de Janeiro, em consequência da liberação de pentaclorato de sódio – pó da china – que provocou a morte de dois carregadores e a intoxicação aguda de 25 vítimas.

Desastres graduais ou de evolução crônica e desastres por somação de efeitos parciais, com graves repercussões sobre o meio ambiente, estão

ocorrendo em numerosas áreas industriais do hemisfério norte, especialmente nos países do Leste Europeu e nos Estados Unidos da América.

Como estes desastres evoluem de forma insidiosa, repercutem menos nos meios de comunicação e não são valorizados com a veemência necessária, para despertar a opinião pública.

3. Causas

Os estudos analíticos relativos aos riscos destes desastres permitem caracterizar, para cada sistema estudado:

- os eventos adversos potenciais ou ameaças, que podem ser internos ou externos ao Sistema considerado e que podem desencadear os desastres;*
- os corpos ou sistemas receptores existentes nos cenários dos desastres e que são vulneráveis aos efeitos dos desastres;*
- os danos humanos, materiais e ambientais e os prejuízos econômicos e sociais, que poderão ocorrer caso se perca o controle sobre os fatores de risco;*
- análise das ameaças ou dos eventos adversos potenciais, que podem provocar estes desastres, ocorre em três etapas.*

Primeira Etapa – Identificação e Caracterização das Ameaças

Nesta fase se busca antecipar os fenômenos ou eventos adversos potenciais que podem causar desastres, caracterizando que os mesmos podem ser antropogênicos ou naturais e internos ou externos aos sistemas considerados.

As características intrínsecas destes eventos também são estudadas, da mesma forma que as probabilidades de ocorrência, as prováveis magnitudes de suas manifestações e os epicentros dos mesmos, caracterizando o ponto onde o fenômeno ocorre com o máximo de intensidade.

Ao concluir esta fase, procura-se identificar os cenários que podem ser afetados pelos efeitos desfavoráveis destes eventos.

Segunda Etapa – Caracterização dos Efeitos Desfavoráveis

Nesta fase, procura-se estudar os diferentes efeitos desfavoráveis destes eventos adversos sobre as populações vulneráveis, sobre o patrimônio e sobre os corpos receptores existentes no cenário dos desastres e a repercussão destes efeitos sobre:

- a saúde e a incolumidade das populações em risco;
- o patrimônio público e privado;
- as instituições localizadas nas áreas de risco;
- o meio ambiente.

De uma forma muito genérica, pode-se afirmar que os efeitos desfavoráveis podem ser de natureza física (mecânica ou irradiante) química, biológica ou psicológica.

Terceira Etapa – Avaliação das Magnitudes dos Eventos Adversos e dos Níveis de Exposição

Nesta fase são estudados os ciclos evolutivos dos eventos adversos, considerando as variáveis tempo, magnitude e nível de exposição procura-se definir os parâmetros que permitem acompanhar e monitorizar a evolução cronológica destes eventos.

No caso de desastres tecnológicos, a monitorização permite acompanhar o desenvolvimento do processamento industrial, de acordo com parâmetros de normalidade pré-estabelecidos, facilitando o acionamento dos sistemas de alívio e o desencadeamento das atitudes de alerta e de alarme.

Conceituação dos Eventos Causadores de Desastres

Evento

Em análise de risco, evento é a ocorrência que pode ser interna ou externa ao sistema, e que causa distúrbio ao sistema considerado.

Evento Adverso

É o fenômeno, ocorrência ou acontecimento que causa um distúrbio tão intenso ao sistema, que pode desencadear um desastre e ser causa de danos e de prejuízos.

Evento Catastrófico

É aquele evento muito pouco freqüente mas que, quando ocorre, gera gravíssimas conseqüências em termos de desastres. O superaquecimento do reator que provocou o desastre nuclear de Chernobil é um trágico exemplo de evento catastrófico.

Evento Externo

É o acontecimento, fenômeno ou ocorrência que se origina no âmbito externo do sistema, podendo ser um fenômeno da natureza, uma interrupção no fornecimento de água ou de energia ou mesmo um desastre tecnológico que afeta uma instalação vizinha e que pode propagar-se para o sistema estudado.

Evento Interno

É um acontecimento que se origina no âmbito interno dos sistemas estudados e que pode resultar de erros humanos ou de falhas de equipamentos. A experiência demonstra que na maioria das vezes o evento causador do desastre origina-se em um erro humano.

Evento Básico

É uma falha ou defeito primário do equipamento, que repercute sobre o funcionamento da unidade de processamento, causando danos que:

- *não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa ao sistema;*
- *independem de outras falhas ou defeitos ocasionais.*

Evento Crítico ou Inicial

É o evento ou acontecimento que dá início a uma cadeia de acidentes que resultará num desastre, a menos que o sistema de alívio e, numa segunda fase, o de segurança interfiram em tempo, com a finalidade de bloquear e controlar esta seqüência e abortar o desastre.

Evento Intermediário

É o evento que ocorre dentro de uma cadeia seqüenciada de acidentes, mantendo estreitas relações de causa e efeito com os eventos que os precedem e os seguem e que podem atuar:

- *propagando e intensificando a seqüência;*
- *interferindo sobre a seqüência e reduzindo a intensidade do desastre conseqüente.*

Evento Topo ou Principal

É o evento final da cadeia de acidentes e que se caracteriza como o

acontecimento desencadeador do desastre. O evento topo ou principal resulta de uma combinação de falhas e de defeitos sistêmicos que ocorrem de forma seqüenciada e que podem ser diagramados por intermédio de uma árvore de eventos ou de falhas.

É importante caracterizar-se que, no caso dos desastres tecnológicos de natureza focal, os desastres costumam ser causados por cadeias seqüenciadas de eventos, que se iniciam com um evento crítico, que pode ser interno ou externo ao sistema, desenvolve-se por intermédio de eventos intermediários, que guardam estreitas relações de causa e efeito com os eventos que os antecedem e que os seguem e culminam no evento topo, causador do desastre.

Estas características dos desastres tecnológicos fazem crescer a importância das atividades de monitorização, com o objetivo de detectar as fases iniciais destas seqüências de eventos, e de definir as alternativas de gestão para abortar os desastres.

4. Principais Efeitos Adversos

a) Introdução

No caso específico dos desastres tecnológicos, o estudo dos efeitos adversos é realizado na seguinte seqüência:

- caracterização das conseqüências gerais dos desastres*
- caracterização dos efeitos adversos relacionados com as mesmas*

Estudo das Conseqüências Gerais dos Desastres

Genericamente, as conseqüências gerais de um desastre tecnológico de natureza focal podem ser as seguintes:

- Incêndios envolvendo combustíveis sólidos, líquidos e gasosos, inclusive equipamentos eletrificados ou energizados.*
- Formação de bolsas de fogo pela liberação de gases combustíveis para a área de incêndio e a queima destes gases a partir da periferia.*
- Explosões que podem ocorrer em ambientes confinados e não confinados.*
- Explosão de nuvens de vapores em expansão, a partir de combustíveis líquidos em processo de ebulição.*
- Evaporação incrementada de produtos não combustíveis líquidos ou liquefeitos, em conseqüência do superaquecimento, e a dispersão*

dos mesmos nos cenários dos desastres e, numa segunda instância, para a atmosfera.

- *Extravasamento de produtos perigosos, que podem ocorrer sob a forma de escapamento de gases e de vapores, de derrames líquidos ou de fugas multifásicas.*
- *Contaminação e poluição do ar, da água de superfície e de sub-superfície e do solo por gases, elementos particulados, efluentes líquidos e resíduos ou despejos sólidos resultantes do processamento industrial.*

2) Estudo e Caracterização dos Efeitos Adversos

Dentre os efeitos adversos, relacionados com as conseqüências gerais dos desastres tecnológicos, há que considerar e estudar os seguintes:

- *Produção de ondas de choque causadoras de fragmentações, desabamentos, desmoronamentos, soterramentos, projeção e impacto de projetis primários e secundários e efeitos biológicos de origem mecânica, como ruptura de tímpano e, em casos extremos, de alvéolos pulmonares.*
- *Produção de radiações térmicas, ionizantes, nucleares, de ondas sonoras e de outros efeitos irradiantes.*
- *Desencadeamento de Reações Químicas de oxidação, como a combustão, com intensa produção de calor e de chama e que resultam da combinação do material combustível com o oxigênio comburente.*
- *Liberção de Produtos Químicos, intensamente reagentes, como o flúor, o cloro, o bromo e o iodo e os metais alcalinos e alcalinos terrosos, como o sódio, o potássio, o magnésio e o cálcio, além dos cáusticos e dos corrosivos.*
- *Desencadeamento de Reações Tóxicas, causadas por interações químicas danosas entre os produtos tóxicos e os organismos vivos, que são atingidos através de contato com a pele e as mucosas, de inalação, de ingestão ou de inoculação.*
- *Contaminações e poluições ambientais com reflexos danosos sobre os biótopos e sobre a biocenose.*
- *Alterações da saúde mental das vítimas destes desastres e dos agentes que combatem os mesmos, em função do impacto psicológico, que pode ser causa de reações de pânico ou de alterações graduais do estado psíquico.*

b) Importância do Estudo das Conseqüências do Pior Caso

Ao se avaliar o potencial de riscos de um determinado projeto industrial é importante que se tenha em mente os desastres de Chernobil, de Bhopal, de

Seveso e de Ixhuatepec e se conduza um estudo de situação que considere os parâmetros relacionados com os riscos máximos, os quais são definidos como Conseqüências do Pior Caso.

Esta metodologia aplica-se ao estudo dos chamados eventos catastróficos, caracterizados por serem pouco freqüentes e por causarem gravíssimas conseqüências, quando ocorrem.

O método permite estimar as prováveis conseqüências de um desastre de muito grandes proporções, que ocorra em sua intensidade máxima.

Um bom exemplo de estudo das conseqüências do pior caso é o exame de uma hipótese de desastre tecnológico caracterizado:

- pela liberação de todo o material tóxico armazenado; para uma área densamente povoada e de grande vulnerabilidade;*
- durante o período noturno e sob condições atmosféricas que facilitam a concentração do tóxico na área vulnerável;*
- causando o máximo de efeitos nocivos;*
- a uma comunidade totalmente exposta e que não foi alertada a tempo.*

A partir da visualização da hipótese do pior caso, há que arquitetar alternativas de gestão e tomar medidas objetivas para reduzir a probabilidade de ocorrência de cada uma das caracterizações parciais acima apresentadas.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

De um modo geral, os sistemas de monitorização são constituídos por:

- sensores periféricos;*
- vias de comunicações aferentes, centrípetas ou ascendentes que interligam os sensores periféricos com os monitores ou centros de integrações;*
- monitores ou centros de integração, que podem ser localizados em diferentes níveis do sistema;*
- vias de comunicações responsáveis pela interligação, integração ou enlace dos diversos monitores com o centro de integração e comando do sistema;*
- vias de comunicações eferentes, centrífugas ou descendentes, responsáveis pela interligação dos centros de integração ou monitores com os órgãos efetores.*
- Órgãos efetores responsáveis pelo desencadeamento de respostas pré-estabelecidas.*

Nos centros de integração ou monitores os dados, captados pelos sensores periféricos, são comparados e cotejados com um repertório de informações, relacionados com os parâmetros de normalidade funcional, que são armazenados nestes centros, com a finalidade de:

- identificar desvios significativos dos parâmetros de normalidade;
- definir as tendências evolutivas dos processos monitorizados;
- articular respostas sistêmicas adequadas, quando as mesmas tornarem-se necessárias.

a) Conceituação e Embasamento Teórico

◆ Monitor

Aparelho eletrônico que acompanha, mede e controla parâmetros relacionados com o funcionamento de outros aparelhos, equipamentos ou sistema, com a finalidade de comandar o desempenho dos mesmos e manter a homeostase do processo.

◆ Monitorizar

O verbo monitorizar deriva do substantivo monitor, ao qual se acrescenta o sufixo “izar”, que é um sufixo de ação, e todas as suas flexões verbais são compatíveis com os verbos da primeira conjugação. Da mesma forma que os substantivos dicionário, máximo, mínimo, o substantivo monitor deu origem ao verbo monitorizar, que é mais compatível com a língua portuguesa.

◆ Homeostase

O termo homeostase foi divulgado pelo eminente fisiologista francês Claude Bernard com o significado de:

- *estado de equilíbrio dinâmico de um organismo vivo, em relação as suas várias funções e à composição química de seus fluidos e tecidos. Em última análise, a homeostase é uma situação indispensável para a manifestação das condições de viabilidade, quando alterada de forma irreversível os seres vivos morrem.*

Com o passar do tempo, a cibernética – ciência que estuda os processos de comunicação e os sistemas de controle dos organismos vivos e das máquinas complexas – apropriou-se da terminologia.

Com o desenvolvimento do estudo dos sistemas autorreguláveis, ficou patente a importância da monitorização e da retroalimentação dos sistemas,

para que a homeostase e o arranjo funcional e estrutural destes sistemas permanecessem em equilíbrio dinâmico estável.

b) Padrões de Monitorização

No caso específico dos estudos de riscos relacionados com desastres tecnológicos de natureza focal, provocados por extravasamentos de produtos perigosos, há que se considerar os seguintes padrões de monitorização:

- *Monitorização do Processo Industrial*
- *Monitorização dos Fatores de Risco*
- *Monitorização Ambiental*
- *Monitorização e Vigilância das Condições de Trabalho*

Monitorização do Processo Industrial

A monitorização do processo industrial pode ser conceituada como:

- *A observação, registro, medição, comparação, avaliação repetitiva e continuada de dados técnicos relacionados com os parâmetros de funcionamento normal dos equipamentos e das unidades de processamento, de acordo com esquemas pré-estabelecidos, no tempo e no espaço, utilizando métodos comparativos, com a finalidade de:*
 - *registrar todas as possíveis variáveis dos processos em observação;*
 - *identificar os parâmetros de normalidade dos processos;*
 - *a partir da definição destes parâmetros, caracterizar todos os desvios significativos dos processos;*
 - *facilitar a tomada de decisão e permitir a articulação de respostas oportunas, por parte dos órgãos efetores.*

Normalmente os sistemas de monitorização industrial são planejados e arquitetados a partir do estudo das árvores de eventos e árvores de falhas e trabalham acoplados, numa primeira instância, com os sistemas de alívio e, numa segunda fase, com os sistemas de segurança.

Como em última análise, os desastres são considerados como manifestações do caos e como os sistemas autorreguláveis se opõem anti-sistemas caóticos, a monitorização, a retroalimentação e a manutenção da homeostase dos processos industriais, são de capital importância para a redução dos desastres tecnológicos.

Por outro lado, nas atuais condições de desenvolvimento tecnológico, pode-se afirmar que todas as variáveis de todos os processos industriais podem ser monitorizados.

Monitorização dos Fatores de Riscos

A monitorização dos fatores de risco, ou a monitorização dos desastres podem ser conceituada como:

- *A aplicação da metodologia de monitorização, com a finalidade de acompanhar o quadro evolutivo das possíveis ameaças de eventos adversos, definidos por parâmetros e variáveis relacionadas com a monitorização dos fatores de risco permite que se antecipe as situações de desastre iminente e irreversível, com razoável grau de precisão.*

Os sistemas de monitorização, alerta e alarme, ao anteciparem a predição de situações de desastre iminente e irreversível, contribuem para ampliar a fase de pré-impacto e facilitam:

- *a mobilização dos recursos para combater o sinistro;*
- *o isolamento da área de riscos intensificados;*
- *a evacuação da população ameaçada;*
- *a redução dos danos humanos, materiais e ambientais e dos prejuízos econômicos e sociais.*

Para que a população que reside e trabalha na área de exposição a riscos intensificados seja alertada em tempo oportuno, é necessário que dispositivos de alarmes sonoros e visuais sejam instalados com grande antecipação.

É necessário também que sejam estabelecidos códigos de sinais que identifiquem situações reais de alerta e alarme e situações de exercícios de simulação e que estes códigos sejam amplamente difundidos entre a população.

As rádios locais e sistemas de alto-falantes podem complementar e reforçar os sistemas de alerta e alarme recordando à população os procedimentos pré-estabelecidos.

Monitorização Ambiental

A vigilância e a monitorização ambiental pode ser conceituada como:

- *A observação sistematizada do meio ambiente, caracterizada pelas ações de medição, registro, comparação e interpretação das variáveis ambientais, com a finalidade de incrementar a vigilância dos fatores ambientais, por intermédio das seguintes ações gerais:*
 - *medição, registro e comparação sistemática das concentrações de agentes poluentes existentes nos diversos compartimentos ambientais naturais como o solo, a água de superfície e de subsuperfície e o ar, nos ambientes de trabalho, de habitação, de lazer e nos alimentos e demais produtos, que podem ser contaminados;*
 - *observação, registro e medição sistemática dos condicionantes macroambientais dos sistemas estudados;*
 - *análise, comparação, avaliação e interpretação sistematizadas das medições dos poluentes ambientais e de produtos nocivos e das interrelações entre as concentrações dos mesmos com os condicionantes macroambientais dos sistemas estudados e com as atividades humanas responsáveis pela acumulação destes produtos.*

Evidentemente, a monitorização ambiental é de capital importância, para garantir a preservação do ambiente situado nas imediações das unidades industriais.

Monitorização e Vigilância das Condições de Trabalho

A vigilância das condições de trabalho pode ser conceituada como:

- *A aplicação de metodologia de monitorização, vigilância e de retroalimentação sistêmica, com a finalidade de proteger os recursos humanos e de garantir a saúde e a incolumidade da força-de-trabalho.*

No caso específico dos desastres tecnológicos, com características focais, a vigilância das condições de trabalho ocupa-se prioritariamente com a:

- *salubridade do ambiente de trabalho;*
- *proteção dos trabalhadores e a redução dos acidentes de trabalho;*
- *redução dos riscos de intoxicações agudas ou crônicas, provocadas pelo extravasamento de produtos perigosos.*

Nestas condições, a vigilância depende da monitorização e supervisão sistemática do/das:

- *ambiente de trabalho;*
- *uso de equipamentos protetores, como capacetes, óculos, máscaras, luvas, botas, capuzes e outros itens;*
- *normas e procedimentos padronizados de segurança;*
- *condições de saúde dos trabalhadores.*

6. Medidas Preventivas

A prevenção dos desastres compreende dois grandes conjuntos de atividades:

6.1. Avaliação dos Riscos de Desastres

6.2. Redução dos Riscos de Desastres

6.1. Avaliação dos Riscos de Desastres

Estudos Relacionados com a Avaliação dos Riscos de Desastres

Normalmente os estudos relacionados com a avaliação de riscos de desastres são referenciados a um documento que é desenvolvido pela empresa responsável pelo planejamento e construção da planta industrial, que é denominado de “Memorial de Intenções do Projeto”.

Este documento descreve, de forma muito detalhada, a localização da planta industrial e das diversas unidades de processamento, que a constituem e o que se espera da operação da referida planta, na ausência de desvios operacionais nos chamados “comandos de estudos”.

O Memorial de Intenções do Projeto é apresentado de forma descritiva e é acompanhado de documentos anexos, como:

- *planta situacional do empreendimento e plantas baixas detalhadas de todas as unidades de processamento e instalações de apoio;*
- *diagramas e fluxogramas diversos;*
- *detalhamento dos processos industriais utilizados e dos diversos equipamentos instalados em cada uma das unidades de processamento;*
- *detalhamento dos sistemas de monitorização responsáveis pelo acompanhamento dos processos industriais;*
- *detalhamento dos sistemas de alívio responsáveis pelo abortamento das seqüências de eventos adversos e pela limitação dos acidentes nos estágios iniciais;*

- *detalhamento dos sistemas de segurança industrial, com especial atenção para o de combate aos incêndios;*
- *apresentação das Normas Gerais de Ação – NGA, Normas Padrões de Ação – NPA e Relações de Procedimentos Padronizados – RPP que, em conjunto, regulamentam o funcionamento da unidade industrial.*

◆ **Apresentação dos Comandos de Estudos**

Os Comandos de Estudos são os pontos sensíveis de uma planta industrial ou de uma unidade de processamento, onde é mais provável que ocorram distúrbios ou desvios no processo industrial.

São nestes comandos que os parâmetros de funcionamento dos processos industriais devem ser examinados mais cuidadosamente, com o objetivo de identificar possíveis desvios, que conflitem com as intenções do projeto.

Os comandos de estudo mais importantes e que devem ser examinados mais cuidadosamente, pelas equipes técnicas, são os seguintes:

- *reatores ou cadinhos, onde ocorrem as reações químicas;*
- *tubulações, conexões e válvulas de segurança;*
- *tanques de combustíveis;*
- *painéis de controle;*
- *diagramas de instrumentação;*
- *sistemas de monitorização;*
- *sistemas de alívio;*
- *sistemas de segurança;*
- *relação de Procedimentos Padronizados, Normas Gerais de Ação e Normas Padrões de Ação.*

Principais Métodos de Estudos de Riscos Industriais

Os principais métodos qualitativos e quantitativos relacionados com estudos de riscos industriais são os seguintes:

- *Análise Preliminar de Riscos*
- *Auditoria de Segurança dos Processos*
- *Análise de Falhas e de Efeitos*
- *Estudo das Árvores de Eventos*
- *Estudo das Árvores de Falhas*
- *Estudo de Riscos Operacionais*

- *Estudo do Método DOW*
- *Estudo do Método Mond*
- *Ranqueamento de Riscos*

Análise Preliminar de Riscos

Esta análise é, na acepção do termo, um método preliminar de estudo de riscos, desenvolvido durante a fase de concepção e aprofundamento do projeto de instalação de uma planta industrial, que manipule produtos perigosos, com a finalidade de prever e contribuir para minimizar riscos de desastres, que poderão ocorrer na fase operacional.

O principal enfoque da Análise Preliminar de Riscos é verificar se o Memorial de Intenções do Projeto:

- *está sendo corretamente redigido e desenvolvido;*
- *preenche todos os requisitos estabelecidos e permite uma completa inteligência do projeto;*
- *se coaduna com a legislação e com as normas técnicas nacionais e internacionais que regulamentam o assunto.*

Auditoria de Segurança dos Processos

A Auditoria de Segurança dos Processos é desencadeada por uma equipe técnica externa à empresa e corresponde a uma inspeção minuciosa de uma planta industrial e de todas as suas unidades de processamento, com o objetivo de aperfeiçoar o planejamento de segurança da planta estudada.

O enfoque principal desta auditoria é desenvolvido sobre os processos de industrialização e sobre os comandos de estudos, com especial atenção para:

- *as Normas Gerais de Ação, Normas Padrões de Ação e Procedimentos Padronizados relacionados com a segurança industrial;*
- *o Planejamento Preventivo;*
- *o Planejamento da Segurança Industrial;*
- *o Planejamento de Contingência, relativo às ações de resposta aos desastres, para os desastres previstos.*

A Auditoria de Segurança dos Processos investiga e verifica se a planta industrial foi arquitetada, construída e equipada e se tem condições de operar,

de forma coerente com o que foi estabelecido no Memorial de Intenções do Projeto e tem por finalidade:

- *verificar se há necessidade de aperfeiçoar as atividades relacionadas com o processamento industrial, a partir de um enfoque de segurança;*
- *otimizar o planejamento relativo à segurança da empresa;*
- *confirmar e referendar o Memorial de Intenções do Projeto, objeto da auditoria;*
- *verificar se a operacionalização da empresa está coerente com o previsto no Memorial.*

Análise de Falhas e de Efeitos

Este método foi concebido e desenvolvido para ser utilizado no estudo de equipamentos mecânicos, com o objetivo de identificar falhas potenciais dos equipamentos ou de seus operadores, que podem provocar acidentes adversos e os efeitos desfavoráveis dos mesmos sobre as unidades industriais, sobre a força-de-trabalho e sobre o meio ambiente natural ou modificado pelo homem.

O método é desenvolvido nas seguintes etapas:

- *tabulação de todos os sistemas e subsistema, unidades de processamento e equipamentos existentes na planta industrial;*
- *verificação dos equipamentos instalados para definir se os mesmos correspondem aos definidos na especificação;*
- *identificação de todas as modalidades de falhas e de avarias, que podem ocorrer em cada um dos equipamentos instalados;*
- *estudo dos efeitos desfavoráveis e das prováveis repercussões de avarias dos equipamentos sobre as unidades de processamento e sobre o conjunto das atividades industriais.*

◆ Análise de Falhas de Equipamentos

Esta metodologia destina-se ao estudo das prováveis falhas que podem ocorrer nos equipamentos instalados nas unidades de processamento e na identificação:

- *das causas destas falhas;*
- *das prováveis recorrências destas falhas;*
- *dos efeitos adversos das mesmas sobre o processo industrial e sobre os sistemas de processamento.*

No prosseguimento, é importante estudar as condições de operações destes equipamentos e definir os padrões de normalidade de cada um dos processos industriais e os possíveis desvios operacionais, que podem provocar defeitos e acidentes funcionais.

Estes estudos facilitam a monitorização dos parâmetros de funcionamento, com a finalidade de otimizar o desempenho de sistemas automatizados de detecção de condições anormais de funcionamento, que podem ser causa de falhas mecânicas e de acidentes.

Esta análise relaciona-se com dois conceitos de extrema importância e que são os de confiabilidade e de recorrência.

◆ *Confiabilidade é conceituada como:*

- *A probabilidade de que um determinado equipamento ou sistema 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 bom desempenho de componentes, peças, equipamentos, subsistemas e sistemas, em função de procedimentos operacionais estabelecidos e durante um tempo determinado.*
- *O Conceito de Recorrência relaciona-se com o número de horas de operação ou de ciclos operativos, a partir dos quais uma determinada falha de equipamentos pode acontecer, mesmo em condições otimizadas de funcionamento, caso não se estabeleça uma adequada programação de manutenção preventiva.*

Como se pode deduzir, a partir do exame desses enunciados, existe uma forte correlação interativa entre:

- *a especificação adequada dos equipamentos;*
- *os padrões estabelecidos para garantir o funcionamento otimizado dos mesmos;*
- *o tempo de operação;*
- *as rotinas de manutenção preventiva estabelecidas;*
- *os sistemas automatizados responsáveis pela monitorização dos parâmetros de normalidade das atividades de processamento;*
- *os procedimentos padronizados relativos à operação destes equipamentos;*
- *as atividades de adestramento da mão-de-obra especializada;*

- o nível de confiabilidade dos equipamentos instalados nas diferentes unidades de processamento.

◆ **Análise de Falhas Humanas**

Esta metodologia foi concebida e desenvolvida com a finalidade de identificar as causas e as conseqüências dos erros humanos, que podem desencadear acidentes e desastres, com o objetivo de reduzi-los.

Genericamente, as condições que contribuem para aumentar a incidência de erros humanos e que se relacionam com as características das máquinas, dos seres humanos e do meio ambiente, dependem dos seguintes fatores preponderantes:

- condicionantes biopsicológicos, técnicos e culturais dos operadores;
- nível de adestramento da força-de-trabalho;
- implementação de rotinas de segurança individual e coletiva;
- motivação da força-de-trabalho, com relação à importância da redução dos riscos de acidentes;
- desenvolvimento de atividades de auditoria, de reciclagens periódicas e de treinamento em serviço relacionados com as rotinas operacionais de segurança;
- caracterização e especificação adequada dos equipamentos;
- padronização da operacionalização dos equipamentos, por intermédio de procedimentos padronizados;
- otimização das condições do ambiente de trabalho, em termos de conforto, salubridade e segurança.

Nesta área de investigação cresce a importância dos estudos relacionados com a Ergonomia e com as Psicologia do Trabalho e dos Desastres.

A Ergonomia se ocupa do estudo da organização metódica do trabalho, em função dos objetivos estabelecidos e das relações interativas e interdependentes que existem entre o homem e a máquina que ele opera.

Os estudos ergonômicos, ao enfocarem estas relações de estreita interdependência que existem entre o homem e a máquina, contribuem para reduzir a incidência de erros humanos e para otimizar:

- a concepção, o projeto e o “desenho” das máquinas e dos equipamentos, que devem ser adequados e adaptados à anatomia, à fisiologia e, em especial, à neurofisiologia humana;
- a seleção física e psicotécnica dos operadores;

- o nível de adestramento dos mesmos, com o objetivo de operarem as máquinas em condições otimizadas de funcionamento;
- o planejamento e a especificação das condições ambientais, que favorecem o melhor desempenho dos operadores e reduzem a incidência dos erros humanos.

Estes estudos contribuem para otimizar as especificações, a arquitetura e o desenho das máquinas e equipamentos envolvidos no processamento industrial e de segurança das condições ambientais, tudo com o objetivo de:

- aumentar os níveis de salubridade e de conforto ambiental;
- reduzir o desconforto e as condições geradoras de estresse;
- reduzir os riscos de acidentes traumatismos e de intoxicações exógenas;
- reduzir a incidência de doenças profissionais e outros agravos à saúde;
- reduzir a probabilidade de ocorrência de falhas humanas.

As Psicologias do Trabalho e dos Desastres percebem o homem como uma unidade biopsicológica integrada e indissolúvel, que desenvolve intensas relações interativas com:

- seu ambiente sócio-cultural e familiar;
- a comunidade em que vive;
- seu ambiente de trabalho.

A saúde mental depende da harmonização do ser humano com seu meio e compete à psicologia, a partir da percepção da importância da individualidade humana:

- incentivar e motivar os seres humanos que compõem a força-de-trabalho;
- minimizar todas as causas de conflito ou de geração de estresse.

O objetivo buscado é otimizar o desempenho da força-de-trabalho e reduzir a incidência de erros humanos e de acidentes.

Estudo das Árvores de Eventos

Este método de estudo dedutivo busca descrever, de forma seqüenciada, o encadeamento lógico de eventos adversos, que se desenvolvem ao longo de uma cadeia de acidentes, que:

- *se inicia com um evento crítico ou inicial;*
- *se desenvolve através de eventos intermediários;*
- *culmina no evento topo ou principal que é o desencadeador do desastre.*

Como já foi especificado neste trabalho:

- *Os eventos críticos ou iniciais podem ser:*
 - *fenômenos naturais adversos;*
 - *desastres em instalações vizinhos que se propagam para a planta estudada;*
 - *interrupções bruscas do suprimento de água ou de energia;*
 - *falhas nos equipamentos;*
 - *erros humanos.*
- *Os eventos intermediários mantêm estreitas relações de causas e efeitos com os eventos que os precedem e com os que lhes seguem, caracterizando as cadeias de acidentes, que culminam no evento topo causador do desastre.*

Para desenvolver corretamente o método é necessário identificar:

- *todos os eventos críticos ou iniciais que podem causar desastres;*
- *as seqüências de eventos intermediários que são desencadeados a partir de cada um dos eventos iniciais;*
- *os eventos topos que ocorrem ao término destas cadeias e que desencadeiam os desastres.*

A principal finalidade desta metodologia é facilitar o planejamento dos sistemas de alívio, que são desenvolvidos com a finalidade de interferir nestas cadeias de acidentes e de abortar estas seqüências.

Evidentemente, o funcionamento oportuno dos Sistemas de Alívio depende da detecção precoce das cadeias de acidentes, por intermédio dos sistemas de monitorização dos processos industriais e das condições ambientais.

Estudo das Árvores de Falhas

Este método percorre um caminho oposto ao desenhado no estudo das árvores de eventos e, a partir de uma hipótese firme de desastre, focaliza-se o evento topo causador do desastre e, a partir destes eventos, busca-se desenhar

um diagrama lógico, que especifique as várias combinações de eventos intermediários e iniciais, que podem culminar no evento focalizado.

É compensador designar equipes técnicas diferentes, para diagramar separadamente as árvores de eventos e de falhas e, no prosseguimento, realizar uma reunião das duas equipes, com o objetivo de:

- *comparar os resultados obtidos;*
- *confirmar e harmonizar as seqüências diagramadas;*
- *aperfeiçoar os resultados obtidos pelas duas metodologias.*

Estudo de Riscos Operacionais

É um método de estudo crítico, formal, minucioso e metodizado de uma planta industrial, a partir de suas unidades de processamento, dos planos de engenharia e de arquitetura e dos sistemas de operacionalização, com a finalidade de avaliar:

- *o potencial de riscos de mau funcionamento ou de operação inadequada dos equipamentos;*
- *as conseqüências destas operações inadequadas, sobre as instalações.*

Para estudar os riscos operacionais, uma equipe técnica multidisciplinar, constituída por especialistas eficientes e experientes na área de segurança industrial e conhecedores dos processos industriais e dos equipamentos especializados objetos do estudo, examina o projeto formulando e respondendo perguntas específicas sobre o funcionamento dos subsistemas examinados, utilizando-se de palavras guias.

Para identificar os riscos operacionais, a equipe técnica utiliza como suporte o Memorial de Intenções do Projeto, que detalha o processamento industrial, a disposição arquitetônica das unidades de processamento, os equipamentos, os diagramas e os procedimentos padronizados de operacionalização.

Evidentemente, a atenção da equipe é direcionada para os comandos de estudo, que já foram descritos neste trabalho.

As palavras-guias são definidas anteriormente pelos membros da equipe técnica e variam em função do processo examinado e podem ser:

- *Não - a operação prevista não acontece.*
- *Menor - a operação acontece numa intensidade menor que a prevista.*

- *Maior - a operação acontece numa intensidade maior que a prevista.*
- *Em vez de – foi utilizado um insumo diferente do previsto.*
- *Parte de – a concentração do insumo previsto foi reduzida.*

Para cada palavra chave são estudadas, na seqüência as:

- *conseqüências;*
- *causas prováveis;*
- *ações sugeridas para corrigir o problema.*

♦ **Método “Que aconteceria se... (What-if)**

Nesta metodologia mais flexível de Estudo de Riscos Operacionais as palavras chaves são substituídas pelas seguintes locuções:

- *Que aconteceria se...?*
- *O que pode ser feito para corrigir o problema?*

O desenvolvimento da metodologia, mediante a formulação sistemática e repetitiva das duas perguntas, por parte de uma equipe experiente, permite aprofundar a análise das diferentes fases do processamento industrial e facilita a identificação de possíveis desvios do processo, que desencadeariam acidentes adversos na fase operacional.

Para que este método atinja plenamente seus objetivos, é necessário que o mesmo seja desenvolvido por uma equipe experiente e que seja versada nas duas metodologias, que podem ser utilizadas complementarmente.

Estudo do Método Dow

Este método qualitativo e quantitativo foi desenvolvido por técnicos da Companhia Dow Chemical, com o objetivo de caracterizar índices numéricos, que permitem classificar as diversas unidades de processamento industrial, em função do nível de risco de ocorrência de incêndios e explosões. Caracterizando os prováveis Índices de Incêndio e Explosão – IIE.

Esta metodologia foi desenvolvida com a finalidade de induzir respostas para as seguintes questões:

- *Qual o nível de risco da unidade de processamento estudada?*
- *Qual a provável área, que será danificada, em caso de sinistro?*
- *Qual o valor do dano máximo provável à propriedade – DMPP?*
- *Qual a provável duração da indisponibilidade da instalação, caso ocorra*

sinistro? Ou seja, a estimativa dos dias máximos prováveis de interrupção – DMPI.

◆ **Estudo Sumário da Metodologia**

Este método fundamenta-se no estudo circunstanciado das seguintes variáveis, por parte de equipes técnicas experientes:

- *Fator material – Fator M*
- *Riscos Gerais do Processo – Fator RGP*
- *Riscos Específicos do Processo – Fator REP*
- *Fator de Bonificação Relacionado com o Controle do Processo – Fator BCP*
- *Fator de Bonificação Relacionado com a Proteção contra Incêndios – Fator BPI*

a) Estudo do Fator Material - Fator M

O estudo desta variável relaciona-se com as características do material processado, relacionadas com o:

- *Nível (índice) de inflamabilidade – NI*
- *Nível (índice) de reatividade – NR*

O Índice de Inflamabilidade – NI indica a facilidade com que um determinado produto inicia o processo de ignição, ao entrar em contato com fontes externas de calor, chamas ou centelhas de diversas origens e é medido em função do ponto de fulgor.

Em função do Nível de Inflamabilidade – NI os materiais combustíveis são classificados da seguinte forma:

- **Classe 1** - *combustíveis cujo ponto de fulgor é mais baixo que 4°C, como a gasolina, a nafta, a benzina, o éter e a acetona.*
- **Classe 2** – *combustíveis cujo ponto de fulgor é mais elevado que 4°C e mais baixo que 21°C, como o álcool etílico, o toluol e o acetatometílico.*
- **Classe 3** – *combustíveis cujo ponto de fulgor é maior que 21° e menor que 93°C, como o querosene, a terebentina e o alcoolmetílico.*

Cabe recordar que ponto de fulgor é a temperatura mínima, a partir da qual um determinado corpo ou produto combustível começa a desprender gases inflamáveis que, em contato com chama, fagulha ou outra fonte externa de calor, dão início ao processo de ignição.

O Índice ou Nível de Reatividade – NR indica a facilidade com que uma determinada substância ou composto químico reage espontaneamente com outros produtos, liberando energia para o meio ambiente, por intermédio de reações exotérmicas de caráter explosivo.

Os cálculos termodinâmicos relacionados com o Fator Material dependem da determinação do ponto de fulgor, que caracteriza o índice ou Nível de Inflamabilidade – NI e dos índices ou Níveis de Reatividade – NR dos materiais estudados e da temperatura de reação dos materiais explosivos.

Também é importante calcular o incremento da pressão provocada pela combustão instantânea dos produtos explosivos e estimar os efeitos das ondas de pressão em ambientes fechados e abertos.

O fator M pode ser definido a partir do estudo de tabelas ou de programas de computador, que integram num mesmo plano as variáveis relacionadas com o NI e o NR.

b) Estudo dos Riscos Gerais do Processo – Fator RGP (GPH)

Os riscos gerais do processo caracterizam fatores inerentes ao processo industrial, que podem contribuir para aumentar a magnitude do evento adverso ou acidente.

O Fator RGP relaciona-se com:

- o tipo de reação química que se processa nas Unidades de Processamento estudadas e com o nível de energia produzida por estas reações. Genericamente são considerados os seguintes índices: hidrogenação – 0,30; oxidação – 0,50 e halogenação – 1,00;*
- os processos de manuseio e de transferência de produtos perigosos, como materiais inflamáveis, detonantes, altamente reativos, cáusticos e corrosivos na unidade de processamento, considerando atividades de carga, mistura de reagentes, descarga e armazenamento, a partir dos reatores ou cadinhos;*
- o grau de isolamento, distanciamento, compartimentação e estanqueidade das unidades de processamento, que podem ser consideradas como focos potenciais de sinistros de elevado grau de periculosidade;*
- as vias de acesso e de evacuação das unidades de processamento, considerando as necessidades de evacuação de pessoas em risco e de carregamento dos meios de combate aos sinistros.*
- as necessidades de drenagem, exaustão e ventilação, relacionadas com os riscos de extravasamento de produtos perigosos, para o ambiente.*

c) Estudo dos Riscos Específicos do Processo – Fator REP (SPH)

Os riscos específicos do processo são fatores inerentes ao processo industrial que podem contribuir para aumentar a probabilidade de ocorrência e a intensidade dos sinistros.

O Fator REP relaciona-se com as condições intrínsecas relativas ao processamento e com o nível de vulnerabilidade das unidades de processamento estudadas a vazamentos e a falhas de equipamentos, como:

- *a temperatura em que se desenvolve o processo;*
- *as operações que ocorrem em níveis de temperatura próximos dos limites de inflamabilidade dos produtos reagentes;*
- *as necessidades de aquecimento e do uso de fogo em aquecedores e em outros equipamentos existentes nas unidades de processamento;*
- *a presença de produtos inflamáveis, explosivos, corrosivos, cáusticos e altamente reativos nas unidades de processamento estudadas;*
- *a quantidade de energia produzida pelas reações exotérmicas;*
- *o nível de potência dos equipamentos rotativos e das bombas compressoras e os riscos de superaquecimento ou de centelhamento;*
- *as condições de pressão no interior das tubulações e dos reatores;*
- *as vulnerabilidades das tubulações, conexões e válvulas de segurança à corrosão, à erosão e ao trabalho físico;*
- *as possibilidades de ocorrerem danos estruturais em função do trabalho físico ou de bruscas oscilações de temperatura e de pressão no interior dos equipamentos ou tubulações;*
- *os níveis de pressão a que estão submetidas as válvulas de segurança;*
- *as vulnerabilidades das tubulações, conexões e válvulas de pressão aos vazamentos.*

Todos estes fatores devem ser devidamente ponderados, por uma equipe multidisciplinar experiente e com amplos conhecimentos relacionados com o processo industrial examinado.

d) Estudo do Fator de Bonificação Relacionado com o Controle dos Processos – Fator BCP

O estudo do fator BCP deve considerar as seguintes variáveis:

- *a existência de sistemas de monitorização do processo industrial;*
- *a existência de sistemas de alívio;*
- *a existência de fontes alternativas de suprimento de água e de energia, como reservatórios de grande capacidade e grupos geradores de elevadas potências;*

- a existência de gases inertes e de outros produtos que possam atuar como inibidores de reações exotérmicas de padrão oxidativo;
- o grau de isolamento, compartimentação, estanqueidade e distanciamento da unidade de processamento estudada, com relação a prováveis focos de sinistros;
- a capacidade de refrigeração automática dos sistemas sujeitos a riscos de superaquecimento.

e) Estudo do Fator de Bonificação Relacionado com a Proteção contra Incêndios – Fator BPI

O estudo do Fator BPI deve considerar as seguintes variáveis:

- existência de sistemas de monitorização, alerta e alarme contra incêndios;
- existência de sistemas de combate a incêndios adequadamente dimensionados, para as necessidades estimadas;
- existência de Brigadas ou Grupamentos de Combate a Incêndios, devidamente organizados, equipados e adestrados.

◆ Estimativa do Índice de Incêndio e de Explosão – IIE

O índice de incêndio e de explosão é ponderado em função de três conjuntos de variáveis, de acordo com a seguinte equação matemática:

IIE: Fator M x Fator RGP x Fator REP

Estes fatores podem ser estimados numericamente, com um nível de precisão aceitável, consultando-se tabelas e programas de computadores, que vêm sendo constantemente aperfeiçoados.

Em função do IIE, as unidades de processamento podem ser hierarquizadas, de acordo com os seguintes níveis de risco:

IEE	NÍVEL DE RISCO
1 a 60	Ligeiro
61 a 96	Moderado
97 a 127	Intermédio
128 a 158	Intenso
Acima de 158	Muito Intenso

Estes índices, associados aos cálculos termodinâmicos, facilitam a estimativa do:

- *Raio Máximo de Exposição aos Riscos de Danos e Prejuízos – RME*
- *Dano Máximo Provável à Propriedade – DMPM*
- *Número Máximo de Dias de Provável Interrupção – DMPI*

Evidentemente, na estimativa destes valores, além de considerar o Índice de Incêndio e de Explosão – IIE, há que considerar os Fatores de Bonificação Relacionados com o controle do Processo – Fator BCP com a Proteção Contra Incêndios – Fator BPI.

Nestas condições a fórmula matemática seria a seguinte:

$$Y = \frac{IIE}{\text{Fator BCP} \times \text{Fator BPI}} \quad \text{ou} \quad \frac{\text{Fator M} \times \text{Fator RGP} \times \text{Fator REP}}{\text{Fator BCP} \times \text{Fator BPI}}$$

Ao se aplicar a metodologia, estima-se:

- *Numa primeira fase – o Raio Máximo de Exposição a Danos e Prejuízos – RME;*
- *Numa segunda fase – o valor dos equipamentos existentes na provável área afetada;*
- *Numa terceira fase – as disponibilidades do mercado para suprir os equipamentos afetados e os prazos de entrega, reinstalação e de testes.*

8) Estudo do Método Mond

Este método foi desenvolvido a partir do método DOW e é específico para analisar a reatividade química, a inflamabilidade, o potencial explosivo e o nível de toxicidade dos insumos, produtos intermediários, produtos acabados e os resíduos sólidos, efluentes líquidos e emanações gasosas resultantes do processamento industrial desenvolvido em uma determinada planta.

Este método é extremamente útil para definir alternativas de gestão e para facilitar:

- *o planejamento, a arquitetura e a especificação dos sistemas de monitorização, de alívio e de segurança;*
- *o planejamento e a especificação de equipamentos destinados ao processamento industrial, ao fluxo de produtos perigosos em condições seguras e à proteção ambiental.*

Dentre os sistemas arquitetados com a finalidade de proteger o ambiente e cenários vulneráveis, há que destacar os:

- *sistemas de drenagem e de tratamento de efluentes líquidos potencialmente perigosos para o meio ambiente e de produtos químicos que podem extravasar acidentalmente;*
- *sistemas de deposição de resíduos sólidos, definidos como “corpos-de-bota-fora”;*
- *sistemas de exaustão de ar contaminado ou poluído por emanações gasosas e por elementos particulados ou poeiras;*
- *sistemas de ventilação e de renovação do ar;*
- *bacias de contenção e sistemas de filtração de partículas sólidas e de emanações poluidoras do ar atmosférico.*

9) Ranqueamento de Riscos (Check-list)

O ranqueamento de Risco ou Lista de Conferência pode ser considerado como:

- *um método sumário e específico de levantamento de riscos;*
- *uma fase obrigatória que acontece em todos os demais métodos de análise de riscos examinados neste trabalho.*

Em essência, a metodologia consiste na preparação de uma série de itens, que permitam direcionar a atenção da equipe técnica para o estudo do processo industrial, dos produtos químicos industrializados, dos equipamentos, dos manuais de operação e de outros itens considerados importantes.

A relação, preparada com a devida antecedência pela equipe técnica, direciona a atenção dos técnicos para cada um dos itens da relação, dentro de uma sucessão lógica e encadeada de questionamentos.

Como método específico de análise de riscos, o ranqueamento de riscos permite a verificação dos riscos mais frequentes que podem ocorrer em cada uma das unidades de processamento da planta industrial.

Evidentemente, esta verificação pode ser aprofundada e aperfeiçoada, em função da experiência da equipe e da necessidade de intensificar a investigação.

As listas de conferência relacionadas com o ranqueamento de riscos são correntemente utilizadas durante a(s):

- *fases iniciais do planejamento*

- *construção da planta e na montagem dos equipamentos*
- *elaboração dos manuais de operação*
- *fase operacional*

6.2. Redução dos Riscos de Desastres

a) Sistemas de Alívio

Os sistemas de alívio são conceituados como um conjunto de equipamentos e de normas operacionais previstos no projeto de uma determinada planta industrial, com a finalidade específica de bloquear seqüências de acidentes ou eventos intermediários, evitando a propagação do desastre e minimizando os danos e prejuízos conseqüentes.

Os sistemas de alívio devem ser programados para atuarem de forma automatizada e em íntima conexão com os sistemas de monitorização, funcionando como órgãos efetores dos sistemas de segurança.

Os sistemas de alívio são arquitetados para atuarem como órgãos efetores desencadeando respostas pré-estabelecidas aos desvios significativos dos parâmetros estabelecidos, relativos ao funcionamento homeostático das unidades de processamento, que são detectados pelos sistemas de monitorização.

As respostas dos órgãos efetores podem ser automatizadas ou telecomandadas. Como as atividades de pesquisas na área de desenvolvimento dos sistemas de alívio são muito intensas, qualquer tentativa de sistematização de todos os sistemas existentes será ultrapassada pela concepção de novos sistemas.

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 hipertensão ou hipotensão, superaquecimento e outros desvios significativos dos parâmetros de normalidade.*
- *Desviar o fluxo de produtos perigosos, por intermédio de sistemas alternativos de tubulação, comandados por válvulas de segurança, em casos de extravasamento de produtos perigosos ou de riscos significativos de incêndios e explosões.*
- *Esvaziar tanques e depósitos de combustíveis localizados nas proximidades de focos de incêndio, por intermédio de sistemas telecomandados de tubulações subterrâneas planejados para transferir combustíveis para depósitos localizados em áreas seguras.*

- Resfriar automaticamente o ambiente, por intermédio de chuveiros de teto (*sprinklers*), que são acionados quando os sistemas de monitorização detectam ionização do ar, aquecimento, fumaça ou chama.
- Resfriar tubulações superaquecidas, por intermédio de sistemas trocadores de energia térmica, constituídos por serpentinas hiper-refrigeradas.
- Resfriar tanques e depósitos de combustíveis localizados nas proximidades dos focos de incêndio, por intermédio de sistemas telecomandados que despejem cortinas de água hiper-refrigerada pelas paredes externas dos tanques, ou por sistemas tele-direcionados que lancem jatos de água.
- Substituir o oxigênio comburente por gases inertes, como o gás carbônico, em casos de incêndios em compartimentos estanques, após o bloqueio de todas as aberturas de comunicação.
- Injetar produtos inertes, neutralizadores e bloqueadores de reações químicas nos reatores, quando os sistemas de monitorização detectarem sinais de hiperativação da reatividade química.

b) Sistemas de Combate aos Incêndios

De uma forma bastante resumida, os sistemas de combate aos incêndios são constituídos por um(a):

- subsistema de monitorização, alerta e alarme
- rede de hidrantes
- rede de unidades de extintores portáteis

O Subsistema de Monitorização, Alerta e Alarme é acoplado ao posto de comando e à rede de comunicações e informações e funciona:

- automaticamente, todas as vezes que ocorrerem sinais de incêndio ou que um equipamento de combate a incêndios for acionado;
- manualmente, todas as vezes que um operador presenciar um princípio de incêndio;

A rede de hidrantes internos e externos é acoplada a reservatórios elevados e subterrâneos, os quais são dotados de conjuntos de motobombas e de conexões, para uso do Corpo de Bombeiros, em operações de reforço da carga hídrica.

As Unidades de Extintores Portáteis são instaladas de acordo com o estabelecido nas Normas de Seguros Contra Incêndios e cabe recordar que os principais agentes extintores utilizados são os de:

- gás carbônico
- pó químico
- espuma
- água-gás
- compostos halogenados

A seleção destes produtos depende dos seguintes fatores:

- natureza do fogo a extinguir;
- produto recomendado para a extinção do fogo;
- quantidade dos equipamentos extintores calculada para unidade extintora.

O Regulamento de Tarifas de Seguro Incêndio – RTISB, adotado no Brasil regulamenta a estruturação dos sistemas de combate a incêndios, definindo inclusive o posicionamento e a sinalização dos equipamentos.

No Título desta obra relacionado com incêndios tecnológicos este sistema é apresentado de forma mais detalhada.

c) Sistemas de Proteção Ambiental e Individual

Dentre os equipamentos de proteção ambiental desenvolvidos para as plantas industriais, há que destacar:

- os subsistemas de drenagem e de tratamento de produtos perigosos sob a forma líquida, que podem extravasar acidentalmente das tubulações e de efluentes líquidos resultantes do processamento industrial;
- os subsistemas de depósito e de tratamento de resíduos sólidos resultantes do processamento industrial, inclusive corpos-de-bota-fora devidamente protegidos e isolados;
- os subsistemas de exaustão do ar contaminado ou poluído por emanações gasosas ou partículas sólidas.
- os subsistemas de renovação e de purificação do ar ambiental;
- os diferentes subsistemas de tratamento das fumaças industriais, inclusive filtros eletrostáticos de partículas sólidas e de emanações tóxicas.
- incineradores de grande potência, utilizados para destruir produtos químicos persistentes que apresentam riscos de se acumularem nos ecossistemas;

7. Alternativas de Gestão para a Redução de Desastres

A definição de alternativas de gestão tem por objetivo promover o Plano Diretor de Prevenção de Desastres Industriais o qual é composto pelo:

- a) Planejamento Preventivo*
- b) Planejamento de Segurança Industrial*
- c) Planejamento de Contingência*

O Planejamento preventivo é desenvolvido através de medidas estruturais e não-estruturais e tem por objetivos fundamentais reduzir a:

- probabilidade de ocorrência e a magnitude dos eventos adversos;*
- vulnerabilidade dos cenários naturais ou modificados pelo homem aos efeitos nocivos destes eventos.*

O Planejamento da Segurança Industrial tem por finalidade reduzir os níveis de insegurança intrínseca, inerentes ao processamento industrial.

O Planejamento de Contingência tem por objetivo estabelecer as medidas de resposta aos desastres, relacionados com o combate aos sinistros e com a redução dos danos humanos, materiais e ambientais e dos consequentes prejuízos econômicos e sociais. Nos grandes distritos industriais, os planos de Contingência podem ser concatenados e gerarem os Planos de Auxílio (Apoio) Mútuo.

a) Planejamento Preventivo

No Planejamento Preventivo, que é conduzido com ênfase na redução das vulnerabilidades dos cenários aos desastres potenciais, há que destacar o desenvolvimento de medidas:

- Não-estruturais, como o uso adequado do espaço geográfico, a implementação de programas de preparação para emergências e desastres e a implementação de normas de segurança, relacionados com a proteção dos cenários.*
- Estruturais, relativas à segurança estrutural, ao planejamento das áreas de refúgio e dos corredores de circulação horizontal e vertical e ao planejamento da infra-estrutura do sistema de combate a incêndios.*

◆ Enfoque Urbanístico

Na localização e urbanização das Plantas e Distritos Industriais e das

demais instalações que manipulam produtos perigosos, há que considerar as seguintes áreas:

- *Áreas de Riscos Intensificados ou Áreas Críticas*
- *Áreas de Exposição*
- *Áreas de Proteção*
- *Áreas de Refúgio*
- *Áreas Non-Aedificandi*
- *Áreas de Segurança*

Áreas de Riscos Intensificados ou Áreas Críticas

São aquelas onde existe uma grande probabilidade de ocorrência de desastres. Após a ocorrência do desastre, estas mesmas áreas passam a ser denominadas como áreas críticas.

Áreas de Exposição e Proteção

De contorno aproximadamente circular, a área de exposição é demarcada ao redor de um foco de provável desastre tecnológico, onde se calcula que podem ocorrer riscos significativos, em circunstâncias de desastres.

Ao redor das áreas de exposição são demarcados perímetros de segurança com a finalidade de delimitar as áreas de proteção dos cenários vulneráveis.

Estas áreas, de responsabilidade e propriedade da empresas, são demarcadas, cercadas e densamente arborizadas, com o objetivo de:

- *circunscrever os focos de riscos;*
- *distanciar os focos de riscos das áreas vulneráveis;*
- *proteger os recursos naturais e os componentes essenciais dos sistemas ecológicos, como mananciais e nascentes.*

Os locais de depósitos dos rejeitos sólidos e as bacias de decantação dos efluentes líquidos resultantes do processamento industrial também devem ser circunscritas por áreas de proteção de dimensões adequadas.

Áreas de Refúgio

São localizadas e construídas no interior das plantas industriais, naqueles locais onde os efeitos físicos, químicos e biológicos dos desastres poderão ser

tão intensos, que possam apresentar riscos para a sobrevivência e a incolumidade das pessoas afetadas.

As áreas de refúgio e os corredores protegidos são arquitetados e construídos no interior das instalações de alto risco, com a finalidade de aumentar a probabilidade de sobrevivência e a incolumidade, durante as operações de evacuação das pessoas em risco, de combate aos sinistros e de carregamento dos meios.

Áreas Non-Aedificandi

*As áreas de riscos intensificados e as áreas de exposição e de proteção devem ser consideradas como áreas *non-aedificandi* e as posturas municipais devem proibir a construção de habitações e de outras edificações no interior destas áreas.*

Áreas de Segurança

São demarcadas em locais onde há certeza de que não ocorrerão danos em circunstâncias de desastres. Estas áreas, para onde serão evacuadas as pessoas, em circunstâncias de desastres, devem ser:

- *de fácil acesso;*
- *bem dimensionadas;*
- *suficientemente distanciadas das áreas críticas, para não interferirem nas operações de resposta aos desastres.*

Uso Adequado do Espaço Geográfico

Na escolha da área onde se planeja construir uma planta industrial de produtos perigosos, há que considerar os seguintes fatores:

Distanciamento das áreas vulneráveis e das áreas de risco de ocorrência de outros desastres. O maior ou menor distanciamento depende:

- *da possível intensidade dos desastres previstos;*
- *do relevo topográfico da área;*
- *das condições climáticas dominantes;*
- *das categorias de conseqüências gerais, como incêndios, explosões e vazamentos de produtos perigosos, mais prováveis de ocorrerem.*

O dimensionamento da área destinada à construção das plantas e distritos industriais deve ser suficientemente espaçoso para permitir:

- *futuras expansões*
- *uma adequada nucleação e espaçamento dos focos de desastres potenciais*

A nucleação e o espaçamento dos focos de riscos, constituem-se nas medidas não-estruturais mais eficientes que devem ser desenvolvidas para evitar a generalização dos desastres.

Por estes motivos, é imperativo que na urbanização de um (a):

- *distrito industrial, as plantas industriais sejam adequadamente distanciadas das demais;*
- *planta industrial, as unidades de processamento de elevado nível de riscos também sejam suficientemente distanciadas das demais.*

É desejável que se considere as conseqüências do pior caso, para se definir o distanciamento dos prováveis focos de risco.

Condições Geográficas da Área

- *Barreiras topográficas naturais, complementadas por barreiras artificiais, são extremamente eficazes para limitar a propagação de ondas de choque e de irradiações térmicas.*
- *Áreas com lençóis freáticos superficializados ou sujeitas a inundações são contra-indicadas para a instalação de industriais de produtos perigosos.*
- *Grandes obras de engenharia não devem ser localizadas em áreas com falhas geológicas e nas proximidades de terrenos inconsolidados e de áreas de encostas íngremes sujeitas a:*
 - *movimentos gravitacionais de massa, como escorregamentos de solo, corridas de massa, rastejos e quedas, tombamentos e rolamentos de rochas;*
 - *processos de transporte de massas, como ravinamentos, formação de boçorocas e desbarrancamentos.*
- ◆ *Nas condições atmosféricas das áreas também devem ser consideradas:*
 - *o regime dos ventos dominantes, os riscos de chuvas concentradas e de desastres eólicos intensos devem ser verificados;*
 - *indústrias pesadas, com elevados riscos de poluição atmosférica não devem ser localizadas em áreas sujeitas a freqüentes fenômenos de inversão térmica, com grandes reduções da circulação vertical do ar;*

Implantação de Normas e Procedimentos de Segurança

A Engenharia de Segurança é a principal responsável pelo planejamento global das medidas de segurança e pelo estabelecimento de procedimentos padronizados, que tenham por objetivo:

- *umentar os níveis de segurança no ambiente de trabalho;*
- *reduzir a incidência dos acidentes de trabalho.*

Os Regulamentos e Normas de Segurança devem ser minuciosamente discutido, em todos os escalões da instituição, com o apoio das equipes técnicas e, após aprovados, devem ser rigorosamente cumpridos por toda a força-de-trabalho.

As equipes de auditoria interna são responsáveis pelo fiel cumprimento da regulamentação e, para tanto, devem percorrer toda a instalação, observando o cumprimento dos procedimentos estabelecidos, por parte dos operadores. O descumprimento da regulamentação implica num período de reciclagem e de treinamento em serviço.

Programa de Preparação para Emergências e Desastres

Nesta área cabe ressaltar a importância da organização, equipamento e adestramento das Brigadas Anti-Sinistros, que normalmente são constituídas pelos seguintes grupamentos especializados:

- *Grupamento de Combate aos Sinistros;*
- *Grupamento Químico;*
- *Grupamento de Busca e Salvamento;*
- *Grupamento de Atendimento Médico-Emergencial.*

Os Corpos de Bombeiros Militares podem cooperar no adestramento destas Brigadas e, ao término do período de adestramento, todos os elementos da Brigada devem estar capacitados para:

- *desencadear o plano de contingência, quando necessário;*
- *utilizar corretamente todos os equipamentos de combate aos sinistros existentes na planta industrial;*
- *transportar feridos em macas ou em meios de transporte improvisados;*
- *ministrar os primeiros socorros, mobilizações provisórias e encaminhar os feridos para tratamento médico emergencial;*
- *conduzir o pessoal a ser evacuado pelas vias de fugas estabelecidas.*

Todos os componentes da Brigada devem ser reciclados periodicamente e dispor de:

- uniformes, com coletes e distintivos que facilitem sua identificação;*
- equipamentos de proteção individual, como capuzes ou capacetes, luvas, botas, cordas de cintura com mosquetão, capas impermeabilizadas, máscaras e outros.*

Evidentemente, cada um dos grupamentos que compõem a Brigada deve ser treinado exaustivamente para desempenhar adequadamente suas atribuições específicas.

Segurança Estrutural

Plantas industriais devem ser planejadas, arquitetadas e calculadas para serem seguras, salubres, funcionais e impecavelmente limpas.

As preocupações com as fundações e com a segurança estrutural das edificações devem ser dominantes.

As estruturas devem ser construídas com uma muito boa margem de segurança contra os riscos previsíveis e com um nível de complexidade compatível com as dimensões da obra e com as cargas previstas.

Estudo dos Corredores de Circulação e da Áreas de Refúgio

Além dos estudos de fluxos, relacionados com as atividades rotineiras, nas indústrias de produtos perigosos há que planejar as áreas de refúgio, e as vias de acesso e de fuga e evasão, que serão utilizadas em circunstâncias de desastres.

As áreas de refúgio são planejadas, arquitetadas e construídas, com a finalidade de aumentar as probabilidades de sobrevivência e de incolumidade das pessoas, em circunstâncias de sinistros de grande intensidade. Quando são previstas condições ambientais extremamente adversas, para seres humanos, nas proximidades dos focos de sinistros, as ações de combate aos sinistros podem ser telecomandadas, a partir das áreas de refúgio, por sistemas efetores altamente robotizados.

As áreas de refúgio são arquitetadas e planejadas como estruturas autônomas e reforçadas e são construídas de forma independente do restante da edificação, da qual são separadas por antecâmaras estanques e protegidas por portas corta-fogo que bloqueiam a penetração do fogo, de fumaças, ou ondas de choque e de emanações perigosas.

As áreas de refúgio devem ser dotadas de parede espessas, construídas com material não combustível e de baixo nível de condução de calor e suficientemente reforçadas para resistirem ao impacto de ondas de pressão. O uso de materiais celulósicos de resinas de metais e de outros produtos facilmente combustíveis, bons condutores de calor, deve ser absolutamente vetado nas áreas de refúgio.

Estas áreas e os corredores de circulação vertical e horizontal devem dispor de circuitos e fontes de energia independentes, em condições de alimentar luminárias e exaustores de fumaça, em circunstâncias de desastre, mantendo o ar respirável e, sempre que possível, num nível de pressão mais elevada do que no ambiente circundante.

A circulação vertical e horizontal, a partir das áreas de concentração de evacuados e de refúgio, deve ser planejada e arquitetada com especificações semelhantes as das áreas de refúgio e o uso de materiais celulósicos, resinosos, metálicos e de outros facilmente combustíveis e bons condutores de calor é absolutamente vetado nestas instalações.

As escadas enclausuradas utilizadas como vias de fuga, em circunstâncias de incêndio, além das características apontadas acima devem ser:

- construídas em caixas verticais, com estrutura reforçada e independente das estruturas de sustentação do restante da edificação.*
- ligadas, nos diferentes pisos, por antecâmaras estanques, dotadas de portas corta-fogo, que se abrem no sentido do fluxo e de equipamentos autônomos de iluminação e de exaustão.*
- construídas de forma absolutamente estanque, com relação ao ambiente externo, de forma a bloquear a penetração de chamas, fumaças e gases aquecidos, nos casos de incêndios, que envolvam as edificações.*
- construídas sem vão central e sem comunicação entre os lemas de escada, para evitar a ascensão de gases aquecidos e de chamas pelo espaço da escada, em função do efeito Venturi.*
- dotadas de degraus amplos, sem perigosos estreitamentos na parte central e com amplos patamares interpostos.*

Medidas de Redução dos Riscos de Incêndio, Explosões e Vazamentos de Produtos Perigosos

As medidas de redução dos Riscos de Incêndio dependem do controle e da redução:

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

O controle da carga combustível depende da redução do uso de resinas e de produtos celulósicos e do tratamento de produtos potencialmente combustíveis com agentes retardantes da combustão. Os ductos de combustíveis devem ser facilmente acessíveis, absolutamente estanques e bem sinalizados. A monitorização dos ductos e a interligação com rede de alívio facilita o controle da rede de ductos.

O controle da carga comburente cresce de importância nas áreas onde existem tubulações de ar comprimido ou de oxigênio e nos espaços muito ventilados.

O controle do efeito calor é de suma importância nas instalações onde circulam combustíveis com baixos pontos de fulgor e, nestes casos, devem ser planejados sistemas de alívio constituídos por serpentinas refrigeradas e chuveiros de teto.

O controle das causas de ignição começa com o controle da rede de energia elétrica e cresce de importância nas áreas de caldeira e nos locais onde é necessário utilizar o fogo no processamento industrial.

◆ A Redução dos Efeitos das Explosões é conseguida:

- pela nucleação, compartimentação, distanciamento e estanqueidade dos focos de risco de explosão;
- pelo direcionamento das ondas de choque;
- pela construção de refúgios adequados.

A compartimentação dos focos de risco pode tomar partido do relevo e ser complementada por barreiras de aterros artificiais muito bem consolidadas.

As unidades de processamento devem ser arquitetadas de forma a dirigir a onda de choque para cima, a fim de facilitar sua dissipação no espaço. Nestas condições, os telhados são construídos para serem levantados pela onda de choque.

Em casos de riscos intensos, os operadores podem telecomandar o processamento industrial a partir de câmaras de refúgio protegidas contra o efeito explosivo.

◆ **A Redução dos Riscos de Vazamentos de Produtos Perigosos depende da (o):**

- *correta especificação e do controle de qualidade dos ductos ou tubulações, das juntas e conexões e das válvulas de segurança;*
- *correta instalação do sistema ductal, o qual deve ser suficientemente flexível para “trabalhar” e evitar riscos de fraturas;*
- *adequado revestimento do sistema tubular, em função das características do produto transportado e de sua reatividade química;*
- *existência de um sistema de monitorização bastante sensível às mudanças significativas dos parâmetros de funcionamento da rede tubular.*
- *existência de um sistema de alívio, que permita bloquear e desviar o fluxo dos produtos perigosos, em caso de vazamento dos mesmos;*
- *existência de um sistema de drenagem eficiente, no caso de produtos líquidos e de exaustão, no caso de produtos gasosos.*

b) Planejamento da Segurança Industrial

Ao se planejar a segurança industrial há que se preocupar com a redução das ameaças ou dos eventos adversos potenciais causadores de desastre os quais podem ser de origem externa e de origem interna.

Dentre os eventos adversos de origem interna, há que considerar:

- *falhas de equipamento*
- *erros humanos*

Eventos Adversos de Origem Externa

A redução dos riscos de desastres provocados por fenômenos naturais e pela propagação de sinistros de instalações vizinhas é obtida por intermédio do(a):

- *distanciamento das áreas de riscos intensificados de desastres naturais e de desastres tecnológicos;*
- *proteção da planta industrial contra fenômenos naturais adversos e contra a propagação de sinistros originados em áreas vizinhas.*

A redução dos riscos provocados pelo colapso do suprimento de água e de energia também deve ser planejada:

- *Sempre que possível as plantas industriais, sensíveis a estes colapsos, devem ser supridas por, no mínimo, dois sistemas independentes de suprimento de água e energia.*
- *Um sistema de geradores que dispara automaticamente em caso de colapso das redes de distribuição de energia, deve manter energizadas as áreas críticas. Para proteger os sistemas de computadores um sistema de pilhas extremamente potentes deve ter condições de entrar em funcionamento de forma instantânea.*
- *No caso do suprimento de água, há que ter sempre presente as necessidades da rede de hidrantes e grandes cisternas subterrâneas e elevadas devem ser instaladas.*

As ameaças de origem antropogênica também devem ser consideradas. Plantas industriais podem ser alvo de sabotagem, espionagem industrial, furtos e roubos e, por estes motivos, devem estruturar competentes serviços de vigilância, que impeçam a entrada de pessoas em locais não autorizados. Com o advento dos circuitos internos de televisão, os serviços de vigilância aperfeiçoaram sua capacidade de fiscalização permanente das áreas de circulação e dos pontos sensíveis.

O mau hábito de lançar balões, durante as festividades de São João aumentou a preocupação relacionada com o surgimento de incêndios em áreas industriais.

A melhor forma de abordagem relacionada com os riscos de propagação de desastres, a partir de instalações vizinhas, é a estruturação de Planos de Auxílio (Apoio) Mútuo, envolvendo todas as empresas do Distrito Industrial, e que tem por objetivo bloquear o desastre no nascedouro, no mais curto prazo possível.

Redução das Falhas de Equipamentos

A redução das falhas dos equipamentos depende das seguintes alternativas de gestão:

- *Minuciosa e adequada especificação dos equipamentos.*
- *Recepção, controle de qualidade e supervisão da montagem dos equipamentos.*
- *Manutenção preventiva adequada.*
- *Monitorização do funcionamento das unidades de processamento.*
- *Estruturação dos Sistemas de Alívio e de Segurança.*

Uma minuciosa e adequada especificação dos equipamentos que serão adquiridos e instalados pela empresa montadora, é de capital importância para o futuro desempenho da planta industrial.

Sem nenhuma dúvida, a especificação dos equipamentos é a etapa mais importante do planejamento de uma planta industrial. Qualquer falha de especificação repercutirá muito desfavoravelmente sobre a operacionalidade da indústria e os problemas resultantes, quando detectados, serão de solução difícil e onerosa.

A especificação deve ser absolutamente precisa e deve ser minuciosamente debatida e acordada pelas equipes técnicas da empresa contratante e da responsável pelo detalhamento do planejamento.

Somente as equipes técnicas experientes e com profundo conhecimento do processo industrial, o objeto do planejamento, e dos equipamentos de elevada qualidade e confiáveis existentes no mercado nacional e estrangeiro têm condições de especificar corretamente.

Evidentemente deve ser priorizada a especificação dos equipamentos críticos, correspondentes aos chamados comando de estudos.

Como a margem de lucro das empresas montadoras tende a crescer, em função das falhas de especificação, todas as vezes que um equipamento for mal especificado, serão adquiridos equipamentos mais baratos, que podem não ser os mais confiáveis.

O controle de qualidade dos equipamentos no momento da recepção também é de extrema importância. Todos os equipamentos e insumos devem ser conferidos e testados, por pessoal especializado, no momento da recepção.

É de capital importância que se verifique se o equipamento coincide com o especificado.

Também a montagem dos equipamentos nas unidades de processamento deve ser cuidadosamente acompanhada e supervisionada e, na medida em que são instalados, os equipamentos são testados e os parâmetros de funcionamento são conferidos.

◆ Manutenção Preventiva

Os estudos de recorrência de falhas nos equipamentos permitem estabelecer o número provável de ciclos operativos, a partir do qual uma determinada falha pode ocorrer.

Estes estudos permitem estabelecer a cronologia das atividades de manutenção preventiva dos equipamentos que constituem uma determinada unidade de processamento.

Uma adequada sistematização das atividades de manutenção preventiva aumenta a durabilidade e a confiabilidade dos equipamentos e é uma das atividades mais importantes para reduzir a ocorrência de desastres industriais.

As atividades de manutenção desenvolvem-se em 5 (cinco) escalões:

- O primeiro escalão de manutenção é da responsabilidade do próprio operador do equipamento, que deve operá-lo obedecendo estritamente aos parâmetros de funcionamento estabelecidos nos manuais e realizar a manutenção de primeiro escalão, nos estreitos limites de suas atribuições.*

Neste escalão os procedimentos padronizados de manutenção são extremamente simples e repetitivos, competindo ao operador testar diariamente as condições de funcionamento dos equipamentos, de acordo com uma lista de verificação estabelecida e proceder a pequenos justes autorizados.

A conferência da lista de verificação, de acordo com uma ordem cronológica de procedimentos, conferindo a presença ou a ausência de sinais de funcionamento nos painéis de instrumentação é uma metodologia simples, mas eficiente, de testar o funcionamento de equipamentos complexos.

- O segundo escalão de manutenção é da responsabilidade de uma equipes de manutenção orgânica da unidade de processamento. Esta equipe deve estar plenamente familiarizada com o funcionamento e a manutenção de todos os equipamentos instalados na unidade de processamento e deve estar capacitada para assessorar, supervisionar e prover apoio imediato de manutenção dos operadores.*

Esta equipe é um dos elos mais importantes da cadeia de manutenção preventiva e o seu calendário de manutenção é organizado de forma que, a intervalos regulares de tempo, a equipe complete o ciclo de manutenção preventiva de todos os equipamentos da unidade de processamento.

- O terceiro escalão de manutenção, da mesma forma que o quarto escalão, são da responsabilidade da Divisão de Manutenção da Planta Industrial. Este escalão é desenvolvido por equipes especializadas de apoio direto, que são destacadas para executar as atividades de manutenção nas unidades de processamento, a intervalos de tempo regulares, de acordo com o calendário de manutenção.*

Normalmente os especialistas do terceiro escalão de manutenção são adestrados na manutenção de sistemas e itens específicos dos equipamentos.

- O quarto escalão de manutenção é da responsabilidade de equipes técnicas de apoio ao conjunto que normalmente operam nas instalações da própria Divisão de Manutenção, onde dispõem de bancadas dotadas de maiores recursos técnicos.*

• O quinto escalão de manutenção é da responsabilidade exclusiva da empresa produtora do equipamento ou de seus representantes autorizados, sob a supervisão de técnicos da Divisão de Manutenção.

No caso de grandes indústrias, equipes de quinto escalão podem ser destacadas para apoiar a planta industrial, em caráter permanente.

De um modo geral, o primeiro escalão procede a pequenos ajustes e se responsabiliza por lubrificações periódicas, os segundo, terceiro e quarto escalões procedem a manutenções preventivas, de acordo com rígidos cronogramas de manutenção, trocando itens de equipamentos defeituosos ou com prazos de durabilidade ultrapassados por itens oriundos de fábrica.

Somente as equipes de quarto e quinto escalões podem consertar determinados itens de equipamento, quando autorizados. Estes itens só retornam a cadeia de suprimento, após serem submetidos a rigorosos testes de funcionamento e de controle de qualidade.

Redução das Falhas Humanas

Os estudos epidemiológicos dos desastres tecnológicos com características focais permitem caracterizar que, na maioria das vezes, os erros humanos são a origem dos eventos críticos ou iniciais que desencadeiam as seqüências de eventos intermediários, que culminam no evento topo causador do desastre.

Estes estudos permitiram que se concluísse que, na maioria das vezes, as falhas humanas foram induzidas por:

- deficiências neurológicas provocadas por embriaguez alcoólica ou uso de drogas;
- condições ambientais desfavoráveis, inadequadas e inseguras;
- desenho inadequado das máquinas e equipamentos;
- fadiga e estresse dos operadores, inclusive por alimentação deficiente;
- deficiências na seleção física e psicotécnica dos recursos humanos;
- normas e procedimentos padronizados inadequados e pouco adaptados à neurofisiologia humana;
- programas de capacitação e de valorização dos recursos humanos deficientes.

Os estudos ergonômicos enfocam as relações de interdependência entre o homem e a máquina e contribuem para reduzir os erros humanos e para otimizar a:(o):

- *concepção, o projeto e o desenho de máquinas e equipamentos cada vez mais adequados e adaptados à anatomia, à fisiologia e à neurofisiologia humanas;*
- *seleção física e psicotécnica dos operadores;*
- *adestramento de operadores mais capacitados para a operacionalização dos equipamentos;*
- *especificação das condições ambientais que favoreçam o bom desempenho dos operadores e reduzam a incidência de erros humanos.*

Estes estudos são desenvolvidos com a finalidade de reduzir:

- *a probabilidade de ocorrência de erros humanos;*
- *os riscos de ocorrência de acidentes traumáticos e de intoxicação exógenas;*
- *a incidência de doenças profissionais.*

◆ **Alternativas de Gestão**

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

- *Incremento do Conforto Ambiental*
- *Exames Físicos e Psicotécnicos*
- *Motivação dos Recursos Humanos*
- *Programas de Redução das Causas de Estresse*
- *Programas de Treinamento e Capacitação*
- *Programas de Otimização do Condicionamento Físico e Mental*
- *Incremento da Automação, Robotização e das Atividades Telecomandadas*

Exames Físicos e Psicotécnicos

Os exames físicos e psicotécnicos, conduzidos por uma equipe médica e psicológica eficiente, por ocasião da admissão e a intervalos regulares, são de capital importância para a valorização da força-de-trabalho.

Estes exames têm por objetivo verificar as condições de higiene, o estado geral e, em especial, os condicionantes físicos, neurosensoriais, neuromotores e psicotécnicos dos trabalhadores.

É importante ressaltar que as condições psicotécnicas e neurofisiológicas, inclusive as relacionadas com a higiene dos órgãos dos

sentidos, variam em função das tarefas a serem desempenhadas e dos parâmetros estabelecidos, para cada caso, considerando as relações interativas entre o homem e a máquina.

Incremento do Conforto Ambiental

É necessário que o ambiente de trabalho seja planejado e arquitetado para evitar a agressão dos órgãos dos sentidos por condições ambientais nocivas aos mesmos.

O incremento das condições de conforto ambiental contribuem para reduzir as vulnerabilidades decorrentes da relação desarmoniosa e conflitiva entre o homem, a máquina e o ambiente de trabalho, as quais contribuem para incrementar os erros humanos, os acidentes de trabalho e as doenças profissionais.

O conforto ambiental diz respeito à(s) ao:

- limpeza do ambiente de trabalho;*
- condições de iluminação;*
- nível de ruídos;*
- condições de temperatura e de conforto térmico;*
- ausência de odores nocivos e de partículas em suspensão no ar;*
- uso de pisos antiderrapantes;*
- outras condições que aumentam o nível de conforto e de segurança e reduzem os riscos de acidentes.*

Motivação dos Recursos Humanos

Pessoas motivadas trabalham mais felizes e são mais eficientes. Por estes motivos há que reforçar a auto-estima das pessoas e fazer com que elas se percebam importantes e valorizadas.

A metodologia mais empregada depende do binômio estímulo/recompensa, segundo o qual as pessoas são desafiadas para atingirem um determinado nível de desempenho e, caso a resposta seja positiva, são recompensadas e elogiadas.

No que diz respeito à segurança, a motivação depende de campanhas educativas, desencadeadas com a cooperação da Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA sobre a/o:

- importância da redução dos acidentes de trabalho provocados por falhas humanas;*

- *obrigatoriedade do uso de equipamentos de proteção;*
- *fiel cumprimento dos procedimentos de segurança estabelecidos.*

Programas de Treinamento e de Capacitação

Os programas de treinamento e de capacitação são desenvolvidos com a finalidade de maximizar o desempenho dos operadores, minimizar a incidência de erros humanos e acidentes de trabalho e valorizar a força de trabalho.

Estes programas devem ser complementados por atividades de inspeção e de auditoria técnica do desempenho e de verificação da correta execução dos procedimentos padronizados.

Quando os desvios detectados forem muito grandes, a equipe de auditoria determina a reciclagem e o treinamento supervisionado em serviço dos operadores com problemas no cumprimento das condutas padronizadas.

Otimização do Condicionamento Físico e Mental

Um programa de incremento do condicionamento físico e mental da força-de-trabalho é de grande importância para a otimização da capacidade produtiva, para a redução da incidência de acidentes e para a valorização dos recursos humanos.

Normalmente este programa desenvolve-se nos seguintes campos de atuação:

- *complementação alimentar*
- *ginástica postural e de extensão*
- *repouso*
- *recreação*

Estes programas contribuem para melhorar as condições de higidez e de desempenho neuro-sensório-muscular e o estado geral dos trabalhadores e para reduzir o estresse e a incidência de erros humanos.

Trabalhadores bem alimentados aumentam a reserva de energia e, em consequência, o bom desempenho neuro-motor.

Como o desenvolvimento da musculatura extensora só se inicia após o nascimento, já que nos fetos predomina o tônus flexor, os mecanismos de tensão e de regressão desenvolvem-se predominantemente sobre a musculatura extensora. Alguns poucos minutos de ginástica postural e extensora, durante o expediente de trabalho, operam verdadeiros milagres, que se refletem num aumento de capacidade produtiva da força de trabalho.

Também está comprovado que alguns poucos minutos de “sesta”, após o almoço contribuem para melhorar a capacidade produtiva, no segundo turno do expediente. Da mesma forma, a recreação, a boa música, as atividades lúdicas contribuem para melhorar a capacidade produtiva e para valorizar a força de trabalho.

Redução das Causas de Estresse

Está comprovado que a fadiga física e mental e que o estresse contribuem para reduzir a capacidade produtiva e para incrementar as falhas humanas e os acidentes de trabalho.

Evidentemente, todas as medidas gerais, acima apresentadas, contribuem para reduzir as causas de estresse.

No entanto, a redução do estresse depende de atividades de assistência social e psicológica individualizadas. Cada paciente deve ser estudado e ouvido, para que seja possível diagnosticar quais os problemas individuais que prejudicaram sua “adaptação” aos seus ambientes de atuação.

É indispensável que o paciente seja incentivado enfaticamente a “verbalizar” suas queixas, suas frustrações e suas “desadaptações” e que se sinta valorizado, na medida em que as pessoas prestam atenção ao seu discurso. As equipes experientes sabem que a verbalização corresponde a mais de 70% do processo curativo.

Incremento da Automação, da Robotização e das Atividades Telecomandadas

A máquina humana é vulnerável aos traumatismos e é limitada por condicionantes relacionados com a capacidade de seus órgãos sensoriais e pelo menor nível de precisão de seus órgãos efetores, dependentes de respostas neuro musculares.

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 conseqüência desta evolução e do desenvolvimento da Cibernética, os processos de automação, robotização e de telecomando foram intensificados e os riscos industriais relacionados com o processamento de produtos perigosos foram minimizados.

A automação, a robotização e o telecomando estão contribuindo para:

- *reduzir a incidência de erros humanos, acidentes de trabalho e de traumatismos;*
- *incrementar as condições de salubridade, conforto, segurança e incolumidade no ambiente de trabalho;*
- *reduzir a incidência de doenças profissionais e proteger os trabalhadores contra riscos de traumatismos e de intoxicações exógenas;*
- *incrementar a procura de recursos humanos com elevados níveis de escolaridade e de capacitação técnica e bem adaptados às condições impostas pela revolução tecnológica;*
- *valorizar os recursos humanos melhor qualificados;*
- *reduzir drasticamente a força-de-trabalho, de menor nível de qualificação, empenhada em atividades industriais;*

As atividades telecomandadas, a partir de áreas de refúgio bem protegidas, confortáveis e salubres estão contribuindo para aumentar o nível de segurança e de incolumidade das operadores.

A automação e a robotização estão contribuindo poderosamente para reduzir os erros humanos, principais causas de desastres tecnológicos de natureza focal.

O crescente desenvolvimento dos sistemas de monitorização e de alívio estão permitindo incrementar a retroalimentação dos sistemas e a manutenção da homeostase.

Planejamento de Contingência

O planejamento das ações de resposta aos desastres tecnológicos de natureza focal compreende dois grandes conjuntos de ações e uma interface:

Plano de Contingência Interno

Corresponde ao planejamento das ações de resposta aos desastres a serem desencadeadas no interior das instalações, com o objetivo de combater e controlar os sinistros e de minimizar os efeitos adversos dos desastres sobre as instalações da planta industrial e sobre os recursos humanos da empresa afetada.

Plano de Contingência Externo

Corresponde ao planejamento das ações de resposta aos desastres, a serem desencadeadas no exterior da empresa, com a finalidade de minimizar

os efeitos adversos dos desastres sobre os cenários localizados em áreas de exposição das plantas industriais e de proteger os estratos populacionais vulneráveis.

Interface

Compreende um conjunto de ações e procedimentos, que são comuns aos dois segmentos do plano, como o(a):

- *acionamento do sistema de monitorização, alerta e alarme;*
- *isolamento da área afetada e o estabelecimento de perímetros de segurança;*
- *rápida evacuação de pessoas em situação de risco iminente.*

Informações sobre o Plano de Apoio (auxílio) Mútuo

No caso de desastres de grandes proporções que podem ocorrer no âmbito dos Distritos Industriais são desenvolvidos os Planos de Apoio (auxílio) Mútuo.

Os Planos de Apoio Mútuo – PAM – fundamentam-se no princípio estratégico do objetivo, segundo o qual o esforço principal das ações de combate ao sinistro deve ser concentrado, no menor espaço de tempo possível, sobre o foco do desastre, com o objetivo de evitar a propagação do sinistro.

Para tanto, é necessário que os responsáveis pela área de segurança das diferentes empresas industriais sediadas no Distrito Industrial – DI desenvolvam um Plano de Apoio Mútuo, cujo órgão operacional seja constituído por uma Brigada Anti-Sinistro do DI, a qual é constituída por Destacamentos das Unidades de Segurança das Plantas Industriais.

Normalmente esta Brigada do DI é reforçada pela Unidade do Corpo de Bombeiros Militares responsável pelo apoio direto do Distrito Industrial.

Estrutura Responsável pelo Planeamento

Participam das atividades de planeamento e de articulação, relacionadas com o Plano de Apoio Mútuo, os representantes das seguintes instituições e grupos de interesse:

- *Sistema Nacional de Defesa Civil, por intermédio de seus órgãos locais e mesorregionais;*
- *Corpo de Bombeiros Militares, por intermédio do Comando da Unidade responsável pelo apoio direto do DI;*

- *Governo local;*
- *Órgão de Segurança das Plantas Industriais;*
- *Trabalhadores das industriais sediadas no DI;*
- *Comunidades locais;*
- *Administração das Empresas sediadas no DI*

Aspectos a Ressaltar

Os seguintes aspectos dos Planos de Contingência contra desastres tecnológicos de natureza focal devem ser considerados com elevado nível de prioridade:

- *definição das ações a realizar, relacionadas com as atividades de combate direto aos sinistros, socorro e evacuação da população em risco, assistência à população afetada e reabilitação dos cenários dos desastres;*
- *seleção dos órgãos melhor vocacionados para o desempenho de cada uma das ações previstas;*
- *articulação com os representantes dos órgãos selecionados, com o objetivo de aprofundar o planeamento das ações previstas e estabelecidas;*
- *definição dos recursos institucionais, humanos e materiais necessários para assegurar consecução das ações planeadas;*
- *detalhamento do plano de mobilização dos recursos e das necessidades de apoio logístico;*
- *estabelecimento da cadeia de comando que deverá atuar em circunstâncias de desastres e dos mecanismos de articulação, coordenação e de mobilização;*
- *estruturação da cadeia de comunicações;*
- *desenvolvimento do Sistema de Alerta e Alarme em íntima conexão com a Monitorização dos fatores de riscos de desastres;*
- *reavaliação de possíveis necessidades de construção de áreas de refúgio e de corredores protegidos para a evacuação de pessoas em risco e para o carreamento de recursos destinados às operações de combate aos sinistros;*
- *delimitação das áreas de riscos intensificados de desastres, das áreas de exposição e dos perímetros de segurança;*
- *cadastramento dos grupos populacionais vulneráveis;*
- *seleção de Áreas de Segurança;*
- *reconhecimento dos eixos de evacuação e balizamento dos pontos de embarque e dos itinerários e definição dos meios de transporte necessários;*

- *estruturação dos abrigos temporários;*
- *difusão do Planejamento para todos os órgãos direta o indiretamente envolvidos no Plano de Contingência;*
- *realização de Campanhas de esclarecimento da população-alvo;*
- *é importante ressaltar que o processo de planejamento deve ser permanentemente aperfeiçoado e atualizado.*

Particularidades do Planejamento

As seguintes particularidades do planejamento devem ser alvo de uma atenção especial:

- *delimitação das Áreas de Risco e de Exposição;*
- *cadastramento da População em Risco;*
- *seleção das Áreas de Segurança e de Abrigos Temporários;*
- *seleção dos Eixos de Evacuação e Mobilização dos Meios de Transporte;*
- *construção de Áreas de Refúgio e de Eixos de Comunicação Protegidos;*
- *definição da Cadeia de Comando.*

Delimitação das Áreas de Risco e de Exposição

A correta delimitação dos focos de desastre, das áreas de risco intensificado e das áreas de exposição permite o estabelecimento dos perímetros de segurança e das áreas de proteção que, em princípio, devem ser adquiridas, muradas e reflorestadas pelas empresas proprietárias das plantas industriais.

A preocupação com a proteção dos ecossistemas naturais e modificados pelo homem e com o distanciamento das populações vulneráveis das áreas de riscos potenciais de desastres deve ser predominante.

Para dimensionar corretamente as áreas de exposição e de proteção, há que considerar as:

- *conseqüências do pior caso;*
- *condições atmosféricas dominantes e as categorias de estabilidade atmosférica (pasquil).*

A categorização de Pasquil permite prever as prováveis condições atmosféricas no momento do acidente com vazamento de produtos perigosos, em função da influência das radiações solares, do relevo, e da direção e velocidade dos ventos dominantes.

Cadastramento da População Vulnerável em Risco

Toda a população que reside ou trabalha em áreas de exposição deve ser recenseada e cadastrada. Como a população brasileira tem grande mobilidade, é necessário que estas ações sejam atualizadas constantemente.

O cadastramento é indispensável para a preparação dos planos de evacuação e para a relocação daqueles que vivem em áreas de riscos intensificados.

Seleção das Áreas de Segurança

As áreas de segurança devem ser localizadas numa distância adequada das áreas de exposição, com o objetivo de garantir a incolumidade das populações evacuadas e devem atender aos seguintes requisitos:

- dispor de um número suficiente de instalações, que passam de adaptadas para funcionar como abrigos provisórios;*
- ser interligadas as áreas de risco por eixos de evacuação adequados;*
- não interferir nas operações de combate aos sinistros.*

Seleção dos Eixos de Comunicação e Mobilização dos Meios de Transporte

Os eixos de evacuação devem apresentar muito boas condições de trafegabilidade e permitir o escoamento dos comboios em tempo rápido.

Em casos de acidentes de trânsito ou de obstruções das vias de transporte há que planejar antecipadamente as medidas de desobstrução.

A mobilização dos meios de transporte necessários deve ser planejada com antecipação.

Construção de Áreas de Refúgio e de Corredores de Evacuação Protegidos

As áreas de refúgio e os corredores de comunicação protegidos no interior das plantas industriais devem ser planejados, arquitetados e construídos com grande antecipação no caso de plantas industriais que manipulam produtos perigosos.

Diferente dos países europeus e dos demais países localizados no Hemisfério Norte, que durante mais de 50 anos estiveram sob a ameaça de uma hecatombe atômica, no Brasil não existe uma tradição de construção de abrigos subterrâneos.

Em alguns países europeus, a construção de abrigos subterrâneos com estruturas reforçadas, sistemas de filtração do ar atmosférico seguros, com suprimento de água, de alimentos e de energia autônomos, ainda é obrigatória.

No Brasil estas construções se justificaram nos seguintes casos:

- *grande proximidade das áreas de riscos máximos;*
- *desastres previstos são de grande intensidade excepcionalmente elevada;*
- *características dos desastres não permitem uma antecipação razoável da fase de pré-impacto pelo sistema de monitorização, alerta e alarme;*
- *existe uma previsão de que os grupos ameaçados não poderão ser evacuados em tempo;*
- *áreas de refúgio foram bem arquitetadas e têm boas condições para garantir a vida e a incolumidade das pessoas abrigadas;*

Os locais de refúgio podem ser de uso:

- *coletivo, como as estações de metrô e os abrigos construídos com esta finalidade específica;*
- *familiar, como os abrigos subterrâneos construídos nas unidades residenciais.*

Definição da Cadeia de Comando

Planos de contingência muito bem elaborados podem fracassar, no momento da execução, caso não se defina, de uma forma muito clara:

- *quem comanda a operação*
- *qual a cadeia de comando representada pelos comandos intermediários*

O comandante da operação deve ser selecionado em função de:

- *sua experiência, de sua iniciativa e de sua capacidade de decidir sob pressão;*
- *sua liderança e capacidade de inspirar segurança aos seus subordinados*

Em última análise um comandante operacional é pago para decidir com responsabilidade; dividir com todos os seus subordinados os acertos e assumir solitária mente a responsabilidade pelos possíveis erros.

TÍTULO III

DESASTRES EM MEIOS DE TRANSPORTE, PLANTAS E DISTRITOS INDUSTRIAIS, PARQUE OU DEPÓSITOS DE EXPLOSIVOS

CODAR HT.PEX/CODAR - 21.503

1. Caracterização

Sinistros com explosivos podem ocorrer em plantas e distritos industriais, meios de transporte, depósitos, arsenais e entre postos de vendas de fogos de artifício, como consequência da ignição, queima e detonação dos mesmos. Este padrão de desastre pode ocorrer, tanto com altos explosivos ou explosivos de ruptura, como com fogos de artifício e baixos explosivos.

• Explosivo

O termo origina-se na forma latina “explosu” e significa: “impelido para fora”.

Explosivos são substâncias ou misturas de substâncias, em estado sólido, líquido ou pastoso que, ao entrarem em combustão, liberam grande volume de gás sob pressão, como consequência de uma reação química, que se desenvolve com grande velocidade e violência, provocando intensa produção de energia mecânica e calórica, além de forte efeito sonoro ou estampido.

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

• Alto Explosivo

Também chamado explosivo de ruptura ou brisante, tem alto poder detonante, em função da velocidade de propagação da ponta de chama, no interior do produto não reagido, que atinge uma incrível velocidade, que varia entre 1.000 e 8.500 metros por segundo.

Dentre os explosivos brisantes, um dos maís utilizados é o TNT, trotil ou trinitrotolueno.

• Baixo Explosivo

Também chamados explosivos lentos, são misturas explosivas como a pólvora negra, que deflagram mas não detonam. No caso dos baixos explosivos,

a velocidade de propagação da ponta de chama ou frente de reação, no interior do produto não reagido, varia entre alguns centímetros e 400 (quatrocentos) metros por segundo.

• **Produto Pirotécnico**

Mistura de substâncias, que são preparadas para produzirem efeitos luminosos coloridos, estampidos, gases e fumaças coloridas, quando entram em combustão. Por serem constituídas por baixos explosivos não produzem efeito detonante.

Mesmo com efeitos mecânicos mais moderados, os produtos pirotécnicos são classificados como explosivos e podem causar desastres.

• **Fogos de Artifício**

Também chamados de fogos de vista, são artefatos pirotécnicos que são queimados durante a noite, por ocasião de festejos populares. Dotados de uma carga de projeção, são propulsados a grandes alturas e deflagram produzindo belas combinações de luzes coloridas, fumaças coloridas e estampidos.

• **Ponta de Chama**

Língua de fogo, normalmente estreita e comprida, que se forma na área de contato entre os gases ou vapores combustíveis com o oxigênio comburente, durante o processo de combustão.

As pontas de chama, também chamadas frentes de reação, conduzem o incêndio de um compartimento para outro ou de uma área em combustão para uma área de produto não reagido.

Em função da velocidade de propagação da ponta de chama, no interior do produto não reagido, pode ocorrer uma detonação ou uma deflagração.

• **Detonação**

Fenômeno que ocorre quando a velocidade da ponta de chama que penetra no interior do produto não reagido, caracterizando uma frente de reação, ultrapassa a velocidade do som.

A detonação, por ocorrer de forma extremamente rápida, provoca menores efeitos térmicos e maiores efeitos mecânicos, em conseqüência da expansão, quase que instantânea da onda de choque ou de hipertensão.

• Deflagração

Fenômeno que ocorre quando a velocidade da ponta de chama, que penetra no produto não reagido, caracterizando uma frente de reação, aproxima-se da velocidade do som, sem ultrapassá-la, provocando efeitos mecânicos mais moderados e maiores efeitos térmicos, em função da menor velocidade expansiva da onda de hipertensão.

• Explosão de Nuvem de Vapor Confinado

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 a destruição do mesmo e a liberação de uma massa de produtos combustíveis na área conflagrada.

• Explosão de Nuvem de Vapor Não Confinado

A explosão de uma nuvem de vapor, ao ar livre, produz uma onda de choque que se expande sem obstáculos e, em consequência, o efeito mecânico é moderado, predominando o efeito térmico.

2. Causas

Na grande maioria das vezes, as explosões acidentais causadoras de desastres são provocadas por erros humanos, relacionados com o descumprimento de normas e de procedimentos de segurança.

É importante caracterizar que as explosões intencionais, quando controladas, não causam acidentes ou desastres.

Os efeitos explosivos, juntamente com os incêndios e com os extravasamentos de produtos perigosos, são as principais categorias de consequências dos desastres de natureza tecnológica, que costumam ocorrer quando se perde o controle sobre os riscos.

Historicamente, foram os chineses os primeiros a utilizar produtos explosivos e pirotécnicos, após terem descoberto a pólvora. Na civilização chinesa, os explosivos eram utilizados na confecção de fogos de artifício, que eram usados em festividades de cunho religioso, como instrumentos de demonstração de poder, prestígio e capacidade tecnológica dos grandes senhores feudais.

Trazidos para a Europa, no final da Idade Média, os explosivos passaram a ser usados, como carga de:

- *projeção de foguetes e de projetis balísticos;*
- *fragmentação de obuses, bombas e minas.*

O desenvolvimento dos explosivos na Europa provocou uma importante revolução nas artes bélicas e, paradoxalmente, precipitou o desaparecimento dos castelos-fortalezas, das armaduras e dos estados feudais e, em consequência, o surgimento dos estados nacionais.

Em tempos de paz, grande quantidade de explosivos brisantes são utilizadas em atividades de mineração, para fragmentar rochas e conglomerados minerais.

Ultimamente, cargas de explosivos vêm sendo utilizadas por engenheiros, com o objetivo de conseguirem a rápida implosão de edificações, que devem ser destruídas, para permitir a construção de edifícios mais modernos.

Em tempo de guerra, busca-se intencionalmente os efeitos explosivos com o objetivo de se destruir as instalações inimigas e bloquear suas vias de transporte.

Em tempo de paz, os desastres com explosivos só ocorrem quando se perde o controle sobre o risco.

3. Ocorrência

O uso indiscriminado de explosivos de alta potência, com finalidades bélicas, contribuiu para transformar as guerras em grandes epidemias ou pandemias de traumatismos, que atingem indiscriminadamente civis e militares.

Em época de paz, embora ocorram desastres e acidentes esporádicos nas indústrias de explosivos, nos depósitos ou paióis, nos arsenais bélicos e em áreas de mineração, os maiores riscos de desastres com explosivos ocorrem nas pequenas indústrias de fogos de artifício e nos depósitos e revendedores dos mesmos.

Também são cada vez mais freqüentes as explosões de nuvens de vapores e gases combustíveis confinados, em consequência do mau uso de aquecedores a gás e de botijões contendo gases de cozinha.

De um modo geral, cargas explosivas e cartas-bombas vêm sendo utilizadas por terroristas e por maníacos, em, praticamente, todos os países do mundo, inclusive no Brasil.

O uso indiscriminado de explosivos por terroristas e maníacos está exigindo uma atenção redobrada e uma crescente especialização dos serviços de segurança.

Os transportes aéreos são particularmente vulneráveis às cargas de explosivos, exigindo que os serviços de segurança dos aeroportos sejam apetrechados, com recursos tecnológicos cada vez mais sofisticados, para reduzir os riscos de explosões em aeronaves, durante o voo.

Normalmente as grandes indústrias de explosivos e os depósitos de material bélico dispõem de sistemas de segurança muito bem planejados e arquitetados, com normas e procedimentos de segurança rapidamente estabelecidos. Esta preocupação com segurança contribui para reduzir os riscos de acidentes e para limitar os efeitos de possíveis explosões.

O mesmo não acontece nas pequenas indústrias e nos entrepostos de fogos de artifícios, por estes motivos, os desastres envolvendo estas pequenas instalações são cada vez mais freqüentes e intensos.

4. Principais Efeitos Adversos

As explosões são provocadas pela combustão, quase que instantânea, de produtos explosivos, causando uma onda expansiva de hipertensão.

Em conseqüência, o principal efeito adverso das mesmas relaciona-se com a onda de choque e os efeitos mecânicos são preponderantes. Secundariamente há que considerar também a produção de energia calórica.

A onda de choque inicia-se com a brusca expansão de um grande volume de gás, mas não depende exclusivamente da contínua expansão dos gases resultantes da explosão.

Iniciado o processo, a onda de choque se expande rapidamente pelos fluidos aéreos e por outras estruturas, cujos componentes moleculares recebem e transmitem o impulso elástico resultante da explosão. Nestas condições, a transmissão do impulso elástico antecede de muito o processo de expansão dos gases comprimidos.

Como conseqüência da rápida expansão da onda hipertensiva, caracterizam-se dois tipos de efeitos mecânicos:

- efeitos de projeção*
- efeitos de fragmentação*

Dependendo da intensidade da explosão, os projetis resultantes são lançados a maiores ou menores distâncias. Quando as explosões ocorrem em

paiois de munição, os projetis podem explodir, provocando novos desastres secundários distanciados do desastre primário ou original.

Quando a explosão ocorre em ambiente confinado, a intensidade da onda hipertensiva, ao ultrapassar a resistência das instalações, produz a destruição das mesmas, como, consequência dos efeitos de fragmentação.

A energia calórica resultante da explosão pode dar origem, a incêndios nas, instalações.

Os danos humanos e as lesões produzidas pelas explosões são normalmente bastante graves e variados:

- o calor irradiado e as labaredas resultantes dos processos de combustão podem causar queimaduras graves;*
- a expansão da onda de choque, através dos fluidos aéreos, pode provocar o chamado efeito *blaster*, caracterizado pela ruptura dos tímpanos e, quando muito intenso, de alvéolos pulmonares;*
- o efeito projetivo, quando associado ao efeito de fragmentação, representa o maior potencial de danos para os seres humanos.*

Estudos epidemiológicos de feridos em combate comprovam que, a partir da guerra da Criméia, são extremamente raros os casos de soldados feridos por arma branca ou por um único projétil de arma de fogo. A grande maioria dos ferimentos são provocados por estilhaços de obuses, bombas e granadas ou por rajadas de metralhadoras.

O efeito de projetis secundários, constituídos por fivelas, esquirolas ósseas e fragmentos do equipamento individual, contribui para aumentar a gravidade dos ferimentos.

Não são poucos os casos de soldados atingidos por explosões, quando abrigados em fardos de feno e que são literalmente empalhados pelas fibras de feno, transformadas em projetis secundários.

As guarnições de veículos blindados atingidos por projetis explosivos são gravemente lesionadas pelo efeito explosivo em ambiente confinado e pelas queimaduras.

*Em áreas de mineração, além dos riscos aumentados provocados pelas explosões em ambientes confinados, com a intensificação do efeito *blaster*, existe o risco de soterramento causado pelo desmoronamento das galerias.*

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Nas indústrias de explosivos, os sistemas de monitorização do processo industrial e os sistemas de monitorização, alerta e alarme dos fatores de risco

são cada vez mais sofisticados. Estes sistemas têm a finalidade de detectar e, quando possível, abortar no nascedouro seqüências de eventos acidentais, que possam evoluir para sinistros de grandes proporções.

Sempre que possível, os sistemas de monitorização são acoplados com os Sistemas de Alívio, que atuam como os principais órgãos efetores dos centros integrados de monitorização.

Também são muito importantes os monitores capazes de detectar armas e cargas explosivas em terminais de transportes aéreos, especialmente nos aeroportos internacionais, com o objetivo de coibir ações terroristas contra as aeronaves.

Como os riscos de acidentes com fogos de artifício, durante as manifestações esportivas, são cada vez maiores, é aconselhável que a polícia proceda a minuciosas revistas, nas entradas dos grandes estádios de esporte.

6. Medidas Preventivas

a) Prevenção de Acidentes com Explosivos durante o Transporte

O transporte de explosivos, especialmente quando de grande potência, deve ser minuciosamente planejado e deve ser realizado por veículos especializados, que devem ser dirigidos por pessoal habilitado.

A carga deve ser muito bem acondicionada, para evitar choques e riscos de ignição, durante o transporte. As condições de temperatura e pressão dos compartimentos de transporte devem ser permanentemente monitorizadas, da mesma forma que os parâmetros de funcionamento dos veículos.

Normalmente, esses veículos trafegam em comboios, que são acompanhados por um trem de viaturas responsáveis pela segurança dos veículos transportadores, que devem ser suficientemente espaçados, com o objetivo de evitar a generalização de possíveis explosões.

O comboio deve ser precedido e seguido por viaturas, inclusive motocicletas, que bloqueiam o trânsito nos entroncamentos e impedem que outros veículos se infiltrem no comboio e se interponham entre as viaturas que transportam os explosivos.

O percurso deve ser bem estudado e planejado para permitir que o comboio trafegue por vias seguras e nos horários mais favoráveis e com baixas densidades de veículos. As áreas de estacionamento devem ser privativas, amplas e suficientemente distanciadas de áreas vulneráveis e de áreas de riscos.

O elo mais vulnerável da cadeia relaciona-se com o transporte de baixos explosivos, como fogos de artifício e outros produtos pirotécnicos, que muitas vezes chegam a ser transportados, de forma absolutamente desleixada, em veículos de transporte coletivo.

Este problema decorre de uma grande vulnerabilidade cultural da população brasileira, relacionada com o baixo senso de percepção de risco.

Da mesma forma, o transporte, a granel, de botijão de gás de cozinha é desleixado e precisa ser melhor fiscalizado para reduzir os riscos inerentes ao transporte dos mesmos.

b) Prevenção de Desastres em Instalações que manipulam Explosivos

A segurança das instalações industriais, parques, depósitos e paióis que manipulam ou armazenam explosivos deve ser minuciosamente planejada e operacionalizada, por equipes técnicas altamente qualificadas.

Dentre as medidas não-estruturais há que destacar o distanciamento e o nucleamento das instalações.

• Distanciamento

Evidentemente, o conjunto dessas instalações deve ser suficientemente distanciado de áreas vulneráveis aos efeitos das explosões e de áreas de riscos intensificados de desastres naturais ou antropogênicos, que podem se propagar para as instalações.

Compete à empresa proprietária da instalação definir as áreas de risco e de exposição e, em conseqüência, delinear o perímetro de segurança e adquirir as áreas de proteção, com a finalidade de distanciar as instalações das áreas vulneráveis e das áreas de risco.

A área de proteção deve ser murada e, sempre que possível, bem arborizada.

• Nucleação

A nucleação dos focos de risco tem por objetivo reduzir os riscos de propagação e de generalização do desastre. Por esse motivo, as dimensões da área devem ser compatíveis com a compartimentação dos focos de riscos e prever futuras ampliações da instalação.

As barreiras topográficas, proporcionadas pelo relevo, são muito eficazes para reduzir os efeitos mecânicos e a irradiação do calor, em casos de explosões

e devem ser complementadas por barreiras artificiais, constituídas por aterros muito bem compactados e consolidados.

No caso das grandes indústrias de explosivos, é ideal que as diversas unidades de processamento sejam distribuídas individualmente, pelos compartimentos do terreno, tomando partido das barreiras topográficas.

• **Áreas de Refúgio**

Naquelas unidades de processamento onde os níveis de riscos, relacionados com danos humanos, forem muito elevados, justifica-se a construção de áreas de refúgio, com o objetivo de aumentar as chances de sobrevivência e de incolumidade das pessoas, em circunstâncias de desastres.

Estas áreas de refúgio com paredes reforçadas portas corta-fogo e sistemas autônomos de iluminação, filtragem e exaustão do ar devem estar ligadas a vias de evacuação, com características idênticas.

Quando dispara o sistema de alarme, o pessoal deve deslocar-se rapidamente para as áreas de refúgio, que dão acesso às vias protegidas de evacuação.

• **Redução das Causas de Ignição**

Nas indústrias de explosivo é de capital importância que as causas de ignição sejam reduzidas ao máximo. As redes elétricas devem ser minuciosamente planejadas para se evitar sobrecargas, curtos-circuitos, centelhamento e superaquecimento de resistências.

Os sistemas de pára-raios devem ser planejados e muito bem aterrados.

As bruscas elevações de temperatura e de pressão devem ser monitorizadas e rapidamente aliviadas.

• **Sistemas Automatizados de Monitorização**

As indústrias de explosivos devem ser minuciosamente planejadas para funcionar em condições absolutas de homeostase. Como já foi explicitado anteriormente, a retroalimentação dos sistemas é de absoluta importância para manter a homeostase do processo industrial.

Daí se conclui a grande importância dos sofisticados sistemas de monitorização, capazes de detectar, com grande antecipação, quaisquer desvios significativos dos parâmetros de normalidade, relacionados com as diversas fases do processamento industrial.

• Sistemas de Alívio

Os sistemas de alívio são planejados e arquitetados para bloquear e abortar as seqüências de eventos adversos, em suas fases iniciais, impedindo que os eventos topos ou terminais desencadeiem os desastres.

Por estes motivos, os sistemas de alívio, nas condições de órgãos efetores, interligados aos centros de integração e de comando mantêm as condições de homeostasia do processamento industrial, por intermédio de respostas pré-programadas, com a finalidade de restabelecer o equilíbrio dinâmico.

• Automação e Robotização

Em casos de riscos elevados de desvios dos parâmetros de normalidade do processo e de explosões, determinadas fases do processamento podem ser automatizadas e robotizadas.

A robotização e a automação reduzem a margem de erros humanos e aumentam o nível de precisão das operações.

Além disto, a robotização e as operações telecomandadas contribuem para reduzir as probabilidades de ocorrência de danos físicos ao pessoal.

• Sistemas de Combate aos Sinistros

Os sistemas de combate aos sinistros, constituídos pelas redes de hidrantes internos e externos e pelas unidades de extintores devem ser minuciosamente planejados, arquitetados e instalados.

*Nas unidades mais sensíveis, sistemas automáticos de resfriamento constituídos por chuveiros de teto ou *sprinkler* e por serpentinas hiper-refrigeradas devem ser previstos e instalados.*

Em tanques e compartimentos estanques podem ser previstos sistemas de exaustão do ar ambiental e de injeção de gases inertes e não comburentes.

• Organização das Brigadas Anti-Sinistro

As brigadas anti-sinistro, constituídas pelos agrupamentos de combate direto ao sinistro, busca e salvamento e de atendimento pré-hospitalar devem ser planejadas, equipadas e adestradas e muito bem articuladas com a unidade do Corpo de Bombeiros Militares, responsável pelo apoio direto às instalações.

• Atendimento Médico Emergencial

Nas grandes indústrias de explosivos justifica-se plenamente a organização de um Serviço de Saúde dotado de uma pequena Unidade Hospitalar.

Embora de tamanho reduzido, este hospital deverá ser dotado de unidades especializadas no tratamento de:

- *feridos graves*
- *pacientes politraumatizados*
- *grandes queimados*

É indispensável que o hospital disponha de instalações cirúrgicas e de Unidade de Tratamento Intensivo (UTI).

• Direcionamento da Onda de Choque

A arquitetura das unidades de processamentos e dos depósitos de explosivos deve ser planejada de forma que a onda de choque, caso ocorra a explosão, seja direcionada para cima e se dissipe no espaço.

É normal que estas instalações sejam semi-interradas e que a área da base seja menor que a área superior, de tal forma que as paredes apresentem um desenho côncavo e oblíquo, inclinando-se para fora.

Para facilitar a dissipação da onda de choque, os telhados são leves e planejados para serem facilmente levantados pela explosão.

*A onda de choque deve ser direcionada em sentido inverso ao das áreas de refúgio, que devem ser absolutamente estanques e protegidas por antecâmaras, com a finalidade de reduzir o efeito *blaster*.*

• Proteção das Instalações Sensíveis

As instalações mais sensíveis devem ser protegidas contra os efeitos mecânicos e térmicos das explosões, por barreiras topográficas complementadas por aterros compactados e devem ser construídas com estrutura reforçada.

Sempre que possível, estas instalações devem ser semi-enterradas.

• Vias de Evacuação e de Carreamento dos Meios

As vias de evacuação e de carreamento dos meios de combate aos sinistros, são consideradas como instalações sensíveis e áreas de refúgio

e devem ser protegidas contra os efeitos mecânicos e térmicos das explosões.

c) Prevenção de Desastres com Artefatos Pirotécnicos

É absolutamente necessário que se desenvolvam campanhas educativas com o objetivo de reduzir os riscos intrínsecos relacionados com os artefatos pirotécnicos e com fogos de artifício, por ocasião de festejos como os de São João.

Os estudos epidemiológicos sobre sinistros demonstram que os acidentes com fogos de artifício e artefatos pirotécnicos são os que ocorrem com maior frequência, provocando um maior volume de danos.

É desejável que a produção de fogos de artifício e de artefatos pirotécnicos seja melhor controlada e limitada ao máximo e que somente os artífices especializados sejam autorizados a manusear estes artefatos, a partir de um determinado limiar de potência.

Para garantir a redução drástica destes acidentes, é imperativo que se estabeleçam normas extremamente rígidas de segurança relacionadas com a produção, armazenamento, comércio e manuseio de artefatos pirotécnicos e fogos de artifício. É necessário também que se intensifique a fiscalização e o controle dos explosivos e dos produtos pirotécnicos.

A escola deve participar intensamente das campanhas de esclarecimento, que tenham por objetivo aumentar o senso de percepção de riscos pela população. O uso de fogos de artifícios, por criança, deve ser discutido e exaustivamente debatido nas reuniões de pais e mestres.

Não é aceitável que o número de crianças mutiladas por fogos de São João continue crescendo e que a opinião pública não seja sensibilizada para o problema. Para reverter este estado de coisas, é necessário que também a imprensa participe do esforço de mudança cultural, com o objetivo de aumentar o senso de percepção de risco e elevar seu padrão de exigência, relativo ao nível de risco aceitável.

7. O Problema das Minas Antipessoais

A opinião pública mundial está sendo despertada para constatar a existência de uma verdadeira epidemia de mutilações, que vem grassando em muitos países menos desenvolvidos da África, da Ásia e, até mesmo, da Europa e da América Central.

Esta imensa epidemia de mutilações vem sendo causada pelo emprego de um imenso volume de minas antipessoais e de armadilhas nas guerras irregulares de desgaste que afetam estes países.

Uma das principais características das chamadas guerras irregulares é a inexistência das frentes de combate e de objetivos definidos no terreno, que devem ser conquistadas e mantidas pelos contendores. Nestas condições, os objetivos da Guerra de Guerrilha é a destruição das forças inimigas e da população que a apóia, por intermédio das táticas de guerra de desgaste.

Como as minas antipessoais são os artefatos bélicos de mais baixo custo e melhores adaptados aos objetivos das guerras de desgaste, elas são usadas abundantemente e de forma absolutamente desordenada.

Nas operações de guerra regular, os campos minados são implantados no terreno, em áreas batidas pelos fogos de artilharia, com o objetivo de retardar o movimento das forças inimigas. Nestas condições, as minas antipessoais e antitanques são lançadas, de acordo com uma ordem lógica e previsível, o que não acontece nas chamadas guerras de desgaste.

Nas guerras de desgaste, a distribuição desordenada das minas e a não demarcação dos campos minados, pelos contendores, impede que se registre uma memória destes campos, dificultando enormemente as operações de desminagem, após cessadas as atividades bélicas.

Como conseqüência inevitável deste quadro, as minas antipessoais continuam a provocar graves mutilações na população civil que habita nessas áreas de riscos intensificados, mesmo após cessadas as operações de guerra.

As minas antipessoais, além de traiçoeiras, caracterizam-se por provocarem graves mutilações, que normalmente obrigam a amputação de parte ou da totalidade dos membros inferiores das pessoas atingidas pelas mesmas.

Em conseqüência das repercussões desta grave epidemia de mutilados, sobre a opinião pública mundial, a grande maioria dos países se comprometeu, mediante um tratado, a não produzir, comercializar ou utilizar minas antipessoais.

O Brasil foi uma das primeiras nações a firmar este acordo internacional. Infelizmente as chamadas potências militares egemônicas e alguns países menos desenvolvidos que comercializam este artefatos ainda não aderiram ao tratado.

Enquanto isto, cresce diariamente o número de crianças, mulheres, idosos e homens mutilados nos países devastados por guerras civis e de desgaste.

É tempo para que a opinião pública mundial se mobilize para dar um basta a esse gravíssimo problema, com o objetivo de coagir os países recalcitrantes a firmar esse tratado.

TÍTULO IV

DESASTRES RELACIONADOS COM O USO ABUSIVO E NÃO CONTROLADO DE AGROTÓXICOS

CODAR - HT.PAG/CODAR - 21.504

1. Caracterização

Pesticida

Termo genérico utilizado para designar substâncias ou formulações utilizadas para controlar vegetais ou animais daninhos para o homem e para as plantas e animais que lhes são úteis.

Os pesticidas, quando utilizados na agricultura, são denominados praguicidas ou agrotóxicos.

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

- *pragas animais, como ratos, insetos, nematóides, carrapatos, ácaros e outros;*
- *pragas vegetais, como os fungos, as chamadas ervas daninhas e outros.*

Conforme os organismos e as fases de desenvolvimento dos mesmos sobre os quais atuam, os pesticidas, agrotóxicos ou praguicidas são denominados:

- *Rodenticidas ou raticidas*
- *Inseticidas*
- *Acaricidas*
- *Carrapaticidas*
- *Larvicidas*
- *Fungicidas*
- *Herbicidas*

Na formulação dos agrotóxicos, também os solventes devem ser considerados, por suas potencialidades tóxicas.

• **Toxicologia**

- 1) *Ciência que se ocupa do estudo dos tóxicos.*

2) *Ciência multidisciplinar que estuda os efeitos adversos dos tóxicos ou venenos que, atuando sobre os organismos e sistemas biológicos, em circunstâncias e condições de exposição determinadas, produzem efeitos adversos, que comprometem uma ou mais funções orgânicas e podem destruir a vida.*

3) *Ciência que estuda os efeitos nocivos dos tóxicos sobre os organismos e sistemas biológicos humanos, animais e vegetais e estabelece a intensidade dos danos, em função da magnitude das doses, das circunstâncias e das condições de exposição dos organismos vivos a estes agentes. Ocupa-se também da natureza das lesões, dos mecanismos causadores das mesmas e das disfunções biológicas provocadas pelos agentes nocivos.*

4) *Ciência que define os limites de segurança dos agentes tóxicos, entendendo-se como segurança a probabilidade de que uma determinada substância não produza danos, quando empregada em condições específicas.*

Veneno

Também chamado de tóxico ou peçonha, é um produto ou substância nociva à saúde e à viabilidade das pessoas, plantas e animais, por alterar, bloquear e, até mesmo, inviabilizar suas funções vitais.

Produto Tóxico

Substância ou formulação que pode causar efeitos nocivos aos organismos vivos, quando entram em contato ou são absorvidos pelos mesmos, como resultado de interações químicas entre o agente tóxico e o organismo vulnerável aos seus efeitos.

Toxina

Substância orgânica, altamente tóxica e de estrutura complexa, a qual é produzida por um organismo vivo.

Toxicidade Geral

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

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

Os agrotóxicos podem ser absorvidos pelos organismos por ingestão, inalação ou por contato direto com a pele, conjuntivas e mucosas.

Os pesticidas, após absorvidos pelos organismos vivos, podem desencadear quadros de intoxicações exógenas:

- *agudas, em alguns casos rapidamente fatais*
- *crônicas e de evolução progressiva.*

Dose Letal 50 (DL-50)

Magnitude ou grandeza da exposição a uma determinada formulação, substância ou radiação tóxica que, num tempo estabelecido, causa a morte de até 50% de uma população vulnerável e suscetível, exposta à ação do agente tóxico estudado.

Dose de Tolerância

Dose de uma formulação, substância ou radiação tóxica que pode ser recebida por um determinado indivíduo ou grupo populacional, durante um período de tempo estabelecido, provocando efeitos desprezíveis.

Dose Máxima Permissível (DMP ou MAC)

A concentração máxima permissível de uma determinada substância, formulação ou radiação tóxica é a concentração abaixo da qual não se observam efeitos lesivos em consequência de uma exposição realizada durante todo o tempo útil dedicado ao trabalho que, em princípio, é de oito horas diárias, durante cinco dias por semana, num total de quarenta horas semanais.

Esta concentração limite não deve ser ultrapassada em nenhum momento, e foi definida para pessoas hígdas, do sexo masculino, e exclui portadores de qualquer disfunção, dentro de um grupo etário de mais de 15 (quinze) e menos de 65 (sessenta e cinco) anos de idade.

É também definida como a dose máxima de substância ou de radiações tóxicas, prescrita por uma autoridade sanitária competente, como o limite máximo de exposição, tolerável para tóxicos de atividade acumulativa, estabelecido de acordo com critérios internacionais, os quais não podem ser ultrapassados, por um tempo estabelecido, pelo pessoal que trabalha sob sua responsabilidade, num determinado ambiente de trabalho, com normas de segurança anteriormente estabelecidas.

Comentários

Para populações maiores e heterogêneas, como as comunidades de habitantes de uma área definida, os padrões de Dose Máxima Permissível (MAC) não são convenientes e devem ser substituídos por medidas mais específicas, como os padrões de qualidade:

- *do ar ambiental;*
- *de pureza da água;*
- *dos alimentos e dos medicamentos.*

Estes padrões de qualidade são mais específicos, restritivos e exigentes.

Limite de Controle

Este parâmetro indica um nível aceitável de exposição ambiental que, se excedido, implica na tomada de medidas necessárias ao restabelecimento da situação de normalidade.

Limite de Exposição

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

Produto Químico Persistente

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

Resíduos de Praguicidas

Os resíduos de praguicidas são quaisquer substâncias nocivas, presentes em alimentos, rações de animais, produtos agrícolas e coleções de água, como consequência do uso inadequado e irresponsável de praguicidas ou agrotóxicos na agricultura.

O termo inclui os praguicidas primários e os produtos derivados da sua metabolização, desde que tenham importância toxicológica, mesmo que potencial.

2. Causas

Os desastres relacionados com o uso abusivo e descontrolado de agrotóxicos são cada vez mais freqüentes e costumam ser causados pelo descumprimento de normas e procedimentos de segurança estabelecidos, por erros humanos, por desleixo e pela não utilização dos equipamentos de segurança.

A freqüência destes desastres é inversamente proporcional ao grau de responsabilidade, prudência, adestramento e profissionalismo das pessoas que manipulam estes produtos.

O universo das pessoas vulneráveis aos efeitos nocivos dos agrotóxicos pode ser subdividido em dois grandes grupos de indivíduos, que entram em contato com os praguicidas:

- de forma acidental
- por motivos profissionais

As principais causas de contatos acidentais são as seguintes:

- armazenamento inadequado dos pesticidas, seus invólucros usados e seus resíduos;
- ingestão de alimentos contaminados por agrotóxicos;
- contato acidental com áreas recentemente pulverizadas com agrotóxico.

As intoxicações profissionais ocorrem com maior freqüência entre:

- operários de indústrias químicas, produtoras de pesticidas ou de seus insumos;
- pessoal responsável pelo armazenamento e pelo transporte destes produtos;
- lavradores, fruticultores e hortelões que manipulam agrotóxicos;
- tratadores de animais responsáveis pelo despolhamento e pelo controle de carrapatos, bernes, moscas e outros ectoparasitas;
- pilotos de aviões utilizados no espargimento de agrotóxicos e o pessoal de apoio ao vôo;
- lixeiros e operários, encarregados da remoção e destinação dos invólucros e resíduos dos produtos tóxicos;
- funcionários de Departamentos e de Campanhas de Saúde Pública responsáveis pelo rociamento e espargimento de inseticidas e larvicidas e pelo controle de pragas animais, como os ratos;

- *funcionários de Departamentos e de Campanhas de Saúde Animal e de controle de pragas animais e vegetais, responsáveis pelo espargimento de agrotóxicos ou pesticidas.*

3. Ocorrência

A incidência de intoxicações agudas ou crônicas tende a crescer com a generalização do uso de pesticidas na agropecuária, nos ambientes domésticos e em campanhas de saúde pública, com reflexos na industrialização e na comercialização destes produtos e na destinação de seus invólucros e resíduos.

Além dos acidentes resultantes de processos de intoxicação aguda, há que se preocupar com as intoxicações crônicas e com a contaminação ambiental que é a principal responsável pela degradação da fauna local.

A inalação ou ingestão de pesticidas em baixas concentrações, além das possíveis intoxicações crônicas, provocadas por efeitos acumulativos, podem ter efeitos cancerígenos ou teratogênicos, que não devem ser negligenciados.

Mesmo nos países desenvolvidos, a maior incidência de acidentes com agrotóxicos ocorre entre as crianças, que entram em contato acidental com estes produtos ou com seus invólucros e resíduos.

Os principais agrotóxicos ou pesticidas são os seguintes:

- *inseticidas organoclorados, hoje em desuso por serem produtos químicos persistentes e de alta toxicidade;*
- *inseticidas organofosforados, de efeito tóxico menos intenso e menos persistente, embora importantes, substituíram os organoclorados nos arsenais de agrotóxicos;*
- *inseticidas à base de carbamatos, de efeitos inibidores reversíveis sobre a atividade da colinesterase, devem ser usados com cautela por existirem referências sobre possíveis efeitos mutagênicos e teratogênicos;*
- *inseticidas de origem vegetal, como os piretros, piretróides e rotenóides.*
- *rodenticidas, que apresentam riscos potenciais de produzirem intoxicações em seres humanos e nos animais domésticos, cujos metabolismos são bastante semelhantes ao dos ratos;*
- *fungicidas minerais, como alguns sais de cobre, de mercúrio e de ferro e produtos orgânicos, como os dinitrocarbamatos, o meta-aldeído, os pentaclorofenóis e os compostos orgânicos de mercúrio;*
- *herbicidas, utilizados no controle de ervas daninhas, devem ser utilizados com grande cautela.*

Além dos princípios ativos, algumas substâncias utilizadas como solventes também têm efeitos tóxicos sobre o organismo humano.

4. Principais Efeitos Adversos

Exposição e Vias de Absorção

A exposição do organismo a um produto tóxico e a conseqüente absorção do mesmo pode ocorrer por intermédio das seguintes vias, que são apresentadas em ordem decrescente de rapidez e eficiência da absorção:

- *via intravenosa ou intra-arterial, permitindo a absorção praticamente instantânea dos produtos injetados;*
- *via aérea, por meio da inalação e absorção em nível dos alvéolos;*
- *via retal ou intraperitoneal, aproveitando a intensa vascularização do plexo hemorroidário e dos pedículos intestinais;*
- *via intramuscular ou subcutânea, a partir das quais os produtos são absorvidos pela vascularização local;*
- *via oral, através da ingestão acidental ou intencional dos tóxicos;*
- *via tópica, mediante a absorção através da pele, das conjuntivas e das submucosas.*

No caso dos agrotóxicos, as vias mais freqüentes de absorção são as seguintes: aérea ou pulmonar, mediante inalação; tópica, mediante contato acidental com a pele, conjuntivas e mucosas; oral, mediante a ingestão acidental de agrotóxicos, especialmente quando contaminam os alimentos.

Caracterização dos Níveis de Exposição

A exposição ao agente tóxico pode ser de caráter agudo ou crônico.

É aguda, quando a dose total do produto tóxico é liberada em um único evento e é absorvida muito rapidamente pelo organismo vulnerável.

É crônica, quando as doses tóxicas são de pequena magnitude e são liberadas em eventos que se repetem periodicamente, durante um intervalo de tempo determinado, e são absorvidas de forma gradual pelo organismo vulnerável.

Caracterização dos Efeitos Tóxicos

De acordo com sua periodicidade e forma de evolução, os efeitos tóxicos são classificados como agudos, crônicos e tardios.

De acordo com seu sítio de atuação, os efeitos tóxicos são classificados como locais ou sistêmicos.

O efeito agudo surge de forma brusca e, na grande maioria das vezes, atua por um curto período, embora possa produzir seqüelas a longo prazo.

O efeito crônico surge e se desenvolve de forma insidiosa e gradual e costuma atuar por períodos prolongados de tempo.

O efeito tardio surge após um período variável de latência, durante o qual não ocorrem sinais e sintomas de intoxicação.

Efeito local é aquele que ocorre no sítio de primeiro contato do tóxico com o organismo vulnerável a seus efeitos.

Efeito sistêmico é aquele que ocorre em locais distantes do sítio de primeiro contato, do tóxico com o organismo, após a absorção e a distribuição do tóxico.

Integração entre Exposição e Efeito Tóxico

Há que ressaltar que uma exposição aguda pode ser causa de um efeito crônico, da mesma forma que uma exposição crônica pode provocar efeitos agudos.

Nestes casos, os efeitos agudos surgem quando:

- *a taxa de absorção supera a de eliminação do tóxico, que se acumula no organismo, até atingir níveis de exposição agudos;*
- *a ruptura do equilíbrio ocorre em consequência de uma lesão aguda nos sistemas excretores.*

Fisiopatologia Toxicológica

Ao entrar em contato com um organismo, o agente tóxico passa pelos seguintes estágios:

- *absorção;*
- *distribuição;*
- *metabolização;*
- *excreção.*

Em todos estes estágios, ocorre um mecanismo comum e fundamental:

- *O movimento do tóxico através das membranas separadoras das estruturas celulares.*

Os pesquisadores admitem que as membranas celulares são constituídas por uma dupla camada de moléculas lipídicas, que se dispõem em sentido perpendicular à superfície, com a extremidade polar dirigida para fora. As camadas lipídicas são recobertas, interna e externamente, por uma camada protéica, a qual é fixada às camadas lipídicas, por forças iônicas, formando um complexo lipoprotéico.

Admite-se também a existência de poros e canais, que alteram a continuidade das membranas e que a constituição físicoquímica da camada lipídica varie entre as formas micelar e globular, de acordo com sua reatividade específica.

As três principais características das moléculas penetrantes, que influem nos movimentos através das membranas, são as seguintes:

- tamanho ou peso molecular;
- grau de ionização;
- lipossolubilidade.

Absorção

Caracteriza um conjunto de eventos que permitem a passagem do agente químico, do local de exposição, para a corrente sangüínea.

A intensidade da absorção depende:

- da maior ou menor permeabilidade das membranas, para o agente considerado;
- das características físicoquímicas do agente a ser absorvido;
- de variáveis, relacionadas com fatores anatômicos e fisiológicos, como o volume do leito vascular e a intensidade do fluxo circulatório local.

A absorção digestiva ocorre após a ingestão do tóxico que, para ser absorvido pelo organismo, deve ultrapassar a barreira intestinal que, esquematicamente, é constituída por duas membranas:

- o epitélio de revestimento do tubo digestivo, que é a barreira principal
- o endotélio dos capilares sangüíneos, que é mais poroso e permeável.

As características das moléculas, relacionadas com a lipossolubilidade, peso molecular e grau de ionização, são importantes para a absorção intestinal.

Na absorção por via respiratória, os agentes, sob a forma de gases ou vapores, ultrapassam com grande facilidade o epitélio alveolar e o endotélio capilar.

A absorção através da pele ocorre mais lentamente, em função da maior espessura das estruturas epiteliais. A camada epidérmica ou externa constitui-se num obstáculo, muito mais eficiente que a derme.

As demais vias de absorção, mediante injeções intramusculares, subcutâneas e endovenosas, não têm importância epidemiológica, no caso das intoxicações por produtos agrotóxicos.

Distribuição

Após a absorção, o agente tóxico, para produzir seus efeitos adversos, tem que interagir com seu receptor específico.

Apenas uma pequena porção do agente tóxico atinge e interage com seu receptor, já que o restante se difunde pelo organismo, por meio da corrente sanguínea, atingindo sítios distantes onde é depositado, metabolizado ou excretado.

O volume de distribuição aparente é caracterizado pelo volume no qual a quantidade total de uma determinada substância deve distribuir-se, de maneira uniforme, para possibilitar uma determinada concentração plasmática.

O volume de diluição aparente é representado pela seguinte fórmula:

$$Vd = Q/c, \text{ na qual:}$$

Vd = corresponde ao volume de distribuição aparente

Q = corresponde à quantidade total da substância absorvida pelo organismo

C = corresponde à concentração plasmática

Em função de seu peso molecular, da tendência para formar ligações protéicas com as proteínas plasmáticas e da maior ou menor facilidade para ultrapassar as membranas e as paredes celulares, as substâncias químicas distribuem-se preferencialmente pelos seguintes compartimentos do organismo:

- as que têm tendência para fazer ligações interativas com as proteínas plasmáticas permanecem preferencialmente no espaço intravascular;*
- as que atravessam facilmente as paredes vasculares e, com mais dificuldade as membranas celulares, tendem a distribuir-se no compartimento intersticial ou extracelular;*
- as que ultrapassam facilmente quaisquer membranas tendem a distribuir-se uniformemente pelos três compartimentos.*

Metabolização

No organismo, os agentes químicos sofrem uma série de transformações que, de um modo geral, tendem a minimizar seus efeitos tóxicos.

Destas transformações resultam metabólitos que, normalmente, são mais hidrossolúveis e mais ionizáveis, têm sua atividade tóxica reduzida e tornam-se mais facilmente excretáveis.

Existem casos em que os metabólitos têm efeitos tóxicos mais intensos do que a substância original. O paration, por exemplo, após metabolizado, transforma-se em paraoxon que é bem mais tóxico que o produto original.

O fígado é o principal sítio de desintoxicação do organismo e as enzimas desintoxicadoras concentram-se principalmente nas mitocôndrias do retículo endoplasmático dos hepatócitos (células hepáticas).

Os mecanismos metabolizadores mais importantes são os seguintes:

- *Oxidação*
- *Redução*
- *Hidrólise*
- *Conjungação*

A conjugação ou síntese permite que os agentes tóxicos ou seus metabólitos combinem-se com substâncias existentes no organismo, formando compostos hidrossolúveis e mais facilmente excretáveis.

Excreção

A excreção renal é o principal processo de eliminação de tóxicos do organismo. Outros mecanismos menos importantes são as excreções biliar e pulmonar.

As secreções orgânicas, como as lágrimas, o suor e o leite são muito pouco importantes, como mecanismos de excreção.

A excreção renal depende da filtração em nível dos glomérulos renais, da difusão tubular simples e da secreção tubular ativa.

A filtração glomerular é limitada pelas ligações protéicas que restringem a passagem através do endotélio capilar.

A difusão através das paredes tubulares é facilitada para as substâncias lipossolúveis, de baixo peso molecular e facilmente ionizáveis.

A excreção tubular ativa é desenvolvida com dispêndio de energia, por meio de cadeias transportadoras.

A excreção biliar tem um importante papel na eliminação de agentes tóxicos, podendo eliminar os produtos tóxicos recém-absorvidos pelo tubo intestinal e que transitam pelo fígado antes mesmo de atingirem a circulação geral. A bile permite a eliminação de substâncias com grandes pesos moleculares.

A excreção pulmonar dos gases ocorre por mecanismos de difusão simples e depende do nível de solubilidade dos gases no plasma sanguíneo.

A eliminação de tóxicos, através do leite, explica as intoxicações por leites contaminados em sua origem e a veiculação de tóxicos da mãe para o filho, durante o processo de amamentação.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

No caso específico das intoxicações provocadas por agrotóxicos, há que considerar três sistemas de monitorização:

- *dos locais de produção e manipulação dos agrotóxicos;*
- *ambiental, relacionada com a utilização dos agrotóxicos;*
- *dos organismos vulneráveis à ação dos agrotóxicos.*

Monitorização do Ambiente de Trabalho

Permite controlar as condições do ambiente de trabalho e manter os níveis de concentração de poluentes num limiar inferior ao da Concentração Máxima Permissível, considerando uma carga média de trabalho de 40 (quarenta) horas semanais.

A Concentração Máxima Permissível é prescrita por uma autoridade sanitária competente, de acordo com critérios estabelecidos internacionalmente, a qual não deve ser ultrapassada, num determinado ambiente de trabalho, com normas de segurança criteriosamente estabelecidas.

A monitorização do ambiente de trabalho permite controlar possíveis extravasamentos e o funcionamento dos sistemas de drenagem, exaustão de emanações e de condicionamento e renovação do ar ambiental.

Monitorização dos Organismos Vulneráveis

As concentrações máximas permissíveis são estabelecidas para pessoas de sexo masculino, com o organismo hígido e dentro de uma faixa etária acima dos 15 (quinze) anos e abaixo dos 65 (sessenta e cinco) anos.

Esta condição exclui pessoas mal nutridas, com peso deficiente e com qualquer disfunção ou deficiência orgânica.

As mulheres e os obesos, por possuírem uma maior percentagem de tecido adiposo, em condições de armazenar produtos lipossolúveis, também devem ser excluídos.

A monitorização dos organismos das pessoas que manipulam agrotóxicos depende de minuciosos exames médicos e laboratoriais, que são realizados na fase de admissão e a intervalos de tempo estabelecidos.

Dentre os exames de laboratório há que destacar:

- as provas de função hepática;*
- os hemogramas;*
- a pesquisa de sangue oculto nas fezes e na urina;*
- a verificação da atividade da acetilcolinesterase, especialmente nos casos de manipulação de inseticidas organofosforados e de carbamatos.*

Monitorização 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 e suas tendências evolutivas.

Esta metodologia integrada de investigação e avaliação das condições atuais e das tendências evolutivas dos ecossistemas, utiliza técnicas de:

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

A vigilância ambiental compreende o conjunto das seguintes atividades gerais:

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

Os resíduos de praguicidas compreendem quaisquer substâncias específicas presentes em alimentos, rações, outros produtos agrícolas e no meio ambiente, especialmente nos mananciais de água, como consequência do uso abusivo, inadequado e irresponsável de praguicidas na agricultura. O termo inclui os chamados praguicidas primários, seus resíduos e produtos derivados de sua metabolização, desde que tenham importância toxicológica, mesmo que potencial.

A monitorização das pragas prejudiciais à agricultura contribui poderosamente para reduzir o consumo de agrotóxicos e preservar a biodiversidade.

A permanente monitorização das pragas permite diagnosticar os problemas e determinar o momento exato em que as pragas passam a comprometer a produtividade e necessitam serem controladas com os agrotóxicos.

Em consequência, os esquemas de tratamento preventivo das pragas, com defensivos agrícolas de largo espectro e altamente potentes, de acordo com um calendário pré-fixado, estão sendo substituídos por tecnologias de manejo integrado de pragas.

As revisões críticas demonstraram que as técnicas de tratamento preventivo, com defensivos de largo espectro, segundo esquemas pré-fixados de aplicação contribuíram para selecionar cepas de pragas altamente resistentes aos defensivos e para destruir os predadores naturais destas pragas.

A metodologia de manejo integrado das pragas depende da inspeção meticulosa das culturas e da seleção de defensivos agrícolas específicos, direcionados para as pragas prevalentes que, nas inspeções, ultrapassaram o limiar de aceitabilidade. Somente aquelas infestações que ultrapassaram o limiar de aceitabilidade devem ser tratadas.

6. Medidas Preventivas

Os desastres relacionados com agrotóxicos ou pesticidas podem e devem ser drasticamente reduzidos, por meio da padronização e divulgação dos seguintes procedimentos gerais:

- utilizar exclusivamente os praguicidas ou defensivos agrícolas que foram licenciados, para o uso no País, pelos órgãos oficiais de fiscalização e controle;*
- só utilizar agrotóxicos mediante receita de agrônomo, veterinário, fitopatologista ou engenheiro florestal, nas dosagens indicadas na receita e sob estrita supervisão técnica;*

- *aplicar os agrotóxicos com critério, em doses adequadas, em função das pragas diagnosticadas e evitar a repetição das aplicações em intervalos muito curtos;*
- *armazenar os produtos tóxicos em locais adequados, seguros e trancados à chave;*
- *manter os agrotóxicos em invólucros intactos e seguros e facilmente identificáveis, com rótulos bem visíveis, indicando os produtos existentes na formulação;*
- *utilizar mão-de-obra hábil e adestrada na manipulação dos agrotóxicos, além de muito bem informada sobre os procedimentos de segurança estabelecidos;*
- *proteger adequadamente o pessoal que manipula e espargue produtos tóxicos com máscaras, coberturas (gorros), aventais, ombreiras, botas e luvas impermeáveis de borracha ou neoprene;*
- *lavar meticulosamente os equipamentos, vasilhames e dosadores, após o uso;*
- *após o uso, controlar a remoção e a destinação dos invólucros e resíduos de agrotóxicos, evitando que os mesmos fiquem ao alcance de crianças, animais domésticos e pessoas desavisadas, ou que poluam o ambiente.*

Os órgãos federais brasileiros, responsáveis pelo exame dos produtos, controle de qualidade das formulações e licenciamento para que sejam usados no Brasil são os Ministérios da Saúde, da Agricultura e do Meio Ambiente.

É desejável que se estruture um Conselho Interministerial para articular a ação dos órgãos executores e para funcionar como a instância mais alta do Sistema de Fiscalização e Controle de Agrotóxicos.

a) Especificação das Medidas Preventivas Relativas ao Armazenamento

- *os agrotóxicos devem ser armazenados em locais seguros, construídos adequadamente para esta finalidade específica. Os armazéns devem ser trancados à chave e a entrada de pessoas não autorizadas, especialmente de crianças, deve ser absolutamente vetada;*
- *os depósitos de tóxicos devem ser distanciados de currais, pocilgas, silos e outros locais de armazenamento de alimentos;*
- *os pesticidas devem ser mantidos em invólucros intactos, seguros e claramente rotulados, com indicações dos produtos existentes na formulação.*

- *produtos perigosos devem ser armazenados em locais distantes das habitações, sempre que possível no sentido de jusante dos ventos dominantes;*
- *qualquer produto perigoso deve ser mantido distante de alimentos, bebidas, medicamentos, material de peso e de produtos incompatíveis especificados pelos fabricantes;*
- *os invólucros vazios devem ser recolhidos, armazenados em local seguro e incinerados por pessoal especialmente capacitado, em queimadores de alta potência. É aconselhável que um incinerador funcione em apoio conjunto para várias propriedades.*

b) Especificações das Medidas Relacionadas com a Proteção dos Manipuladores

- *o pessoal selecionado para a manipulação deve ser hígido, bem nutrido, de idade compatível, sem nenhuma disfunção sistêmica e deve ser muito bem adestrado e informado sobre as normas e os procedimentos de segurança;*
- *os manipuladores devem trabalhar em turnos de 6 (seis) por 18 (dezoito) horas de descanso;*
- *a manipulação deve ser realizada em ambiente salubre, bem ventilado, limpo e dotado de um eficiente sistema de drenagem e ventilação;*
- *os manipuladores e espargidores de pesticidas devem proteger-se com máscaras, coberturas (gorros), aventais, ombreiras, luvas e botas de material impermeabilizado;*
- *o borrifador deve deslocar-se em sentido contrário ao dos ventos dominantes;*
- *os vaporizadores e aparelhos de borrifação devem ser muito bem calibrados, para liberarem as dosagens de pesticidas adequadas às quantidades máximas permitidas, em ambientes abertos;*
- *não se deve comer, beber ou fumar, enquanto se manipula um produto perigoso;*
- *o banho é obrigatório todas as vezes que os pesticidas ou seus solventes entrarem em contato com a pele, semimucosas e conjuntivas; nestes casos, o banho deve ocorrer no mais curto espaço de tempo possível, sob uma ducha que libere água limpa e abundante, durante um intervalo de tempo correspondente a 15 (quinze) minutos;*
- *após concluir a manipulação e antes de se alimentar, o operário deve se lavar com água corrente e abundante, pelo prazo mínimo de 10 (dez) minutos;*
- *o homem deve proteger-se com máscara e, em nenhuma hipótese, deve aspirar gases, aerossóis, vapores, poeiras e fumaças potencialmente perigosos;*

- *da mesma forma, o contato de agrotóxicos com a pele, mucosas, semimucosas e conjuntivas deve ser evitado.*

c) Prevenção de Acidentes Domésticos com Pesticidas

Estudos epidemiológicos demonstram que as crianças, mesmo nos países onde a população é bem informada, são muito mais vulneráveis a intoxicações com produtos perigosos que os adultos.

Os pais devem ser instruídos sobre os riscos de intoxicações com pesticidas e sobre as medidas de segurança e devem ser alertados para a grande vulnerabilidade das crianças.

Produtos perigosos, como inseticidas, desinfetantes e medicamentos devem ser guardados fora do alcance das crianças, em locais trancados à chave e distanciados dos depósitos de gêneros alimentícios. Estes produtos devem ser guardados em seus invólucros originais, que devem ser mantidos íntegros e corretamente rotulados. Em nenhuma hipótese, estes produtos devem ser guardados em garrafas de refrigerantes, para evitar que as crianças se confundam e os bebam de forma inadvertida.

d) Prevenção de Acidentes por Ocasão de Campanhas de Saúde Pública

As campanhas de saúde pública, com o objetivo de controlar pragas, vetores e hospedeiros, devem ser cuidadosamente planejadas e executadas, para evitar riscos de acidentes com produtos perigosos.

Nestes casos devem ser precedidas por atividades educativas, que informem ao público-alvo sobre os:

- *objetivos da campanha;*
- *riscos inerentes ao processo;*
- *procedimentos de segurança, que devem ser seguidos, para proteger as crianças e os animais domésticos, dos riscos de intoxicação.*

TÍTULO V

DESASTRES RELACIONADOS COM INTOXICAÇÕES EXÓGENAS NO AMBIENTE DOMICILIAR

CODAR - HT.PAD/CODAR - 21.505

1. Caracterização

O intenso desenvolvimento tecnológico na área da química industrial, sem o conseqüente incremento de uma política de segurança, relacionada com a manipulação, comercialização e consumo de produtos potencialmente perigosos, está contribuindo para o crescimento da incidência de intoxicações exógenas no ambiente domiciliar.

Como é absolutamente impossível deter o desenvolvimento tecnológico, há que desenvolver normas e procedimentos de segurança que contribuam para reduzir a incidência destes acidentes.

Os estudos epidemiológicos demonstram que as taxas de incidência das intoxicações exógenas são muito elevadas e tendem a crescer de forma acelerada e alarmante. No âmbito da família, o grupo mais vulnerável é constituído pelas crianças.

As intoxicações exógenas, que ocorrem no ambiente familiar, caracterizam-se como desastres:

- *humanos;*
 - *de natureza tecnológica;*
 - *por somação de efeitos parciais;*
 - *evitáveis.*
-
- *São desastres humanos porque se relacionam com as ações e, principalmente, com as omissões humanas que, sem nenhuma dúvida, são as principais causas de ocorrência destes desastres.*
 - *São desastres tecnológicos porque tendem a aumentar sua incidência, em função do desenvolvimento tecnológico, relacionado com a indústria química, especialmente naqueles países que ainda não implementaram uma política abrangente relacionada com a segurança global da população e, em especial, com a segurança contra o uso abusivo de produtos perigosos.*
 - *Por serem desastres por somação de efeitos parciais, chamam menos a atenção que os desastres que ocorrem de forma súbita e com grande número de vítimas. Por tais motivos, estes desastres, apesar de importantes, quando se computa o número de vítimas que ocorrem*

anualmente, não despertam a atenção da mídia, da população e da classe política, prejudicando a ação dos órgãos responsáveis pela segurança global da população.

- *Sem nenhuma dúvida, por dependerem de ações e de omissões humanas, estes desastres são evitáveis e podem ser substancialmente reduzidos, se houver determinação política de minimizá-los.*
- *Samuel Schwartzman, professor de Pediatria na Universidade de São Paulo e um dos pioneiros na divulgação da moderna Toxicologia, vem chamando a atenção da classe médica para a grande incidência das urgências e emergências, relacionadas com intoxicações exógenas em crianças e propõe que se intensifiquem as medidas preventivas para reduzir a importância deste imenso desastre por somação de efeitos parciais.*
- *Obviamente, os agravos à saúde provocados pelas intoxicações exógenas são evitáveis, desde que as medidas preventivas sejam adequadamente priorizadas e se desenvolva um programa de mudança cultural relacionado com o problema.*

Classificação das Principais Fontes de Riscos

Nas modernas habitações, as famílias e, em especial, as crianças correm riscos aumentados de serem intoxicadas, por uma imensa gama de produtos perigosos, com os quais convivem diariamente.

As intoxicações exógenas no ambiente familiar podem ser provocadas por:

- *medicamentos;*
- *alimentos contaminados e os que vinculam toxinas capazes de provocar as chamadas intoxicações alimentares;*
- *águas contaminadas e poluídas por agrotóxicos e por outros produtos perigosos, como metais pesados;*
- *pesticidas de uso doméstico, como inseticidas, larvicidas, acaricidas, rodenticidas e outros praguicidas utilizados nas habitações;*
- *drogas abusivas coibidas pela legislação, com destaque para a cocaína, a heroína, a maconha, o ácido lisérgico e outras drogas ou misturas de drogas;*
- *drogas capazes de provocar dependência física e psicológica, como o fumo e as bebidas alcoólicas, as quais ainda não são objeto de uma legislação restritiva que permita um melhor controle dos danos causados pelas mesmas;*
- *plantas tóxicas, cultivadas em ambiente domiciliar, para fins ornamentais;*

- *numerosos produtos químicos potencialmente perigosos, de uso no ambiente domiciliar, como:*
 - *sabões, detergentes e produtos desinfetantes;*
 - *derivados de petróleo, como querosene e outros solventes orgânicos;*
 - *produtos cáusticos, como as bases fortes e produtos corrosivos, como os ácidos;*
 - *álcoois e fenóis;*
 - *cosméticos e outros produtos de beleza, que sejam potencialmente perigosos;*
 - *produtos nitrogenados, como a anilina, a toluidina e os nitrobenzenos;*
 - *metais pesados e outros metais, como o arsênico, o mercúrio, o ferro, o cobre, o alumínio e outros metais, que podem ser absorvidos acidentalmente em doses tóxicas;*
 - *gases combustíveis, como o GLP e outras misturas usadas como gases de cozinha e emanações tóxicas, como o monóxido de carbono, resultante da combustão incompleta de produtos combustíveis.*

2. Causas

Sem nenhuma dúvida, os desastres relacionados por intoxicações exógenas no ambiente familiar são causados por ações e por omissões humanas e relacionam-se com a atuação dos próprios seres humanos, enquanto agentes, atores e vítimas destes desastres.

A principal causa destes desastres é de origem cultural e relaciona-se com o baixo senso de percepção de riscos da população e, conseqüentemente, de um baixo nível de exigências, no que diz respeito ao nível de risco aceitável.

Contribuem para dificultar a diagnose e para agravar o problema:

- *o muito baixo nível de conhecimento sobre toxicologia, que é transmitido aos médicos generalistas, durante sua formação;*
- *a freqüente introdução de novos produtos químicos, pouco conhecidos, nas formulações. Alguns destes produtos são lançados com testes pouco suficientes sobre seus efeitos tóxicos;*
- *a freqüente alteração das formulações, sem que haja uma maior preocupação de informar médicos, veterinários, agrônomos e engenheiros florestais, a respeito;*
- *a sinonímia extremamente confusa, que é utilizada para definir muitos produtos potencialmente tóxicos;*
- *os hábitos de automedicação, que são profundamente arraigados na população brasileira, e que são os principais responsáveis pela maioria das intoxicações medicamentosas.*

O problema é mais grave nas crianças, tendo em vista que a experiência demonstra que, quanto mais jovem e imatura for uma criança, menor será o seu senso de percepção de risco, coordenação motora e nível de atenção, tornando-as dependentes de terceiros, em termos de segurança contra acidentes.

3. Ocorrência

Intoxicações exógenas ocorrem em todos os países do mundo e são mais freqüentes nas faixas etárias que vão dos 8 (oito) meses aos 4 (quatro) anos e dos 4 (quatro) aos 8 (oito) anos de idade.

Na faixa etária dos 8 (oito) meses aos 4 (quatro) anos, a capacidade motora desenvolve-se rapidamente, a criança aprende a deambular e cresce a curiosidade e o sentido de descoberta do mundo exterior. A partir desta faixa etária, as crianças passam a imitar as crianças mais velhas e os adultos, e envolvem-se em jogos e brincadeiras perigosas com crianças maiores. Começam também a sair de casa, inicialmente acompanhadas, e passam a explorar quintais, praças, parques e playgrounds, aumentando sua exposição a acidentes.

Por apresentarem problemas relacionados com a atenção, especialmente com a atenção descentrada e com a visão periférica, são mais vulneráveis aos acidentes. Como o senso de percepção de riscos depende do aprendizado, relacionado com vivências anteriores, a segurança das crianças nestas faixas etárias é fortemente dependente de seus parentes mais velhos.

Como um dos mecanismos de descoberta do mundo exterior relaciona-se com o paladar, a criança tende a levar à boca objetos pequenos e pouco conhecidos.

Na faixa etária dos 4 aos 8 anos, os riscos aumentam em função das maiores necessidades psíquicas de exploração e descoberta do mundo, acrescido da maior tendência para imitar os maiores. Nesta faixa, a criança ainda apresenta problemas relacionados com a atenção descentrada e com a visão periférica e ainda não completou o seu aprendizado sobre os riscos. Como conseqüência do crescimento do nível de exposição ao risco, a prevalência dos acidentes, inclusive os relacionados com as intoxicações exógenas tende a aumentar.

Um fator importante para o crescimento das oportunidades de acidentes é o incremento do uso de produtos potencialmente perigosos no ambiente doméstico e a pouca preocupação de colocá-los em locais trancados à chave e inacessíveis às crianças.

Também é importante considerar as perigosas associações relacionadas com os invólucros semelhantes aos que servem para acondicionar aqueles produtos.

Finalmente, há que considerar os riscos relacionados com o espírito de imitação das crianças que é o maior responsável pelos acidentes com comas alcoólicos.

A ocorrência de intoxicações exógenas motivadas por tentativas de suicídio ou de crime também deve ser considerada. Desde a antiguidade, a história registra muitos casos de uso de veneno, para fins criminosos ou em tentativa de auto-destruição de pessoas desesperadas ou atingidas por graves crises de depressão endógena.

4. Principais Efeitos Adversos

Como já foi especificado, as principais vias de exposição e de absorção do organismo aos acidentes com produtos tóxicos são as seguintes:

- via oral, através da ingestão acidental de tóxicos, especialmente no caso das crianças;*
- via tópica, através da absorção de tóxicos através da pele, das conjuntivas e das submucosas;*
- vias aéreas, por meio da inalação e absorção em nível dos alvéolos pulmonares.*

No caso das drogas abusivas e coibidas pela legislação, as vias de absorção mais freqüentes são as vias aéreas, a via intravenosa ou intra-arterial, as vias subcutâneas e intramusculares, por meio de injeções e também a via retal, por meio de enemas ou clistères.

De acordo com sua periodicidade e com a forma de evolução do episódio, os efeitos tóxicos são classificados como agudos, crônicos e tardios.

Os efeitos agudos ocorrem de forma brusca e, na grande maioria das vezes, atuam por curtos períodos, embora possam produzir seqüelas que permanecem por longo prazo. Em medicina, seqüela é um efeito tardio, na grande maioria das vezes, relacionado com o processo de cicatrização e que permanece após certas doenças ou agravos à saúde.

Os efeitos crônicos, ao contrário, surgem de forma insidiosa e desenvolvem-se de forma gradual e costumam atuar por períodos de tempo prolongados.

Os efeitos tardios aparecem após um período de latência, que pode variar em função das características intrínsecas do produto tóxico e das condições gerais dos organismos sensíveis a seus efeitos.

Normalmente, os efeitos tardios ocorrem quando:

- a taxa de absorção supera a de eliminação ao tóxico, que tende a se acumular no organismo, até atingir níveis de exposição agudos;
- a ruptura do equilíbrio ocorre como consequência da brusca falência de um dos sistemas excretores ou desintoxicadores, como consequência de uma lesão irreversível dos mesmos.

De acordo com o sítio de atuação, os efeitos tóxicos podem ser locais ou sistêmicos.

Os efeitos locais são aqueles que ocorrem no sítio de primeiro contato do tóxico, com o organismo sensível aos seus efeitos, antes mesmo da absorção do produto perigoso.

Os efeitos sistêmicos ocorrem em locais distantes do local do primeiro contato do tóxico com o organismo, após a absorção e a distribuição do tóxico.

As intoxicações exógenas podem produzir reflexos graves sobre o:

- o aparelho digestivo, especialmente sobre o tubo digestivo, o fígado e a vesícula biliar.
- o aparelho respiratório, que funciona como via de absorção e de excreção de produtos tóxicos e seus metabólitos e que pode ter seu funcionamento prejudicado pelos efeitos tóxicos.
- aparelho cardiovascular, em função da ação lesiva das drogas sobre o miocárdio, sobre os centros reguladores da atividade cardíaca e sobre a pressão arterial e o refluxo do sangue venoso.
- o aparelho urinário, que desempenha um importante papel na excreção dos tóxicos e de seus metabólitos, que podem causar lesões nas arteríolas, nos glomérulos renais, nos túbulos proximais, nos ductos coletores e no tecido intersticial.
- o sistema nervoso, como consequência de distúrbios metabólicos, de alterações na vasomotricidade cerebral e de distúrbios no funcionamento das células nervosas.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

Na faixa etária de maior frequência de envenenamentos acidentais, os acidentes, abaixo enumerados, são os de maior ocorrência:

- *intoxicação por ingestão e, menos frequentemente, por contato tóxico com inseticidas, produtos de limpeza, remédios, agrotóxicos, raticidas ou rodenticidas, plantas tóxicas e outros produtos tóxicos deixados ao alcance das crianças ou procurados ativamente pelas mesmas;*

- *como alcoólico provocado pela ingestão de bebidas alcoólicas deixadas ao alcance das crianças, cabendo recordar o espírito de imitação das mesmas, que tendem a modelar suas condutas, a partir do exemplo dos pais;*
- *envenenamentos com parada respiratória, produzidos por monóxido de carbono, gás liquefeito de petróleo e outros gases de cozinha ou usados em aquecedores de banheiros;*
- *picadas de animais peçonhentos, como cobras, escorpiões, lacraias e queimaduras de contato com lagartas, como os mandorovás e as taturanas;*
- *picadas de abelhas e de marimbondos;*
- *intoxicações alimentares.*

É muito importante manter uma vigilância contra todos estes fatores de riscos e, em caso de acidentes, proceder aos primeiros socorros e contatar o médico.

6. Medidas Preventivas

Para reduzir os riscos de acidentes com intoxicações ou envenenamento, são importantes as seguintes medidas gerais:

- *não deixar ao alcance das crianças produtos tóxicos, como inseticidas, rodenticidas, agrotóxicos, soda cáustica, ácidos e produtos potencialmente perigosos, como remédios e desinfetantes;*
- *não plantar vegetais tóxicos em hortas, jardins, quintais e no interior das residências e mantê-los fora do alcance das crianças;*
- *todos os produtos potencialmente perigosos devem ser bem identificados e conservados em seus invólucros originais, que devem ser mantidos íntegros;*
- *produtos potencialmente perigosos devem ser guardados sob chave, que deve ser mantida fora do alcance das crianças e devem ser guardados em locais distanciados dos alimentos;*
- *remédios só devem ser utilizados, mediante receita ou prescrição do médico;*
- *a utilização de produtos potencialmente perigosos, inclusive de remédios, deve ser precedida da leitura atenta e cuidadosa das bulas e instruções relacionadas com as dosagens recomendadas e contra-indicações;*
- *ao adquirir um produto potencialmente perigoso, é indispensável que se verifique a data de fabricação e de validade e se a embalagem é segura e está íntegra e inviolada;*

- *não aspergir inseticidas na presença de crianças;*
- *quando utilizar produtos de limpeza, solventes orgânicos, inseticidas e outros produtos potencialmente tóxicos, há que arejar adequadamente o ambiente;*
- *para evitar perigosas associações, que confundam as crianças, não se deve guardar produtos potencialmente tóxicos em garrafas de refrigerantes, latas e outros invólucros de guloseimas;*
- *fechar sempre a torneira do botijão de gás, durante a noite ou quando se ausentar de casa;*
- *não deixar o carro ligado em ambientes fechados;*
- *educar a criança, desde a mais tenra idade, para não colocar na boca nenhum produto desconhecido e que seja potencialmente tóxico;*
- *as crianças, da mesma forma que os cães, devem ser condicionadas para utilizarem-se sempre do mesmo prato, da mesma mamadeira e do mesmo copo e só aceitar alimentos de pessoas idôneas e responsáveis da família e no colégio;*

Para prevenir possíveis intoxicações alimentares é necessário:

- *verificar a procedência das frutas e das verduras cruas e lavá-las em água corrente abundante, para retirar possíveis vestígios de agrotóxicos;*
- *não adquirir alimentos com prazos de validade vencidos e visivelmente mal conservados;*
- *não comprar enlatados, cujas embalagens estejam mal conservadas, enferrujadas, amassadas ou estufadas;*
- *não adquirir frutos do mar e outros pescados de procedência suspeita ou quando não estiverem frescos;*
- *sobras de enlatados devem ser guardadas em vidros ou em invólucros plásticos e conservadas em geladeira;*
- *alimentos que não tenham sido totalmente consumidos em uma refeição podem ser guardados em ambiente refrigerado, abaixo de 04 graus centígrados ou em estufas, acima de 60 graus centígrados;*
- *carnes e frutos do mar podem ter seus prazos de validade dilatados, por meio de salga, defumação ou congelamento.*

Para prevenir acidentes com ofídios, aranhas, lacraias e escorpiões é necessário:

- *manter jardins, hortas e quintais limpos e sem restos de materiais de construção;*
- *limpar os terrenos abandonados próximos das residências;*
- *não plantar bananeiras e folhagens espessas muito próximas das residências;*

- *ao entardecer, obstruir as frestas de janelas e de portas com longos sacos de areia, com diâmetros suficientes para bloquear as frestas;*
- *ao se deslocar e trabalhar em locais de risco, usar botas, botinas e perneiras de couro, para proteger os membros inferiores e luvas de couro para proteger os membros superiores, contra picadas de ofídios;*
- *cobras costumam abrigar-se em locais quentes, úmidos e escuros, por estes motivos é necessário redobrar os cuidados ao mexer em pilhas de lenha e de tijolos, palhadas de milho e de cana e em tocas de outros animais;*
- *cobras são atraídas por ratos, que são suas presas naturais. Por este motivo, é necessário enterrar o lixo ou mantê-lo em locais inacessíveis, manter a casa, os paióis e os terreiros impecavelmente limpos e sem buracos que facilitem a penetração destes animais;*
- *há que discutir com as crianças as medidas preventivas para evitar picadas de cobras, aranhas, escorpiões, lacraias, abelhas e marimbondos.*

Importância da Educação e da Proteção

A sobrevivência da espécie humana e de todos os mamíferos e aves depende:

- *da proteção das crias, enquanto vulneráveis, pelo núcleo familiar;*
- *de comportamentos aprendidos, a partir das primeiras horas da vida, através de processos de “educação continuada”, mediante o método universal de condicionamento, baseado na estimulação e na recompensa.*

Para reduzir os riscos de intoxicações exógenas e de outros agravos à saúde relacionados com acidentes no ambiente familiar são muito importantes as medidas de proteção e de educação sanitária.

O universo de riscos varia em função do desenvolvimento físico, neurológico e mental e das vivências aprendidas pelas crianças. A dosagem das medidas de educação e de proteção deve considerar estes fatores.

O desenvolvimento do tirocínio e do senso de percepção de riscos é gradual e depende do desenvolvimento psíquico e cultural da criança e a predominância das medidas educativas sobre as de proteção depende desta evolução.

A educação sanitária tem por finalidade permitir que as pessoas integrantes de uma comunidade aprendam a interagir, de forma participativa, com o sistema de saúde e aprendam o papel que cada uma deve desempenhar, individual e coletivamente, na promoção, preservação, proteção e recuperação da saúde.

A educação sanitária desenvolve nas pessoas o sentimento de responsabilidade, como indivíduo e como membro de uma coletividade e de uma família, relacionado com a promoção e a preservação da saúde individual e coletiva.

A educação sanitária, relacionada com a prevenção dos acidentes e das intoxicações exógenas no ambiente doméstico, deve ser parte integrante dos currículos escolares dos primeiro, segundo e terceiro graus.

Os professores em geral e, em especial, os de educação física e os extencionistas de educação doméstica devem ser motivados para o estudo e o ensino do assunto.

O ensino formal e informal deve ter como objetivo maior preparar os rapazes e as moças para serem bons pais e boas mães e protegerem e educarem, com competência, os seus núcleos familiares. Pais educados para prevenir acidentes e intoxicações exógenas são mais competentes para proteger e educar seus filhos sobre o assunto.

A melhor forma de educar é através do exemplo. Pais que fumam, se drogam ou tomam bebidas alcoólicas sem moderação têm imensa dificuldade para convencerem seus filhos sobre a nocividade destes vícios ou hábitos prejudiciais à saúde.

O conhecimento das ameaças ou perigos deve promover comportamentos prudentes e cautelosos e nunca o medo irracional. O desenvolvimento de condutas para prevenir desastres deve ser precedido de um debate e análise sobre a importância do assunto, para garantir a sobrevivência e a incolumidade das pessoas vulneráveis e de uma discussão sobre as condutas mais eficientes para minimizar os seus efeitos.

A noção do perigo ou risco deve ser relacionada com os efeitos adversos e com as medidas preventivas e, em nenhuma hipótese, com o medo de punições. Condicionar a prudência com sentimentos relacionados com o medo de punição, pode gerar o seguinte padrão de reação:

- *“na ausência de meus pais posso ser menos cauteloso porque diminuam os riscos de censura e de punição”.*

Normas Gerais de Segurança

Como já foi explicitado, o desenvolvimento tecnológico é o fator preponderante para o incremento das intoxicações exógenas.

A redução das intoxicações exógenas depende da atuação interativa do(a):

- *governo;*
- *indústria química e farmacêutica;*

- comércio;
- público consumidor;
- comunidade;
- serviço de saúde.

a) Compete ao Governo e ao Estado

Exercer suas atribuições específicas, relacionadas com a segurança global da população, nas áreas de:

- *Legislação, promovendo leis e normas rigorosas relacionadas com: a regulamentação do uso, a produção, comercialização, circulação e consumo de substâncias químicas e produtos potencialmente perigosos.*
- *Fiscalização e de vigilância sanitária e ambiental, fazendo cumprir a legislação vigente, exercendo ações educativas e punindo exemplarmente os infratores das normas estabelecidas.*
- *Planejamento, articulando e coordenando o SINDEC, com o objetivo de garantir a segurança da população contra riscos de intoxicações exógenas.*

b) Compete à Indústria Química e Farmacêutica

- *Só liberar produtos potencialmente perigosos e medicamentos, para a produção e a comercialização, após exaustivos testes laboratoriais que comprovem sua eficiência e baixa toxicologia, para seres humanos e animais domésticos, nas doses recomendadas. Os produtos devem ser examinados, pelos órgãos governamentais competentes, antes de terem seu consumo autorizado no país.*
- *Desenvolver um sistema de controle de qualidade, que permita assegurar a boa qualidade dos produtos e controlar a dosagem das substâncias químicas ativas, de acordo com as composições estabelecidas.*
- *Informar, por meio de bulas anexadas às embalagens, a exata formulação de suas composições detalhando as dosagens de todos os princípios ativos e dos solventes, capazes de produzir efeitos tóxicos. As bulas devem informar sobre as doses recomendadas, os efeitos colaterais, as doses tóxicas e letais e sobre as medidas terapêuticas de urgência, em caso de intoxicação. É importante que as datas de produção e de validade do produto sejam bem visíveis.*
- *Desenvolver medidas de proteção ambiental que reduzam os riscos de poluição do ar, da água e do solo, como conseqüência de emanações, efluentes líquidos e resíduos sólidos potencialmente tóxicos.*

- *Desenvolver medidas de segurança e de higiene do trabalho, com o objetivo de garantir a saúde e a incolumidade da força de trabalho, durante o processamento de seus produtos.*
- *Desenvolver áreas de segurança e de proteção ambiental, ao redor da planta industrial, com o objetivo de distanciar os focos de riscos das áreas vulneráveis adjacentes e de reduzir os riscos de propagação de possíveis desastres.*
- *Adestrar brigadas anti-sinistro, com o objetivo de conduzir as ações de resposta aos desastres, delimitar, isolar e evacuar as áreas de riscos, combater os sinistros e promover o tratamento emergencial dos intoxicados.*

Os produtos potencialmente perigosos, inclusive os medicamentos, não devem gerar no público-alvo de suas propagandas uma falsa noção de total ausência de riscos e de segurança absoluta. É importante caracterizar que a segurança global da população deve preponderar sobre idéias mercantílistas de que as corretas informações sobre o potencial de riscos podem contribuir para a redução das vendas.

c) Compete ao Comércio

- *Evitar a propagação de falsas noções sobre a incolumidade de produtos potencialmente perigosos.*
- *Transportar e armazenar produtos potencialmente perigosos em condições seguras, com o objetivo de minimizar os riscos relacionados com os mesmos.*
- *Organizar as prateleiras das lojas de varejo, de modo que os produtos, potencialmente perigosos, sejam distanciados dos produtos alimentícios e que sejam conservados fora do alcance de crianças.*
- *Exigir que produtos controlados sejam despachados, apenas, mediante receita de autoridade sanitária competente, como médicos, veterinários, agrônomos e engenheiros florestais.*

d) Compete ao Consumidor

- *Manter-se informado sobre os riscos inerentes aos produtos potencialmente perigosos que adquirir.*
- *Cumprir as normas e os procedimentos padronizados de segurança ao manusear e aplicar estes produtos.*
- *Só adquirir produtos controlados mediante receita de autoridade ou profissional competente e evitar tendências para a automedicação.*
- *Manter os produtos potencialmente perigosos em invólucros íntegros, com rótulos bem visíveis e fora do alcance de crianças.*

- *Armazenar produtos potencialmente perigosos em locais trancados à chave e distanciados dos alimentos.*

e) Compete à Comunidade

Promover o desenvolvimento do senso de percepção de riscos entre seus integrantes e, conseqüentemente, intensificar o nível de exigência relacionado com os riscos aceitáveis.

f) Compete ao Sistema de Saúde

- *Implementar o desenvolvimento de Centro de Referência com o objetivo de: promover o tratamento emergencial mais adequado das intoxicações exógenas agudas; adestrar equipes especializadas e médicos generalistas no tratamento das intoxicações exógenas; estudar e difundir as condutas terapêuticas mais eficientes.*
- *Implementar a vigilância epidemiológica, objetivando dimensionar corretamente o problema, desenvolver estudos epidemiológicos e recomendar medidas preventivas, com a finalidade de minimizar a intensidade do problema.*
- *Implementar a vigilância sanitária, com o objetivo de fazer cumprir as normas e posturas governamentais que regulamentam a produção, a comercialização e o consumo de produtos potencialmente perigosos.*
- *Apresentar recomendações relacionadas com a prevenção de intoxicações exógenas, relacionadas com o licenciamento, a produção, a comercialização e o consumo de produtos potencialmente perigosos.*
- *Promover campanhas de educação sanitária com o objetivo de prevenir e minimizar as conseqüências das intoxicações exógenas.*

Comentário

Com o desenvolvimento da informática ficou cada vez mais fácil o acompanhamento dos quadros clínicos por teleprocessamento e o aconselhamento a distância sobre as condutas mais oportunas.

Samuel Schuvartzman e seu filho Cláudio vêm empenhando esforços para desenvolver bancos de dados contendo informações médicas, relacionadas com doses tóxicas, quadro clínico das intoxicações e condutas terapêuticas mais recomendadas, para os produtos potencialmente perigosos que podem provocar intoxicações exógenas.

O esforço destes renomados toxicologistas deve ser apoiado e divulgado.

TÍTULO VI

DESASTRES RELACIONADOS COM A CONTAMINAÇÃO DE SISTEMAS DE ÁGUA POTÁVEL

CODAR – HT.PCA/CODAR - 21.506

1. Caracterização

Sistemas de captação, tratamento, adução, distribuição e consumo de água potável são vulneráveis às contaminações acidentais ou intencionais, que podem ocorrer de forma súbita ou gradual, e colocar em risco a saúde e o bem-estar das populações abastecidas.

Os principais problemas estruturais relacionam-se com a/o:

- *pressão de consumo;*
- *captação e adução;*
- *tratamento;*
- *distribuição.*

a) Pressão de Consumo

O êxodo rural e acelerado crescimento das cidades estão contribuindo para aumentar o consumo de água potável nas aglomerações urbanas. Como as obras de captação, tratamento e adução de água têm prazos superiores a três anos para a sua conclusão, as projeções de crescimento do consumo devem ser consideradas, com grande prioridade.

De um modo geral, o brasileiro consome mais água que o europeu e o norte-americano. Na cultura brasileira, o ritual de asseio corporal tem ilações lúdicas e, para a grande maioria da população, o banho diário demorado e com o consumo abundante de água corrente é um hábito arraigado.

Certamente, estes hábitos relacionam-se com a ancestralidade indígena do povo brasileiro. Das quatro grandes nações indígenas, que se expandiram no território brasileiro, antes da época do descobrimento, três eram recém-chegadas ao continente Sul Americano e oriundas de regiões de clima frio, localizadas no Norte da Ásia.

Os Tupi-Guaranis, os Nu-Aruaques e os Caribes, ainda pouco adaptados ao clima quente, buscavam na proteção das florestas e nos freqüentes banhos de rios, o refrigério que necessitavam. Em conseqüência, a população brasileira, que assumiu traços culturais de sua ancestralidade Índia, incorporou o hábito

de banhar-se demoradamente em água corrente, o que contribui para aumentar o consumo per-capita de água.

O desperdício e os constantes vazamentos de água dos encanamentos, válvulas, torneiras e conexões também são fatores de crescimento do consumo.

b) Problemas de Captação e de Adução

Os problemas de captação e de adução da água cresceram de importância nas grandes cidades.

A maioria das grandes cidades desenvolveu-se a partir de entroncamentos de vias de transporte, facilitadoras das atividades comerciais. É normal que se construam estradas aproveitando os divisores de águas. Conseqüentemente, muitas cidades tendem a se consolidar, a partir de nós orográficos.

Os nós orográficos funcionam como dispersores de águas que fluem em sentido centrífugo. Por este motivo, é normal que as áreas de captação de novos recursos hídricos tendam a se distanciar dos centros de consumo.

O homem tardou a perceber que a água é um recurso natural finito de grande importância estratégica e, durante muitos séculos, atuou de forma predatória sobre os reservatórios e mananciais de água. Em conseqüência, as ações e omissões humanas contribuíram para deteriorar a qualidade da água disponível e para encarecer as atividades de tratamento da água captada.

O desenvolvimento industrial intensificou a contaminação dos recursos hídricos, em conseqüência dos efluentes tóxicos que contribuem para agravar o problema.

Da mesma forma, a chamada revolução verde contribuiu para incrementar o consumo de agrotóxicos e a contaminação dos mananciais.

As instabilidades climáticas, normais em países tropicais, obrigam que as projeções, relacionadas com as disponibilidades dos recursos hídricos, considerem as curvas anuais de precipitação e as variações das médias mínimas, por períodos de cinquenta anos.

Evidentemente, os problemas de preservação dos recursos hídricos, captação e adução tendem a se agravar nas regiões semi-áridas do Nordeste Brasileiro.

c) Problemas de Tratamento de Água

Normalmente, os problemas relacionados com a operacionalização das Estações de Tratamento de Água (ETA) ocorrem com maior freqüência nas

idades de pequeno porte e relacionam-se com vulnerabilidades culturais e tecnológicas.

Numerosas pequenas cidades do interior do Brasil receberam mini-sistemas de água potável que foram construídos e eram operacionalizados pela Fundação do Serviço Especial de Saúde Pública (FSESP). Infelizmente, as administrações municipais de muitas destas cidades não estavam preparadas culturalmente, para valorizar a grande importância do saneamento básico, para a saúde da população, e permitiram que estes sistemas se deteriorassem, por falta de manutenção.

Como as Estações de Tratamento de Água (ETA) são os pontos mais vulneráveis do sistema, numerosas localidades passaram a distribuir água não tratada.

Nestas condições, a água que já era contaminada, antes mesmo do momento da captação, é distribuída para a população em condições indesejáveis.

d) Problemas de Distribuição

A poluição do lençol freático, da quase totalidade das cidades brasileiras, é intensificada pela grande proporção de unidades residenciais, que utilizam fossas sépticas, nem sempre bem construídas, por não estarem ligadas às redes de esgotos sanitários.

Como não existem redes de distribuição absolutamente estanques, os riscos de contágio da água encanada, pela água existente no lençol freático, estão sempre presentes e tendem a crescer com a manutenção deficiente das redes de distribuição.

No entanto, para que a água do freático adentre no encanamento danificado, é necessário que a pressão hidrostática do freático supere a da rede de distribuição, provocando uma inversão do gradiente de pressões. Essa situação ocorre nas freqüentes interrupções do fluxo de água potável, nos sistemas deficitários.

Quando o surto é circunscrito a um pequeno foco, é necessário considerar que a contaminação da água tenha ocorrido no nível das cisternas e das caixas d'água.

As cisternas e caixas d'água devem ser muito bem vedadas, para funcionarem como reservatórios estanques, devem ser inspecionadas a intervalos regulares e, quando se tornar necessário devem ser muito bem limpas e desinfetadas.

2. Causas

A água da chuva, ao cair, é quase pura. Ao atingir o solo, seu grande poder de dissolver e carrear substâncias altera suas qualidades. A água é também chamada de solvente universal, em função desta capacidade.

Dentre o material dissolvido encontram-se várias substâncias e compostos, como:

- *substâncias calcárias e magnesianas, que tornam a água dura;*
- *substâncias ferruginosas, que mudam a cor e as características da água;*
- *substâncias e produtos resultantes das atividades humanas, como efluentes e resíduos industriais, agrotóxicos e outros produtos químicos que a tornam imprópria para o consumo;*
- *resíduos sólidos e produtos resultantes da mineração, inclusive metais pesados, como o mercúrio e o arsênico.*

A água também pode carrear em suspensão materiais como:

- *partículas finas do terreno, responsáveis pela turbidez da mesma;*
- *substâncias laminadas, como as algas, que modificam seu cheiro e sabor;*
- *organismos patogênicos transmitidos pelo homem, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos causadores das chamadas doenças de contaminação fecal.*

Em conseqüência de sua grande atividade solubilizadora, a água quimicamente pura não existe na natureza.

Conceituação Relacionada com a Água

Água Potável

Água própria para o consumo humano, por suas qualidades físicas, químicas, biológicas e organolépticas, como odor e sabor. A água potável não contém germes patogênicos, produtos e substâncias químicas além dos limites de segurança e apresenta aspecto agradável.

Água Doce

Água que não é nem salgada nem amarga e cuja composição química a torna apropriada para o consumo, pelo baixo teor de matéria sólida dissolvida.

Água Dura

Água que contém em solução substâncias calcárias e magnesianas em quantidades elevadas. As águas mais duras consomem mais sabão e são impróprias para fins industriais, por se incrustarem nas caldeiras e por produzirem explosões.

Água Poluída

Água considerada imprópria para o consumo humano e para abrigar formas mais exigentes de vida.

Água Salobra

Água ligeiramente salinizada com teores de sais maiores que os da água doce e menores que os da água do mar.

Água Suspeita

Água potencialmente poluída e contaminada, até que se prove o contrário.

Água Tratada

Água que foi submetida a um processo de tratamento, com a finalidade de torná-la segura e própria para o consumo. As águas seguras são aquelas que atendem aos padrões mínimos de segurança.

Água Fervida

Água que foi submetida à fervura (100°C) durante um prazo mínimo de 5 (cinco) minutos e que não tem germes patogênicos em solução.

3. Ocorrência

Desastres relacionados com o consumo de águas poluídas e contaminadas ocorrem com maior intensidade e frequência nos países menos desenvolvidos.

Os riscos relacionados com o consumo de águas contaminadas e poluídas tendem a se intensificar por ocasião de desastres naturais, como secas e inundações.

Ao contrário, o desenvolvimento sociocultural das comunidades, ao intensificar o senso de percepção de risco e o nível de exigência relacionado

com o nível de risco aceitável pela sociedade, contribui para que os riscos de contaminação e poluição da água sejam minimizados. Os sistemas de saúde contribuem para a redução do problema, por meio dos Subsistemas de Vigilância Epidemiológica e de Vigilância Sanitária.

4. Principais Efeitos Adversos

Sob o aspecto sanitário, o abastecimento de água potável tem por objetivos fundamentais:

- controlar e prevenir doenças e outros agravos à saúde;
- reduzir os riscos de intoxicações por produtos perigosos dissolvidos nas águas poluídas;
- implementar hábitos higiênicos, relacionados com o banho diário, a lavagem das mãos e a limpeza de utensílios;
- facilitar as atividades de limpeza urbana;
- propiciar conforto e bem-estar e preservar a saúde;
- facilitar as práticas esportivas e o lazer.

O bom funcionamento do sistema de abastecimento de água potável contribui para reduzir em mais de 50% a mortalidade infantil relacionada com gastroenterites.

Sob o aspecto socioeconômico, o abastecimento de água potável, em condições seguras, contribui para:

- aumentar a expectativa de vida média, pela redução dos índices de mortalidade geral e infantil;
- aumentar a capacidade produtiva dos indivíduos, em função do crescimento da expectativa de vida e pela redução dos dias de trabalho perdidos, em consequência de doenças veiculadas pela água;
- facilitar a instalação de indústrias, incrementar o turismo e aquecer a economia e o desenvolvimento das pequenas cidades;
- facilitar as atividades de combate aos incêndios.

Os riscos para a saúde, relacionados com a água, são os seguintes:

- riscos relacionados com a ingestão da água contaminada por agentes biológicos, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos;
- riscos relacionados com a penetração de helmintos que vivem na água, através da pele, como o *Schistosoma Mansonii*;
- enfermidades transmitidas por vetores cujo ciclo biológico, na fase

larvar, ocorre na água, como a Malária (transmitida por mosquitos do gênero Anopheles) e a Febre Amarela (transmitida por mosquitos do gênero Aedes);

- riscos derivados de poluentes químicos e radioativos, geralmente carregados para a água por efluentes e esgotos industriais e por pesticidas de uso agrícola;*
- riscos derivados de produtos perigosos, como o mercúrio, utilizados nas atividades de garimpagem.*

Dentre as doenças veiculadas pela água contaminada, há que destacar: a cólera, a disenteria bacilar, a amebíase, as febres tifóide e paratífóide, a poliomielite, a hepatite A, a leptospirose, as gastroenterites provocadas por salmonelas, shigelas e outros germes patógenos.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A vigilância epidemiológica permite caracterizar o surgimento de um surto epidêmico de doenças veiculadas pela água.

A partir da constatação do surto, a investigação epidemiológica minuciosa permite definir as principais causas do problema, assim como os reservatórios de agentes infecciosos, os hospedeiros, as fontes de infecção e os mecanismos de transmissão.

O controle de qualidade da água é da competência dos órgãos de vigilância sanitária, enquanto que os poluentes químicos e radioativos são controlados pela vigilância ambiental.

Padrão de Potabilidade

A água própria para o consumo humano deve obedecer determinados padrões de ordem organoléptica, física, química e biológica.

A água deve ter bom aspecto, odor e sabor agradáveis e deve ser clara, límpida e cristalina.

Do ponto de vista químico, deve ser rejeitada a água que tenha concentrações superiores a: 0,001 mg/l de compostos fenólicos, 0,01 mg/l de selênio, 0,05 mg/l de cromo, 0,10 mg/l de chumbo e/ou de arsênico, 0,50 mg/l de manganês, 1,0 mg/l de ferro e/ou de cobre, 1,7 mg/l de flúor, 15 mg/l de zinco, 250 mg/l de sulfatos, 500 mg/l de cloretos, 1.000 mg/l de sólidos totais.

O pH, medido na água com 25°C, deve ser superior a 7 e inferior a 10,6. A alcalinidade deve ser inferior a 120 meq/l.

Produtos como nitrogênio amoniacal indicam que a água foi poluída recentemente com matéria orgânica, enquanto que os nitritos e nitratos indicam que a poluição ocorreu há mais tempo. Quantidades ponderáveis de matéria orgânica, diluídas ou suspensas na água, aumentam o consumo de oxigênio. Águas intensamente poluídas e com baixos teores de oxigênio inviabilizam o desenvolvimento de formas de vida mais exigentes, como os peixes.

Características Biológicas

A água normalmente é habitada por numerosos microorganismos de vida livre, que se desenvolvem e sobrevivem em meio aquoso. Os organismos patogênicos (causadores de doenças), ao contrário, são adaptados às condições físico-químicas dos organismos dos hospedeiros e sobrevivem por pouco tempo na água, que não é o seu ambiente natural.

Por este motivo, os microorganismos patogênicos, veiculados pela água, somente sobrevivem por prazos curtos fora de seus ambientes naturais.

Normalmente, as águas são contaminadas por microorganismos que são eliminados juntamente com as fezes humanas.

As bactérias do grupo coliforme fecal são habitantes normais do intestino humano, sendo eliminadas na proporção de 300 (trezentos) milhões de microorganismos, por grama de fezes. Por consequência, são utilizados como índices de contaminação fecal.

*O padrão de potabilidade, estabelecido pelo Ministério da Saúde, fixa o máximo de uma colônia de *coli* desenvolvida a partir de 100 milímetros de água considerada potável. Admitem-se amostras ocasionais, com até 4 colônias por 100 milímetros, desde que este número não ocorra em mais de 10% das amostras examinadas.*

Em certas condições, concentrações aumentadas de cloretos são consideradas como indícios de contaminação fecal, porque estes sais são abundantes nas fezes do homem e dos animais.

6. Medidas Preventivas

Inicialmente, há que incrementar o desenvolvimento dos Sistemas de Vigilância Epidemiológica, Sanitária e Ambiental, em todo o território nacional, assim como as ações de longo prazo objetivando dinamizar e otimizar o funcionamento dos órgãos responsáveis pelo abastecimento de água potável.

Compete aos órgãos responsáveis pela divulgação da educação sanitária promover a necessária mudança cultural, para que as comunidades locais passem

a valorizar as atividades de saneamento básico e, em especial, as relacionadas com o abastecimento da água potável, como os recursos mais eficientes para a promoção e a proteção da saúde.

Quando os serviços de abastecimento público de água forem danificados, em circunstâncias de desastres, a primeira prioridade é colocá-los novamente em condições de uso, no mais curto prazo possível. Para tanto, é necessário que as equipes de manutenção sejam muito bem adestradas.

Algumas vezes é necessário utilizar equipamentos portáteis, em caráter provisório, enquanto se providencia a recuperação dos sistemas de abastecimento. As Unidades de Engenharia do Exército são equipadas com aparelhagem portátil de filtração sob pressão e de cloração da água e tem todas as condições para apoiar os órgãos locais de Defesa Civil, quando solicitado.

Em circunstâncias de desastre, a pressão da água nos encanamentos e a concentração do cloro na água tratada devem ser aumentadas, com a finalidade de reduzir os riscos de contaminações.

Em circunstâncias de seca, pode haver necessidade de coletar água em pontos de suprimento de água – PSupAgu distantes e transportá-la em viaturas cisternas até os depósitos locais, onde a água é distribuída para a população. Estes tanques podem ser construídos muito rapidamente utilizando-se lonas ou plásticos impermeabilizados.

Os pontos de suprimento de água PSupAgu devem fornecer água de boa qualidade e a água pode e deve ser desinfetada, durante o transporte. Um método fácil de desinfecção é diluir o conteúdo de uma garrafa de água sanitária, por viatura cisterna de 10 metros cúbicos de água.

TÍTULO VII DESASTRES RELACIONADOS COM SUBSTÂNCIAS E EQUIPAMENTOS DE USO NA MEDICINA

CODAR – HT.PRM/CODAR - 21.507

1. Caracterização

Antecedentes Históricos

Em 1902, Henri Becquerel pediu emprestado a Pierre Curie uma pequena amostra de Rádio, substância química recém-descoberta e isolada pelo casal Curie, com o objetivo de fazer demonstrações de seus efeitos físico-químicos, para seus alunos, e guardou o tubo contendo o elemento químico, no bolso interno de seu sobretudo, durante algumas poucas horas.

Dias depois apareceu uma ferida, caracterizada por apresentar intensa reação inflamatória e aspecto de uma queimadura, na pele da região torácica adjacente. Seguiu-se uma intensa descamação que atingiu a derme, e a ferida tratada como se fosse queimadura cicatrizou em três meses.

Informado a respeito do incidente, Pierre Curie repetiu a experiência de Henri Becquerel, com idênticos resultados, produzindo em si mesmo uma queimadura seguida de descamação das camadas superficiais da pele.

Em 1934, Marie Curie, esposa e continuadora de Pierre Curie faleceu de leucemia, que muito provavelmente foi induzida por suas constantes exposições às radiações, durante numerosas experiências realizadas com o novo elemento químico, identificado pelo casal Curie.

Efeitos das Radiações Ionizantes

A partir da primeira década do século XX, pesquisadores da área médica passaram a estudar os efeitos das radiações ionizantes sobre as células orgânicas de tecidos vivos, observando que seus efeitos destrutivos eram mais intensos, quando atuavam em células em rápido processo de divisão, como as células:

- *da derme, que é a camada basal da pele;*
- *dos tecidos hematopoiéticos, que são os tecidos formadores dos glóbulos vermelhos e brancos do sangue;*
- *dos tumores cancerosos, em geral.*

Com o passar dos anos, os pesquisadores concluíram que as radiações ionizantes poderiam e deveriam ser usadas em medicina, mas que, por envolverem

sérios riscos de provocarem danos às pessoas tratadas, deveriam ser utilizadas sob estritas regras de controle e de segurança.

Nos dias atuais, substâncias radioativas e equipamentos geradores de radiações magnéticas e de partículas radioativas são utilizados em medicina, em atividades de:

- *Radiodiagnóstico*
- *Radioterapia*
- *Medicina Nuclear*

a) Atividades de Radiodiagnóstico

O radiodiagnóstico foi desenvolvido, a partir de experiências do físico alemão Wilhelm Konrad Roentzen (1845-1923), descobridor do raios-x.

O bombardeio dos organismos humanos e de animais com raios-x, permitiu verificar que parte destas radiações magnéticas eram retidas pelos tecidos, e que esta captação era diretamente proporcional à densidade dos tecidos e órgãos atravessados por estas radiações.

A impressão de chapas fotográficas, com os raios-x que ultrapassavam os tecidos orgânicos, permitiu o desenvolvimento do diagnóstico por imagens radiológicas, que promoveu um considerável avanço na Medicina.

As diferenças de impressão, que permitiram o estudo das imagens radiológicas, baseiam-se na constatação de que, quanto menos denso for o meio, maior será a quantidade de raios-x que o atravessam e queimam as chapas fotográficas. Nestas condições, os tecidos ósseos, por serem mais densos, produzem imagens mais claras, enquanto que os alvéolos pulmonares, cheios de ar, produzem imagens mais escuras.

Com o desenvolvimento tecnológico, as técnicas de análise digital e de intensificação de imagens, por meio de computadores, contribuíram para aumentar a precisão dos diagnósticos radiológicos e para reduzir as doses de radiações ionizantes, utilizadas no processo.

b) Atividades de Radioterapia

A constatação de que as radiações ionizantes, especialmente as radiações gama, apresentavam uma reação destrutiva muito intensa sobre as células dos tumores cancerosos permitiu o desenvolvimento da radioterapia.

Numa primeira fase, apenas o próprio Rádio foi utilizado em medicina, como fonte de radiações ionizantes. Com o crescente desenvolvimento

tecnológico, surgiram os isótopos de alta intensidade radioativa e de meia-vida muito prolongada, como o Césio 137 e o Cobalto 60, que passaram a ser empregados em radioterapia.

As bombas de cobalto são constituídas por cápsulas deste radioisótopo, com aproximadamente 1000 (mil) curies de intensidade, as quais são contidas em esferas blindadas, revestidas por aproximadamente uma tonelada de chumbo.

As radiações ionizantes são direcionadas para o exterior da cápsula, através de um orifício, que pode ser bloqueado por um obturador automático, durante os períodos em que não está em operação.

A bomba de cobalto é instalada numa casamata com espessas paredes de concreto baritado, protegidas internamente por chapas de chumbo metálico.

O controle operacional do funcionamento da bomba de cobalto, por meio da abertura do obturador automático e do direcionamento do feixe de radiações é telecomandado, a partir de uma cabine de comando, construída nas proximidades da casamata, por médicos especializados em radioterapia e físicos nucleares especializados em engenharia biomédica e radioterapia.

O paciente é protegido por um avental de chumbo, com aberturas apenas nos locais que serão irradiados.

Na cabine de telecomando, protegida por vidro blindado, equipamentos de monitorização controlam a dose diária recebida pelo paciente e a somação das doses diárias, durante toda a etapa de tratamento.

Modernamente, as bombas de cobalto estão sendo substituídas por aceleradores lineares, que apresentam a imensa vantagem de só emitirem radiações magnéticas ionizantes, quando energizados. Estes aparelhos, por não necessitarem de cápsulas de radioisótopos de meia-vida prolongada, não apresentam riscos relacionados com a produção de “lixo atômico”.

c) Atividades de Medicina Nuclear

A chamada medicina nuclear é uma especialidade médica de desenvolvimento bastante recente, que utiliza radioisótopos de baixa intensidade e de meia-vida muito curta para fins de diagnóstico.

Estes radioisótopos são previamente combinados com substâncias orgânicas específicas que, quando introduzidas no organismo, apresentam um tropismo especial por determinados tecidos.

Estes radioisótopos, quando introduzidos no organismo, funcionam como traçadores biológicos, cujas radiações são captadas e mapeadas por aparelhos eletrônicos denominados cintilógrafos e, mais recentemente, gama-câmaras.

Sem nenhuma dúvida, as atividades de medicina nuclear permitiram um considerável avanço nas técnicas de diagnóstico por imagem, contribuindo para aumentar a precocidade e a precisão dos diagnósticos.

A medicina nuclear também permitiu o desenvolvimento de técnicas laboratoriais de rádio-imuno-ensaio, que facilitaram a identificação e a dosagem de substâncias, a partir da análise de porções infinitesimais da mesma. Estas técnicas permitiram uma maior precisão na dosagem de hormônios, o que facilitou o avanço dos diagnósticos endocrinológicos.

O Brasil já domina, em sua totalidade, o ciclo de produção de radioisótopos utilizados em medicina nuclear, e isto permitiu um considerável avanço nas técnicas de diagnóstico por imagem e nos laboratórios de radio-imuno-ensaio.

2. Causas

A imensa maioria dos desastres e acidentes provocados por substâncias e equipamentos radioativos de uso em medicina relacionam-se com erros humanos e com o descumprimento de normas de segurança estabelecidas.

Para reduzir a intensidade e a freqüência destes desastres, os hospitais dotados destes equipamentos e que utilizam radioisótopos devem contratar e integrar em suas equipes técnicas físicos nucleares, com pós-graduação em engenharia biomédica e em técnicas relacionadas com dosimetria de radiações iônicas e com o uso seguro da aparelhagem.

No Brasil, infelizmente existem poucos físicos nucleares suficientemente preparados, para se integrarem nas equipes técnicas e cumprirem suas funções específicas nos hospitais. Nestas condições, os físicos nucleares contratados pelos hospitais, em cumprimento de normas emanadas pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, são muito pouco úteis, para aumentar o nível de segurança dos hospitais relacionados com o uso de compostos e equipamentos ionizantes.

De um modo geral, a principal inimiga das normas de segurança é a rotinização destas atividades. Por este motivo, os hospitais devem estabelecer comissões de vigilância das atividades com riscos radioativos, com a responsabilidade de verificar o fiel cumprimento das normas de segurança estabelecidas e determinar a reciclagem de técnicos que foram surpreendidos violando estas normas de segurança.

A concentração dos departamentos de diagnóstico por imagem e de radioterapia em áreas restritas do hospital facilita o controle das medidas de segurança.

Por outro lado, a dispersão dos equipamentos e uma má formação do pessoal técnico, no que diz respeito às normas de segurança contribui para aumentar os riscos de acidentes e desastres.

Deve haver uma grande preocupação com a precisão das indicações relacionadas com o radiodiagnóstico e com a radioterapia, para evitar que os pacientes recebam doses de radiações ionizantes acima de suas reais necessidades.

Como as radiações ionizantes podem provocar alterações nos cromossomos e, conseqüentemente, apresentar efeitos teratogênicos relacionados com a herança genética e como podem ser causa de enfermidades congênitas, radiografar ou submeter gestantes a tratamentos radioterápicos é absolutamente contra-indicado.

3. Ocorrência

Os desastres e acidentes, relacionados com substâncias e equipamentos radioativos de uso em medicina, ocorrem com muito maior freqüência do que os relacionados com substâncias e equipamentos radioativos de uso em pesquisas, indústrias e usinas atomoelétricas.

Como a aplicação destes equipamentos e substâncias radioativas na área médica é muito mais difundida, os riscos de desastres e de acidentes são muito mais freqüentes.

Evidentemente, os níveis de intensidade destes desastres costumam ser menores que os das áreas industrial, de pesquisas e de usinas termoelétricas.

No Brasil, o desastre radiológico de maiores proporções ocorreu na cidade de Goiânia e foi causado pela abertura de uma cápsula de Césio – 137, por pessoas desavisadas e analfabetas e que não tinham um mínimo de informações sobre riscos radioativos.

Como conseqüência deste desastre, 249 pessoas foram consideradas como expostas às radiações. Destas 249 pessoas, 120 foram descontaminadas e liberadas. Das 129 pessoas expostas mais intensamente, 79 receberam radiações externas e foram acompanhadas ambulatorialmente.

Das 50 pessoas que se contaminaram internamente, 30 foram semi-isoladas e 20 foram hospitalizadas. Destas, 6 foram consideradas casos leves e permaneceram internadas em Goiânia e 14 foram tratadas em Unidade Especializada, no Rio de Janeiro.

Destas 14, 4 faleceram e 10 sobreviveram e continuam sendo acompanhadas, em regime de ambulatório.

No entanto, os chamados acidentes menores, relacionados com superdosagens de irradiações, ocorrem de forma insidiosa e com maior frequência, em consequência do não cumprimento dos preceitos de segurança e de erros humanos.

É bom recordar que Madame Curie, que descobriu com seu marido, Pierre Curie, o Rádio e as Radiações Ionizantes, acabou morrendo de leucemia, como uma consequência tardia de freqüentes radiações que atingiram seu organismo, durante suas experiências.

4. Principais Efeitos Adversos

Estudo das Partículas e Radiações

Existem quatro tipos principais de partículas e radiações magnéticas, relacionadas com emissões radioativas:

- partículas alfa;
- partículas beta;
- radiações gama;
- raios x.

a) Estudo Sumário das Partículas Alfa

Esta partícula de carga positiva, emitida por certos materiais radioativos, é constituída por dois prótons e dois nêutrons interligados e corresponde ao núcleo do elemento químico Hélio.

Dentre todas as partículas e radiações emitidas por materiais radioativos, as partículas alfa são as menos penetrantes, podendo ser bloqueadas por um pano fino ou por uma folha de papel.

Por este motivo, as partículas alfa não representam riscos importantes para homens, animais e plantas, a não ser quando as fontes emissoras destas partículas são absorvidas pelo meio interno dos organismos dos seres vivos.

b) Estudo Sumário das Partículas Beta

Estas partículas são emitidas por átomos instáveis, durante o seu decaimento radioativo. As partículas beta são dotadas de uma carga elétrica unitária, cuja massa corresponde a 1/1837 (um mil e oitocentos e trinta e sete avos) da massa de um próton.

As partículas beta, quando carregadas positivamente, correspondem a um pósitron e, quando carregadas negativamente, correspondem a um raio catódico ou elétron, que orbitam em torno dos núcleos atômicos.

A transformação de um nêutron em um próton ocorre após a emissão de um par de partículas subatômicas, constituídas por um elétron e um neutrino.

As partículas beta, embora mais penetrantes que as radiações alfa, são bloqueadas por uma folha de metal pouco espessa e, atuando externamente, podem causar queimaduras na pele irradiada, como ocorreu com Becquerel e Pierre Curie.

Quando absorvidos pelo meio interno, os produtos emissores de partículas beta são prejudiciais ao organismo.

c) Estudo Sumário das Radiações Gama

As radiações gama são radiações eletromagnéticas, com muito grande quantidade de energia e muito pequeno comprimento de onda, que corresponde a um décimo bilionésimo de milímetro, caracterizando uma das menores medidas do universo mensurável.

As radiações gama freqüentemente acompanham as emissões de partículas alfa e beta e estão presentes nas cadeias de fissões atômicas.

De origem nuclear, as radiações gama são semelhantes aos raios x, embora com maior capacidade energética.

Os raios gama são muito penetrantes e só podem ser detidos e bloqueados por chapas de chumbo bastante espessas.

É importante ressaltar que a grande maioria dos efeitos nocivos das radiações ionizantes são causadas pelas radiações gama.

d) Estudo Sumário dos Raios X

Os raios x correspondem a formas extremamente penetrantes de energia eletromagnética e são emitidos quando:

- Os elétrons orbitais de um átomo excitado retornam a seu estado normal, constituindo o chamado “efeito spin”.*
- Um alvo metálico é bombardeado por feixes de elétrons de alta velocidade, liberando raios x provocados por radiações de frenagem, caracterizando o chamado efeito Bremsstrahlings.*

Efeitos Adversos das Radiações Ionizantes

Ao atuarem sobre os tecidos orgânicos, as radiações ionizantes tendem a destruir, com maior intensidade, as células que se encontram em processo rápido de divisão, como as células da derme, dos tecidos hematopoiéticos e dos tumores cancerosos.

A ação sobre as células da derme provoca lesões semelhantes às queimaduras, conforme ocorreu com Becquerel, em 1902.

A ação sobre os órgãos hematopoiéticos provoca a redução dos:

- glóbulos vermelhos, causando anemias aplásticas secundárias e reduzindo a capacidade de oxigenação do organismo;*
- glóbulos brancos e demais células do sistema reticuloendotelial, que pertencem ao sistema de defesa do organismo, causando imunodepressão secundária e reduzindo as defesas orgânicas contra infecções.*

As radiações ionizantes causam efeitos adversos sobre os tecidos fetais, que se encontram em fase de rápida multiplicação, podendo ser causa de enfermidades congênitas.

No caso de intensas radiações por partículas beta e radiações gama, a grande destruição de células da derme provoca quadros clínicos bastante semelhantes aos dos queimados graves, com necrose da pele e grave quadro toxêmico, provocado pela absorção de proteínas desnaturadas. Numa segunda fase, o quadro é complicado por graves infecções secundárias e septicemia, causadas pela redução da resistência imunológica do organismo, resultante da destruição dos leucócitos.

As células das glândulas endócrinas, especialmente da tireóide, também são muito sensíveis aos efeitos das radiações, provocando quadros de hipotireoidismo, com a evolução dos quadros clínicos.

Os grandes desastres atômicos, como o de Chernobil, são seguidos por um aumento significativo dos tumores malignos na população afetada.

É bom não esquecer que Marie Curie acabou falecendo de leucemia crônica, em consequência das radiações que recebeu durante suas experiências.

As radiações ionizantes, ao atuarem sobre os cromossomos das células reprodutivas podem alterar o código genético e, em consequência, produzir alterações teratogênicas, com geração de “monstros”, normalmente inviáveis, que morrem momentos depois do nascimento.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A manipulação de materiais radioativos exige uma série de medidas de segurança, que devem ser mais complexas e eficientes, quando os riscos inerentes dos contatos com substâncias radioionizantes forem mais freqüentes e intensificados.

A intensidade das radiações é medida em curies. Um Curie corresponde à ação de uma fonte radioativa que sofre, a cada segundo, o mesmo número de desintegrações, que uma grama de Rádio. Nestas condições, um Curie corresponde a $3,70 \times 10^{10}$ ou 37 bilhões de desintegrações por segundo.

A duração do efeito radioativo de uma determinada substância é medida em período de meia-vida, que corresponde ao período de tempo necessário para que metade de seus núcleos se desintegrem. O período de meia-vida independe de condições exteriores e varia em função das características intrínsecas do elemento irradiante, entre milionésimo de segundo, milhões de bilhões de anos.

Dosagem das Radiações

Dose Radiológica Total

É a quantidade total de radiações ionizantes ou de energia absorvida por um indivíduo ou por qualquer corpo ou sistema receptor, quando exposto à ação de uma fonte de radiação ionizante.

Dose de Tolerância

É a quantidade de radiação que pode ser recebida por um indivíduo ou por um corpo receptor, durante um determinado período de tempo, com resultados desprezíveis.

Dose Máxima Permissível

Dose de radiação prescrita e estabelecida como o limite de radiação acumulativa, que um determinado indivíduo pode receber durante um período estabelecido.

Dose Letal Média ou Dose Letal 50

Magnitude de exposição a fontes radioativas ou a substâncias tóxicas que, num tempo estabelecido, provoca a morte de 50% da população vulnerável exposta.

As doses de radiações, tanto dos pacientes expostos a radiações, para fins diagnósticos e terapêuticos, como do pessoal que atua nos serviços de radioterapia, radiodiagnóstico e medicina nuclear, devem ser cuidadosamente medidas, registradas e cadastradas.

6. Medidas Preventivas

Nas condições tecnológicas atuais, é absolutamente impensável que, em função de riscos que podem ser controlados e minimizados, se pense em abrir mão das técnicas de radiodiagnóstico, radioterapia, medicina nuclear e de rádio-imuno-ensaio. Ao contrário, é previsível que estes métodos de diagnóstico e de terapia sejam cada vez mais utilizados, com o desenvolvimento da medicina.

Ao se planejar a instalação de um centro hospitalar, as Divisões de Radioterapia e de Diagnóstico pela Imagem devem receber atenção especial, no que diz respeito ao planejamento de segurança contra os riscos de radiações.

Dentre as medidas estruturais, crescem de importância as medidas de isolamento das fontes de radiação, sendo prevista, inclusive, a construção de casamatas nas áreas onde a intensidade das radiações é muito elevada. Nestas condições, é muito importante que se construam paredes mais espessas de concreto baritado e protegidas por lâminas de chumbo e com visores de vidro blindado.

Em todos os gabinetes de radiologia devem ser previstos biombos com lâminas de chumbo, para facilitar a proteção dos operadores destes equipamentos.

Por outro lado, as doses de raios x e de outras radiações devem ser reduzidas ao estritamente necessário, o que pode ser conseguido com modernas técnicas de:

- intensificação de imagens;*
- análise digital;*
- simulação da terapêutica.*

Todas estas tecnologias só se tornaram possíveis com a integração desses equipamentos com sistemas computadorizados. Na atualidade, as técnicas de análise digital e de intensificação de imagem permitiram uma maior nitidez das imagens e uma intensa redução das doses de radiações, melhorando a precisão dos diagnósticos e aumentando a segurança radioativa.

O uso de aparelhos simuladores de radiações está permitindo que os médicos radioterapeutas e os físicos nucleares consigam o máximo de precisão na irradiação dos tumores malignos, provocando um mínimo de danos para os tecidos subjacentes.

Dentre as Medidas Não-Estruturais, as mais importantes dizem respeito à padronização das normais gerais de ação que regulamentam e estabelecem, em detalhe, os procedimentos de segurança.

Evidentemente, as atividades de vigilância sanitária e de reciclagem dos operadores de equipamentos radiológicos, de medicina nuclear e de radioterapia contribuem para aumentar os padrões de segurança.

O imenso crescimento da gama de opções técnicas, relacionado com as metodologias de diagnóstico pela imagem, exigem uma maior comunicação interativa, entre a Divisão de Diagnóstico pela Imagem e os Serviços Clínicos usuários da mesma, sobre quais os métodos de diagnósticos mais eficientes em cada caso específico. Evidentemente, uma maior precisão nas indicações de exames auxiliares do diagnóstico, permite uma drástica redução de cargas de radiações desnecessárias.

O desenvolvimento de uma nova profissão de formação universitária, constituída pelos técnicos operacionais de Radiodiagnóstico, Radioterapia e Medicina Nuclear permitirá uma evolução das atividades operacionais e de segurança destes serviços ao formar profissionais altamente capacitados, para somar esforços com médicos e físicos nucleares, no que diz respeito à operacionalização dos serviços e à padronização de medidas de segurança.

Deve haver uma preocupação muito grande com o lixo atômico gerado nos hospitais. Nestas condições, a utilização de radioisótopos de meia-vida bastante curta no Serviço de Medicina Nuclear é uma medida de absoluta prudência. A utilização de radioisótopos de meia-vida bastante curta, além de reduzirem as doses radiológicas totais a que são submetidos os pacientes em processo de diagnóstico, contribuem para reduzir o tempo de desativação do lixo atômico produzido por este serviço.

A utilização de radioisótopos de meia-vida curta exige um muito bom planejamento da marcação de consultas e de exames, em função da disponibilização dos mesmos.

No que diz respeito à radioterapia, há uma tendência de carácter mundial para substituir as bombas de cobalto pelos aceleradores lineares que, como já foi especificado, apresentam a imensa vantagem de só emitirem radiações ionizantes quando energizados. Estes aparelhos, por não dependerem de radioisótopos de meia-vida longa, como o céσιο e o cobalto, não apresentam riscos relacionados com a produção de lixo atômico.

TÍTULO VIII
DESASTRES RELACIONADOS COM SUBSTÂNCIAS E EQUIPAMENTOS
RADIOATIVOS DE USO EM PESQUISAS, INDÚSTRIAS
E USINAS ATOMOELÉTRICAS

CODAR – HT.PAE/CODAR - 21.508

1. Caracterização

a) Conceitos Relacionados com Radioatividade

Radioatividade

A radioatividade pode ser natural, induzida ou artificial e é produzida pela desintegração de núcleos atômicos instáveis; caracteriza-se pela emissão de partículas subatômicas e radiações eletromagnéticas.

Radioatividade Natural

É a radioatividade que ocorre espontaneamente na natureza e se relaciona com elementos radioativos naturais, como o urânio e o tório, os quais se caracterizam por apresentarem elevados números e pesos atômicos.

Radioatividade Induzida

É a radioatividade que é produzida quando determinadas substâncias entram em contato com elementos radioativos naturais e, depois de serem submetidas a um bombardeio de partículas subatômicas e radiações eletromagnéticas, emitidas pelos mesmos, transformam-se em radioisótopos artificiais, que passam a se comportar como elementos radioativos naturais.

Radioatividade Artificial

É a radioatividade produzida no interior de aparelhos denominados de ciclotrons, que permitem a transformação de determinados elementos em radioisótopos artificiais, após serem submetidos ao bombardeio de radiações eletromagnéticas e partículas subatômicas elementares, geradas e aceleradas artificialmente.

Radioisótopos

São elementos químicos de núcleos instáveis, que são produzidos artificialmente no interior de reatores nucleares ou pilhas atômicas, como consequência do bombardeio de determinadas substâncias, por partículas subatômicas e radiações eletromagnéticas, por meio de métodos de radiação induzida ou artificial.

Como consequência destes bombardeios, os radioisótopos assumem as características de elementos instáveis e também passam a emitir radiações eletromagnéticas e partículas subatômicas.

Dentre os radioisótopos produzidos artificialmente, destacam-se os seguintes:

- *Cobalto 60*
- *Césio 137*
- *Fósforo 32*
- *Iodo 131*
- *Ouro 198*

Famílias Radioativas Naturais

Na natureza foram identificadas quatro grandes famílias radioativas:

A Família do Rádío

Esta família inicia-se com o Urânio 238 e, mediante processo de degradações sucessivas, gera vários elementos radioativos, com destaque para o rádío, e se estabiliza com o aparecimento do chumbo 206.

A Família do Actínio

Esta família inicia-se com o Urânio 235 e, mediante processo de degradações sucessivas, gera vários elementos radioativos, com destaque para o actínio, e se estabiliza com o aparecimento do chumbo 207.

A Família do Tório

Esta família inicia-se com o Urânio 233 e, mediante processo de degradações sucessivas, gera vários elementos radioativos, com destaque para o Tório 232, e se estabiliza com o aparecimento do chumbo 208.

A Família do Netúnio

Esta família inicia-se com o Netúnio 237 e, mediante processo de degradações sucessivas, se estabiliza com o aparecimento do bismuto 209.

Elementos Radioativos Intermediários

Durante os processos de reações nucleares de desintegração, formam-se elementos radioativos intermediários, de duração extremamente fugaz, e que, por esse motivo, são muito difíceis de serem identificados na natureza.

b) Estudo Sumário das Partículas Subatômicas das Radiações Eletromagnéticas

Partículas Alfa

Correspondem a um núcleo de hélio e são constituídas por dois nêutrons e dois prótons. A emissão de uma partícula alfa reduz duas unidades da carga eletromagnética do núcleo emissor e libera no ambiente quatro partículas subatômicas, que podem se dissociar e que passam a se comportar como partículas independentes.

Nêutron

É uma partícula elemental neutra ou sem carga elétrica, que ocorre no interior de todos os átomos, com exceção do hidrogênio leve. Os nêutrons, ao interagirem com outros núcleos, podem ser capturados e promover uma nova fissão nuclear. Por sua vez, um nêutron pode se transformar num próton, após emitir duas partículas subatômicas secundárias, constituídas por um elétron e um neutrino. Os nêutrons são classificados em rápidos e térmicos:

- *Os nêutrons rápidos são dotados de alta energia; são produzidos nas reações de fissão e se deslocam na velocidade de 16.000 km/s. Estas partículas são as principais responsáveis pelos efeitos biológicos das reações atômicas (bombas de nêutrons) e mantêm as reações em cadeia nos reatores rápidos.*
- *Os nêutrons térmicos são mais lentos, deslocando-se numa velocidade de 1,6 km/s e são os principais responsáveis pelas reações de fissão nos reatores térmicos. Os nêutrons rápidos são convertidos em nêutrons térmicos com o auxílio dos “moderadores” das reações em cadeia.*

Partículas Beta

São unidades de carga elétrica, com uma massa correspondente a um mil e oitocentos e trinta e sete avos da massa de um próton e que são emitidas por núcleos instáveis, durante seu processo de decaimento.

As partículas beta, quando carregadas negativamente, correspondem a um elétron e, quando carregadas positivamente, correspondem a um pósitron.

Os elétrons que orbitam ao redor do núcleo atômico se equilibram com os prótons existentes no interior do núcleo e definem o número atômico e as características químicas dos elementos.

Radiações Gama

Estas radiações eletromagnéticas correspondem à emissão de um “quantum” de energia. A emissão de um quantum permite a passagem do núcleo emissor, de um estado de excitação para um estado de despolarização.

As radiações gama são medidas em frações de Augstron que correspondem a um décimo bilionésimo de milímetro e correspondem às menores medidas do universo mensurável.

O estudo destas radiações permitiu o desenvolvimento da chamada física quântica e uma melhor compreensão das reações interativas entre o macrocosmo e o microcosmo que, em essência, são construídos pelas partículas subatômicas e pelas emissões eletromagnéticas, regidas pela equação de Einstein: $E = mc^2$.

Estudo Sumário dos Reatores Atômicos

Durante o processo de fissão de um núcleo instável de um elemento radioativo, como o urânio enriquecido ou natural e o plutônio, ocorre uma imensa liberação de energia, sob a forma de radiações eletromagnéticas e de partículas subatômicas, constituídas por nêutrons, elétrons e pósitrons.

O impacto de partículas subatômicas, especialmente dos nêutrons, sobre núcleos atômicos instáveis, desencadeia novas fissões, estabelecendo um processo repetitivo, característico das reações em cadeia.

Quando estas reações em cadeia ocorrem, de forma lenta e controlada, no interior dos núcleos dos reatores atômicos, consegue-se a produção de imensa quantidade de energia calórica, sem riscos de causar acidentes nos sistemas atomoenergéticos.

A energia calórica produzida é coletada por sistemas de refrigeração primária e que funcionam, por meio da circulação de fluidos gasosos, líquidos ou de metais fundidos, como o sódio.

Os sistemas de refrigeração, por sua vez, perdem parte de sua energia calórica ao entrarem em contato com sistemas trocadores de energia, mediante a circulação de fluidos, por tubulações em forma de serpentina.

Os sistemas trocadores de energia são constituídos por circuitos secundários, que não entram em contato direto com corpos radioativos e, além de permitirem o resfriamento do cadinho do núcleo central do reator atômico, captam a energia calórica produzida que:

- numa primeira fase, gera energia mecânica;*
- numa segunda fase, gera energia elétrica.*

Modernamente, os reatores são heterogêneos. Nos reatores heterogêneos, o material fóssil está fisicamente separado dos elementos moderadores, que atuam reduzindo e moderando a intensidade e a velocidade das reações em cadeia.

Os elementos moderadores são constituídos por núcleos de baixas massas atômicas e extremamente estáveis e coesos como o boro, o cádmio, a grafite, a água pesada, a água leve e a parafina. Os elementos moderadores atuam absorvendo nêutrons rápidos e liberando nêutrons lentos ou térmicos, reduzindo a intensidade do processo e permitindo o desenvolvimento controlado de novas fissões.

Para garantir a continuidade das reações em cadeia e evitar que uma grande quantidade de partículas subatômicas, como os nêutrons térmicos, responsáveis pelo desenvolvimento controlado do processo de fissão, seja perdida, por fuga ou por captura, é necessário que:

- Se estabeleça o volume mínimo de material radioativo, no interior da “pilha atômica”, definindo uma “massa crítica”, que facilite o controle do processo de fissão e que reduza ao mínimo a perda de partículas subatômicas, por meio de mecanismos de fuga.*
- Os materiais utilizados na alimentação dos reatores atômicos e que são introduzidos no núcleo do reator, por meio de barras ou tubos contendo o combustível nuclear, devem apresentar um elevado grau de pureza, com o objetivo de evitar a presença de absorvedores de nêutrons, como o bário, o boro, o háfnio e outros elementos.*
- Haja uma distribuição arquitetônica otimizada e interativa entre as barras de combustível, normalmente constituídas por uma liga de zircônio*

(que não absorvem nêutrons) carregadas com pastilhas de combustíveis e as barras de controle constituídas por elementos moderadores, como o cádmio, o boro, a grafite e o háfnio, que absorvem o excesso de nêutrons rápidos e mantêm a reação fissil sob controle.

- *O núcleo do reator atômico seja revestido internamente por um espelho refletor de grafite, de forma côncava, que reduza o escapamento de nêutrons e de outras partículas subatômicas, para a parte exterior do cadinho.*

Barras de Controle

As barras de controle são constituídas por material de núcleo estável e que têm a capacidade de absorver os chamados nêutrons rápidos, como o cádmio, o háfnio e o boro. A maior ou menor introdução destas barras, no interior do núcleo do reator, permite controlar a velocidade e a intensidade das reações em cadeia.

O sistema de controle, constituído por estas barras, é comandado automatizadamente em função de dados permanentemente coletados pelo sistema de monitorização do processo.

Ao controlar o chamado “fator de multiplicação” do reator nuclear, o sistema de controle mantém estável a população de nêutrons no interior do cadinho e, em consequência, a potência do reator.

O fator de multiplicação corresponde à relação entre o número de nêutrons produzidos e o número de nêutrons absorvidos, na unidade de tempo, no interior de um reator nuclear. A reação nuclear é auto-sustentável, quando o fator de multiplicação é igual ou superior à unidade.

Nestas condições, criticalidade é o estado de um reator nuclear, dentro das condições limites para permitir uma reação auto-sustentável, como já foi demonstrado. Nestas condições, o fator de multiplicação é igual à unidade. A criticalidade é conseguida mediante a retirada gradual e parcial das barras de controle do núcleo do reator.

Geração de Energia

A massa de um núcleo atômico é ligeiramente inferior à somação das massas das partículas subatômicas que o constituem. Esta diferença de massa corresponde à energia, que é utilizada para manter o núcleo atômico aglutinado de forma estável, de acordo com a fórmula de Einstein, segundo a qual $E = mc^2$, onde “c” corresponde à velocidade da luz no vácuo.

Nestas condições, a energia liberada, durante o processo de fissão, corresponde à variação de massa sofrida pelo sistema, de acordo com a fórmula de Einstein.

Como conseqüência, a fissão de uma grama de urânio produz uma quantidade de energia, que equivale à produzida pela queima de três toneladas de carvão.

Utilização dos Reatores Atômicos

As pilhas ou reatores atômicos, a partir da década de cinquenta, vêm sendo utilizadas na:

- produção de isótopos radioativos, de larga utilização na medicina e nas pesquisas agrícolas, biológicas e ecológicas;*
- indústria, especialmente na alimentícia, onde cargas de radiações eletromagnéticas são utilizadas para destruir todos os microorganismos vivos e esterilizar totalmente o material irradiado;*
- produção de energia elétrica, por meio de numerosas usinas atomoelétricas que proliferaram intensamente nos cinco continentes;*
- construção de motores atômicos blindados, que vêm sendo utilizados na propulsão de grandes embarcações;*
- produção do plutônio 139 a partir do urânio 238, o qual é utilizado na fabricação de bombas atômicas, em mistura com urânio 235.*

Armas atômicas de destruição em massa foram utilizadas em Hiroshima e Nagasaki, nos dias 6 e 9 de agosto de 1945, provocando duas hecatombes atômicas, que obrigaram o Japão a aceitar os termos de uma rendição incondicional e, em conseqüência, precipitou o término da Segunda Guerra Mundial.

A partir de 1951, foi iniciada a construção de centrais atomoelétricas, com a instalação do primeiro turbogerador, com uma potência de 150 kw, a uma pilha atômica, na localidade de Arco (USA). A primeira usina atomoelétrica, com uma potência de 5.000 kw, foi instalada na Rússia, em 1954. Em 1956, os ingleses instalaram a primeira usina atomoelétrica de grande potência em Calder Hall. A primeira usina atomoelétrica de grande potência construída na França foi a de Avoine, que começou a operar em 1957. A primeira usina atomoelétrica brasileira – Angra I – começou a funcionar em 1985, gerando 400 megawatts de energia.

No ano de 1985, era a seguinte contribuição das usinas atomoelétricas na geração de energia elétrica das seguintes nações:

- França (65%), Bélgica (60%), Formosa (59%) e Suécia (42,3%);
- Finlândia (38,2%), Alemanha Ocidental (32%), Bulgária (32%), Suíça (35%);
- Japão (25%), Hungria (24,5%), Espanha (24%) e Argentina (23%);
- Inglaterra (20%), Coréia do Sul (18%), Estados Unidos (16%), União Soviética (11%), Tchecoslováquia (15%).

A utilização de motores atômicos blindados, na propulsão de embarcações de grande porte, iniciou-se em 1954, com a construção do Nautilus, primeiro submarino atômico norte-americano. Dois anos depois, os russos instalaram um motor atômico, em um navio quebra-gelo, que operou durante 5 anos no Oceano Ártico, sem necessidade de reabastecimento. Nos dias atuais, todos os super-porta-aviões e submarinos lançadores de mísseis norte-americanos são propulsados por motores atômicos.

Nas atuais condições de desenvolvimento tecnológico, é imperativo que se continue a construir usinas atomoelétricas, especialmente em países como a França e o Japão, que já esgotaram seu potencial de aproveitamento hidroelétrico e dependem de importação de carvão e de petróleo para gerar energia.

3. Causas

O rápido incremento na construção de instalações atômicas, a partir da década de cinqüenta, e a disseminação das atividades relacionadas com o uso da radioatividade, em âmbito mundial, concorreram para aumentar os riscos de acidentes e desastres relacionados com o uso de substâncias e equipamentos radioativos em pesquisas, indústrias e usinas atomoelétricas.

Certamente, concorreu para o incremento destes riscos, a construção açodada de reatores atômicos antes mesmo de estarem completamente estabelecidas as normas, procedimentos e equipamentos necessários à garantia da segurança nestas instalações.

Certamente, concorreu para intensificar este clima de açodamento, a bipolarização ideológica do mundo, na época da chamada Guerra Fria, responsável pelo desencadeamento da corrida armamentista e, conseqüentemente, a prioridade que foi dada à segurança nacional das potências hegemônicas, sobre a segurança global da espécie humana no planeta Terra.

Como a utilização de tecnologias relacionadas com a radioatividade, para fins pacíficos, é crescente e irreversível, é indispensável e imperativo que se invista, cada vez mais, em técnicas e equipamentos relacionados com a segurança destas instalações e em medidas de autoproteção.

Como teoricamente não existe uma situação de risco zero, é imperativo que todas as etapas do processamento sejam cuidadosamente analisadas e avaliadas, com a finalidade de identificar todos os riscos possíveis em cada uma das etapas do processamento, objetivando o constante aperfeiçoamento dos métodos, processos e equipamentos necessários à redução dos riscos de acidentes e desastres. Exame dos Eventos Adversos

No caso específico dos estudos e avaliações de riscos de desastres tecnológicos, em instalações como reatores atômicos, há que considerar dois padrões de eventos adversos:

- eventos internos ao sistema, envolvendo possíveis falhas de equipamentos ou erros humanos que, sem nenhuma dúvida, são os mais frequentes e importantes;*
- eventos externos ao sistema, como fenômenos da natureza e/ou interrupções no abastecimento de água e de outros insumos.*

Evidentemente, no caso específico das instalações atômicas, os eventos internos relacionados com falhas de equipamento e erros humanos, são os de maior importância e, por esse motivo devem ser analisados com maior prioridade.

Para facilitar o entendimento das causas de desastres tecnológicos em instalações atômicas é importante recordar os seguintes conceitos relacionados com eventos:

Evento

Ocorrência ou acontecimento que pode causar distúrbio a um sistema considerado.

Evento Adverso

Fenômeno, ocorrência ou acontecimento desfavorável que, atuando sobre um sistema vulnerável ao mesmo, pode causar um acidente ou desastre e provocar danos e prejuízos mensuráveis.

Evento Catastrófico

Evento adverso que, embora muito pouco frequente e provável, pode ocorrer num determinado sistema, provocando conseqüências gravíssimas, em termos de desastres. A fusão parcial do reator atômico de Chernobyl é um exemplo clássico de evento catastrófico.

Evento Básico

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

- *não podem ser atribuídos a qualquer outra causa ou condição externa ao sistema;*
- *independem de falhas humanas e de outros defeitos adicionais.*

Evento Crítico ou Inicial

Evento que dá início a uma cadeia seqüenciada de acidentes, que poderá resultar num desastre, a menos que o sistema de segurança interfira em tempo, com o objetivo de controlar a seqüência de incidentes e reduzir a magnitude dos eventos intermediários.

Evento Intermediário

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

- *propagando e intensificando a seqüência acidental;*
- *interferindo sobre a seqüência acidental e reduzindo os riscos de desastres.*

• Evento Topo ou Principal

É o evento final que desencadeia o desastre. O evento topo resulta da combinação de falhas humanas e/ou de falhas ou defeitos de equipamentos do sistema. Os eventos intermediários e as falhas, que desencadeiam o evento topo ou principal, ocorrem de uma forma seqüenciada e podem ser diagramados numa seqüência lógica, por meio de métodos de estudos relacionados com as chamadas árvores de eventos e árvores de falhas.

• Conseqüência do Pior Caso

Ao se avaliar os riscos relacionados com desastres em instalações atômicas é imperativo que se conduza um estudo de situação, que considere os parâmetros de riscos máximos relativos às chamadas conseqüências do pior caso.

Esta metodologia de estudo aplica-se à análise dos eventos catastróficos, que se caracterizam por serem muito pouco prováveis e por gerarem conseqüências gravíssimas, quando ocorrem.

O estudo das conseqüências do pior caso permite uma estimativa conservadora das prováveis conseqüências de um desastre, que ocorra no seu maior nível de intensidade.

Um bom exemplo de um estudo da conseqüência do pior caso é o exame de uma hipótese de desastre, que resulte na liberação brusca de todo o material radioativo de uma determinada planta ou instalação, para uma área de grande vulnerabilidade, durante o período noturno, causando o máximo de efeito nocivo, a uma população totalmente exposta, que não foi alertada, em tempo oportuno.

O estudo objetivo das conseqüências do pior caso tem por finalidade promover condutas, procedimentos, equipamentos e sistemas de segurança, que permitam minimizar, ao máximo, as conseqüências previstas em situações extremas, evitando que as hipóteses de desastres catastróficos se concretizem.

Estudo dos Efluentes e dos Rejeitos Sólidos das Instalações Atômicas

Ao se estudarem as medidas de segurança relacionadas com as instalações atômicas, uma atenção especial deve ser dedicada ao estudo dos efluentes líquidos e dos rejeitos sólidos oriundos destas instalações.

No que diz respeito aos efluentes líquidos e às emanações de vapores, é muito importante que se estabeleça o máximo de estanqueidade, entre os diferentes circuitos e sistemas trocadores de energia calórica, para evitar que os circuitos externos, que movimentam os turbogeradores, sejam contaminados por partículas subatômicas e radiações eletromagnéticas, em níveis superiores às doses máximas estabelecidas como seguras.

No que diz respeito ao chamado lixo atômico, constituído pelos rejeitos sólidos das instalações, há que considerar:

- A intensidade das radiações residuais, medidas em curies, sabendo-se que um Curie corresponde à ação de uma fonte radioativa, que sofre, a cada segundo, o mesmo número de degradações de uma grama de rádio e que corresponde a 37 bilhões de desintegrações por segundo.*
- A duração do efeito radioativo, medida em períodos de meia-vida, que correspondem ao período de tempo necessário para que a metade dos núcleos atômicos de um elemento instável se desintegre. O período de meia-vida depende das características intrínsecas do produto irradiante e, normalmente, é muito elevado, no caso dos rejeitos sólidos dos reatores atômicos.*

A disposição final dos rejeitos sólidos e dos elementos líquidos deve ser cuidadosamente estudada e decidida, com a finalidade de garantir a salubridade da biosfera para as gerações futuras.

Os efluentes líquidos, em princípio, devem ser vaporizados e seus sais resultantes podem ser vitrificados e guardados em tambores à prova de corrosão. Os rejeitos sólidos são embalados em contêineres blindados, revestidos internamente por lâminas de chumbo e protegidos externamente por ligas resistentes à corrosão.

4. Ocorrência

Embora menos freqüentes que os acidentes e desastres que ocorrem na área médica, os riscos de desastres relacionados com instalações atômicas, e, em especial, com reatores atômicos devem ser cuidadosamente considerados, especialmente em função do maior nível de intensidade dos desastres possíveis.

O mais violento de todos os desastres ocorridos em geradores atômicos de grande porte aconteceu em Chernobyl (Ucrânia), em 22 de abril de 1986, quando esta República ainda fazia parte da União Soviética. As conseqüências deste desastre, em termos de danos humanos, materiais e ambientais persistem até os dias atuais.

No entanto, o maior de todos os acidentes nucleares, em instalações atômicas de grande porte, nunca foi oficialmente admitido, tendo ocorrido em 1957 (31 anos antes de Chernobyl) na província de Chelyabinisk, da República Russa, na região dos Montes Urais. A explosão foi registrada no Ocidente sob a forma de um forte abalo sísmico com epicentro nas proximidades da Cidade de Kyshtyn, provocando o desaparecimento de uma indústria de armas atômicas, o desaparecimento de 34 povoados localizados na região e o surgimento de uma área desertificada com aproximadamente 1.000 quilômetros quadrados de superfície.

O desastre foi confirmado e divulgado em Londres, durante o ano de 1958, em função de informações transmitidas por Roy Medveder, cientista russo dissidente, que se exilou no Ocidente. A área desertificada foi confirmada por fotografias colhidas por satélites espões e os 34 povoados desapareceram dos mapas editados pelo Governo Soviético, a partir de 1957.

Entre 1952 e 1986 foram reconhecidos oficialmente os seguintes desastres ocorridos em reatores nucleares:

1) 2/dez/52 – um técnico do reator experimental de Clark River (Canadá) retirou, por engano, quatro pastilhas de combustível atômico do núcleo do reator, provocando uma reação em cadeia que derreteu parte das barras de urânio e

contaminou aproximadamente 4.000 metros cúbicos de água, no interior do reator. Foram necessários 6 meses de trabalhos intensos, para descontaminar o local e recuperar o reator.

2) novembro de 1955 – um reator experimental de enriquecimento de urânio, localizado em Idaho Falls (USA), saiu de controle, como consequência de falha humana, provocando o superaquecimento de uma barra de combustível, mas não houve escapamento de radiações para o meio ambiente.

3) 23/maio/58 – a usina atomoelétrica canadense de Clark River sofreu seu segundo acidente, provocado pelo superaquecimento de uma barra de urânio, que causou um pequeno vazamento de vapores radioativos para a atmosfera.

4) 24/jul/59 – uma falha de equipamento bloqueou o sistema de resfriamento do reator experimental de Santa Susana (Los Angeles – Califórnia – USA), provocando a fusão de 12 elementos combustíveis. Houve vazamento de radioatividade, que foi rapidamente contido e controlado.

5) 03/jul/61 – ocorreu um novo desastre, relacionado com falha humana, no reator experimental de Idaho Falls (USA), provocando a morte de 3 técnicos, como consequência de uma explosão no vapor radioativo, causada pelo superaquecimento.

6) 05/out/66 – um superaquecimento provocou uma fusão parcial da estrutura do reator de enriquecimento de combustíveis atômicos Enrico Fermi, situado nas proximidades de Detroit (USA), com escapamento de vapores radioativos para a atmosfera. O escapamento foi rapidamente contido e controlado, mas o reator acabou sendo desativado onze anos (77) após o acidente.

7) 21/jan/69 – um superaquecimento provocou o vazamento de radioatividade num reator subterrâneo localizado em Lencens Vals (Suíça). O acidente que foi causado por uma falha no sistema de refrigeração obrigou que a caverna, onde o reator foi construído, fosse definitivamente bloqueada.

8) 17/out/69 – um erro humano na colocação de pastilhas de combustível, no reator de Saint Laurent (França), provocou a fusão parcial do núcleo do reator, com um escapamento mínimo de radioatividade, que foi rapidamente contido e controlado antes de causar danos ao meio ambiente.

9) 05/jul/70 – um reator da usina atomoelétrica de Dresden II (Illinois – USA) apresentou uma falha no painel de instrumentação. Como consequência deste problema no sistema de monitorização, o reator ficou fora de controle, ocorreu um superaquecimento e, em consequência, uma nuvem de iodo radioativo escapou para o interior da estrutura de contenção.

10) 19/nov/71 – os reservatórios de efluentes líquidos da usina atomoelétrica de Monticello (Minnesota – USA) ultrapassaram sua capacidade

máxima, que corresponde a 200 metros cúbicos, e vazaram para o rio Mississippi, elevando os níveis de radioatividade do reservatório de água da cidade de Saint Paul.

11) 22/mar/75 – uma falha humana grosseira provocou um incêndio em cabos elétricos do sistema de isolamento térmico do reator atômico de Brown Ferri (Alabama – USA). Embora difícil de acreditar, o incêndio foi causado pela chama de uma vela, que era portada por um técnico que estava inspecionando o sistema de refrigeração. Um sistema alternativo de refrigeração permitiu manter o resfriamento do núcleo do reator, enquanto o sistema principal era recuperado por um custo de 150 milhões de dólares.

12) 28/mar/79 – houve uma falha no sistema de refrigeração da usina atomoelétrica de Three Mile Island (Harrisburg – Pensilvânia - USA) provocando um superaquecimento do núcleo do reator número 2. Se houvesse um retardo no desligamento do reator, o mesmo teria se derretido, liberando um grande volume de material radioativo para o meio ambiente.

Dentre as hipóteses mirabolantes e pseudocientíficas, veiculadas pela mídia, onde ocorreu uma grande repercussão do acidente, surgiu a chamada “Síndrome da China”. De acordo com a hipótese denominada Síndrome da China, a carga superaquecida de material radioativo, oriundo do reator, derreteria o solo e o subsolo da área atingida, alcançaria, sem perder calor, o núcleo da terra e daí, contrariando a lei da gravidade, escavaria um túnel em direção à China. É evidente que a chamada Síndrome da China não tem nenhum fundamento científico. A lei da gravidade atrai os corpos na direção geral do centro da Terra e não permitiria que a massa aquecida ascendesse em direção à China. O núcleo da Terra é constituído por uma massa de material extremamente quente e com elevado teor de radioatividade, com capacidade para absorver o material radioativo de um grande número de usinas atômicas, sem alterar significativamente seus níveis de temperatura e de radioatividade. Apesar de tudo, a idéia da Síndrome da China pegou e serviu de bandeira para os movimentos ambientalistas extremados que são contra as usinas atomoelétricas e contra todas as demais fontes de geração de energia em larga escala, atualmente disponíveis no mundo.

O acidente de Three Mili Island, considerado como o maior ocorrido em instalações atomoelétricas, obrigou a uma revisão dos sistemas de segurança e de alívio dos reatores atômicos, o que foi extremamente positivo, em termos de redução de riscos futuros, relacionados com estas intalações.

13) 07/ago/79 – ocorreu um escapamento de radioatividade numa pilha atômica utilizada para fins militares e localizada nas proximidades de Erwin (Tennessee – USA). Como conseqüência, ocorreu um vazamento de radioatividade num volume 50 vezes superior ao volume de exposição admitido, durante um

ano. Aproximadamente 1000 pessoas que habitavam a área de riscos imediatos tiveram que ser evacuadas da área de exposição, para áreas seguras.

14) 11/fev/31 – ocorreu um vazamento de aproximadamente 400 metros cúbicos de água radioativa, para o interior da estrutura de contenção do reator da usina atomoelétrica de Sequoyah 1 (Tennessee – USA), contaminando gravemente 8 técnicos que trabalhavam no interior da usina.

15) 25/abr/81 – cinco técnicos que trabalhavam na recuperação da usina de Tsuruga (Japão) foram expostos a radiações em doses consideradas como perigosas. O vazamento também pode ter afetado 65 pessoas que moravam nas proximidades da usina atomoelétrica e contaminado o ecossistema de uma baía localizada nas proximidades.

16) 25/jan/82 – houve ruptura de uma tubulação de um gerador de vapores de uma turbina da usina atomoelétrica de Ginna (Nova York – USA). O escapamento de água radioativa contaminou a estrutura interna do reator atômico e provocou um pequeno vazamento de vapores radioativos.

17) Entre 22 e 25/fev/83 – caiu perigosamente o nível de água do sistema de resfriamento do reator atômico Salen 1 (Nova Jersey – USA). Embora o sistema automático de monitorização e alívio estivesse programado para desligar automaticamente o gerador, foi necessário que o mesmo fosse desligado manualmente.

18) 16/mar/83 – um técnico da usina atomoelétrica Argentina, chamado Oswaldo Rogilich, não tomou as precauções necessárias ao trocar a posição de dois tubos de urânio e foi atingido por um clarão azul (prompt-criticality) e morreu 48 horas após o acidente.

19) 19/abr/84 – Ocorreu um segundo acidente na usina atomoelétrica de Sequoyah I (Tennessee – USA), durante uma operação de manutenção e oito técnicos escaparam, por pouco, de serem mortos por um jato de água fervente e radioativa.

20) 9/jun/85 – um técnico da Usina Atomoelétrica de Toledo (Ohio-USA) apertou um botão errado, provocando um “quase-acidente” e falhas no funcionamento de, pelo menos, 16 equipamentos. O desligamento automático do reator impediu a ocorrência de um desastre de grandes proporções.

21) 06/jan/86 – ocorreu vazamento de um cilindro de combustível nuclear, que foi carregado incorretamente na usina atomoelétrica de Gore (Oklahoma – USA), provocando a morte de um operador e o atendimento hospitalar de 100 pessoas que foram expostas à ação de um ácido liberado durante o acidente. Até que o acidente fosse totalmente controlado, ocorreu pequeno vazamento de radioatividade para o interior e para o exterior da instalação.

22) 28/abr/86 – ocorreu o mais grave de todos os acidentes nucleares, na usina átomo-nuclear de Chernobyl (Ucrânia), que na época fazia parte da União Soviética. Como já foi explicitado, as conseqüências deste desastre, em termos humanos, materiais e ambientais, perduram até os dias atuais.

A causa primária do acidente foi uma falha no sistema primário de refrigeração que provocou um superaquecimento das varetas de urânio localizadas no núcleo do reator, provocando o derretimento das placas de grafite, utilizadas como moderadores das reações em cadeia.

A perda do controle sobre o desenvolvimento das reações em cadeia elevou a temperatura, no interior do núcleo do reator, a níveis superiores a 3.500 graus centígrados. Nesta temperatura, a água dissociou-se em hidrogênio e oxigênio e uma explosão dos átomos de hidrogênio concorreu para intensificar o processo descontrolado de fissão.

Com a abertura de inúmeras grandes fissuras no invólucro de grafite e nas paredes de aço do núcleo do reator, este entrou em franca comunicação com a atmosfera e liberou uma imensa bola de fogo, constituída por gases radioativos superaquecidos, em franco processo de combustão.

Segundo cálculos de cientistas, a quantidade de material radioativo liberado no acidente de Chernobyl foi aproximadamente 1000 vezes superior ao que foi liberado nas explosões atômicas de Hiroshima e Nagasaki. Kiev, capital da Ucrânia, com aproximadamente 3,5 milhões de habitantes e localizada a 129 quilômetros ao sul de Chernobyl, foi salva das primeiras precipitações de material radioativo em função da direção dos ventos que soprava no sentido dos países escandinavos. Nos dias subseqüentes ocorreram grandes precipitações radioativas nos territórios dos países nórdicos, da Europa Ocidental e da Europa Central. Em conseqüência do acidente, 80 pessoas morreram instantaneamente e outras 2.000 pessoas faleceram durante o processo de evacuação para os hospitais de apoio imediato.

Algumas horas depois do acidente, todos os habitantes da cidadezinha de Prepvat foram evacuados para Kiev. Os mortos não foram enterrados em um cemitério comum, mas em depósito de materiais radioativos da Aldeia de Pirogov.

É muito provável que uma quantidade de acidentes superior aos comunicados oficialmente tenha ocorrido em países como a China e a União Soviética e tenham sido ocultados da opinião pública mundial.

5. Principais Efeitos Adversos

De um modo geral, todos os seres vivos, animais e vegetais, são sensíveis aos efeitos das radiações eletromagnéticas e das partículas subatômicas.

Além disto, o vazamento brusco de grandes quantidades de materiais radioativos pode provocar a liberação de grandes quantidades de energia calórica e a brusca expansão de gases aquecidos, em processo de combustão pode provocar efeitos explosivos de ordem mecânica.

A título de exemplo, apresenta-se, no prosseguimento, os efeitos gerais de duas explosões atômicas:

1) Explosão de bomba atômica de 20 quilotons

- Destruição total, num raio de 750 metros, a partir do epicentro da explosão.*
- Destruição da maioria das edificações, até um raio de 1,25 quilômetros, a partir do epicentro.*
- Deslocamento de estruturas de concreto armado, num raio de 1,60 quilômetros, a partir do epicentro.*
- Arrancamento de telhados e de janelas, até um raio de 3,30 quilômetros do epicentro.*
- O limite dos danos leves é definido por um raio de 12,0 quilômetros.*

2) Explosão de bomba atômica de 50 quilotons

- Destruição total, num raio de 8,0 quilômetros, a partir do epicentro da explosão.*
- Destruição da maioria dos imóveis, com necessidade de reconstrução, num raio de 16,0 quilômetros do epicentro.*
- Deslocamento de estruturas de concreto armado, com necessidade de trabalhos de reparação nas edificações, num raio de até 24 quilômetros, a partir do epicentro.*
- Arrancamento de telhados e janelas, até um raio de 32 quilômetros do epicentro.*
- Limite dos danos leves, com edificações mais facilmente reabilitáveis, num raio de 120 quilômetros do epicentro.*

No que diz respeito a danos humanos, há que registrar:

- A espécie humana é uma das espécies animais mais sensíveis aos efeitos das radiações.*
- As radiações ionizantes, ao atuarem sobre os tecidos orgânicos dos seres humanos, tendem a destruir com maior intensidade as células que se encontram em rápido processo de divisão, como as cancerígenas, as células da derme e as dos tecidos hematopoiéticos (formadores de glóbulos sangüíneos).*

- *As células de origem epitelial que formam a estrutura das glândulas endócrinas, com a tireóide, as gônadas (ovários e testículos) e supra-renais, também são muito sensíveis aos efeitos das radiações ionizantes.*
- *Quando muito intensa, a ação das radiações ionizantes, sobre as células da derme, provoca quadros clínicos semelhantes aos dos queimados graves, com intensa esfoliação e necrose da derme e um grave quadro toxêmico provocado pela absorção de proteínas orgânicas desnaturadas. Numa segunda fase, o quadro é complicado com graves infecções secundárias e septicemia, causadas pela intensa redução da resistência imunológica do organismo afetado.*
- *A ação das radiações ionizantes sobre os órgãos hematopoiéticos (formadores de glóbulos sanguíneos) provoca graves repercussões sobre:*
 - *a série vermelha, produzindo quadros secundários de anemia aplástica grave, com conseqüente redução da capacidade de transporte de oxigênio pelo sangue e dos níveis de oxigenação dos tecidos orgânicos;*
 - *as plaquetas, prejudicando os mecanismos de coagulação e facilitando os sangramentos;*
 - *a série branca, provocando uma intensa redução dos leucócitos e das demais células do sistema retículo-endotelial, responsável pela reação de defesa do organismo. A redução dos glóbulos brancos é responsável pela instalação de quadros de imunodepressão secundária que reduzem a capacidade de defesa do organismo contra infecções.*

A ação das radiações ionizantes sobre as gônadas pode provocar quadros de infertilidade, em função da destruição dos óvulos e dos espermatozóides. Ao atuarem sobre as demais glândulas endócrinas, as radiações ionizantes podem precipitar quadros de hipotireoidismo, insuficiência supra-renal e de diabetes.

As radiações ionizantes, ao atuarem sobre mulheres grávidas, produzem efeitos francamente adversos sobre os tecidos fetais, que se encontravam em fase de rápida multiplicação, durante o desenvolvimento intra-uterino, aumentando os riscos de má-formações congênitas.

Os grandes desastres atômicos, como os de Hiroshima, Nagasaki e Chernobyl, são seguidos por um aumento significativo de tumores malignos nas populações afetadas por radiações ionizantes.

Recorde-se que Pierre e Marie Curie descobriram o rádio, quando estudavam rochas extraídas de uma mina de carvão, onde a ocorrência de câncer de pulmão entre os mineiros que respiraram poeiras radioativas era significativamente alta. Esta constatação data de 1898.

As radiações ionizantes, ao atuarem sobre os cromossomos das células reprodutivas, podem provocar alterações do código genético ou mutações, que acabam causando alterações teratogênicas, com a formação de “monstros”, que normalmente morrem logo após o parto.

No que diz respeito aos danos ambientais, há que registrar que aproximadamente 4 milhões de ucranianos vivem em áreas de riscos radioativos, como conseqüência do desastre de Chernobyl. Aproximadamente 12% das áreas agricultáveis da Ucrânia foram contaminadas pelas radiações, prejudicando a produção agropecuária daquele país.

Os prejuízos financeiros foram tão elevados, que a Ucrânia depende da cooperação internacional para buscar soluções definitivas para os problemas decorrentes do desastre de Chernobyl.

6. Monitorização, Alerta e Alarme

Definição de Monitorização dos Processos

A observação, registro, medição, comparação e avaliação repetitiva e continuada de dados técnicos e de parâmetros de funcionamento, de acordo com esquemas pré-estabelecidos, no tempo e no espaço, utilizando métodos comparativos, têm a finalidade de:

- estudar todas as variáveis presentes no fenômeno ou processo de observação;*
- identificar os parâmetros de normalidade e, a partir da definição dos mesmos, alertar, em tempo real, sobre possíveis desvios significativos do processo;*
- facilitar a tomada de decisões e permitir a articulação de respostas coerentes e oportunas, com o objetivo de bloquear seqüências de incidentes e restabelecer as condições de normalidade, no mais curto prazo possível;*
- articular respostas sistêmicas adequadas, em interação com os demais sistemas de segurança e de alívio.*

A implementação dos sistemas de monitorização é obrigatoriamente precedida de um minucioso estudo das intenções do projeto, que estabelecem o que se espera da adequada operacionalização de uma determinada planta atômica, na ausência de desvios significativos nos “comandos de estudos”.

É útil recordar que os comandos de estudos são aqueles pontos específicos de uma planta ou instalação atômica, onde os parâmetros do processo devem ser permanentemente monitorizados, com o objetivo de se determinar,

em tempo real, desvios significativos do processo estabelecido nas intenções do projeto.

No caso específico das usinas atomoelétricas e demais plantas que manipulam produtos radioativos, os comando de estudo, que devem ser permanentemente monitorizados, são os seguintes:

- *Sistemas de refrigeração.*
- *Tubulações, conexões e válvulas de segurança, em geral.*
- *Sistemas moderadores da intensidade e da velocidade das reações atômicas em cadeia.*
- *Varetas com material combustível, com envoltório de zircaloy (liga de zircônio usado no revestimento das barras de combustível), utilizadas na alimentação dos reatores atômicos, permitindo o estabelecimento da massa crítica ótima, que garanta a continuidade das reações em cadeia.*
- *Elementos refletores, normalmente constituídos por grafite espelhado, que impedem a dispersão de nêutrons, para o meio externo.*
- *Sistemas de alívio e demais sistemas de segurança, com especial atenção para as barras de controle, que desligam rapidamente os reatores, em situações de emergência.*
- *Painéis e diagramas de instrumentação, especialmente aqueles mais relacionados com a monitorização do processo.*

Normas e Procedimentos Padronizados de Segurança

Uma adequada monitorização, ao permitir uma adequada retroalimentação do processo, garante a homeostasia e o equilíbrio dinâmico do metabolismo sistêmico, que são características extremamente importantes dos sistemas auto-reguláveis.

No caso específico dos reatores ou pilhas atômicas, a monitorização busca controlar o chamado fator de multiplicação, no núcleo do reator, com o objetivo de manter estável a população de nêutrons e, conseqüentemente a potência da planta atômica.

O sistema de controle, que é acionado pelo sistema de monitorização, é constituído por barras de controle feitas com materiais que absorvem nêutrons, como o cádmio, o háfnio, o bário e o boro que, quando interpostas entre os elementos combustíveis, reduzem a criticidade e bloqueiam o desenvolvimento das reações em cadeia.

Cabe recordar que:

- *Criticidade corresponde ao estado de um reator nuclear, na condição limite para dar início a uma cadeia auto-sustentável de reações nucleares e corresponde a um fator de multiplicação igual à unidade.*
- *Fator de Multiplicação corresponde à relação entre os nêutrons produzidos e absorvidos, num reator nuclear, na unidade de tempo. Para que as reações sejam auto-sustentáveis é indispensável que o fator de multiplicação seja igual ou ligeiramente maior que a unidade.*

Evidentemente, para garantir a radioproteção dos ambientes interno e externo, é indispensável que os níveis de radiação sejam permanentemente monitorizados, avaliados e controlados:

- *em todos os compartimentos das plantas atômicas;*
- *nas evacuações e efluentes líquidos da planta atômica;*
- *no ambiente externo da planta atômica.*

A monitorização das radiações tem por objetivo detectar, em tempo real, possíveis vazamentos de radiações.

As medidas de ajustamento e de controle dependem de respostas, normalmente pré-programadas dos órgãos efetores dos sistemas de alívio, que funcionam em estreita articulação com os sistemas de monitorização.

Nas plantas atômicas, a imensa maioria dos sistemas de controle funcionam de forma automática e são controlados por sistemas robotizados, que permitem inclusive o desligamento automático do reator atômico.

Algumas destas respostas pré-programadas podem ser desencadeadas automaticamente a partir de mais de 5 sistemas de sensores diferentes. Apesar disto, após 40 anos de estudos epidemiológicos de acidentes em instalações atômicas, verificou-se que os controles manuais devem ser preservados, como última instância.

Métodos Específicos de Análise de Riscos em Plantas Atômicas

Análise de Segurança

Esta análise de segurança tem por objetivo avaliar e, numa segunda fase, tomar medidas efetivas para 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 da vulnerabilidade, os projetos de redução de riscos e de preparação para emergências e desastres contribuem para aumentar o nível de segurança dos sistemas.

Nestas condições, o estudo de riscos operacionais, caracteriza-se por ser um estudo de situação crítico, formal, minucioso e sistematizado, que é conduzido por uma equipe técnica multidisciplinar, numa planta industrial ou atômica, com o objetivo de avaliar:

- *o potencial de riscos de mau funcionamento ou de operação inadequada de determinados itens de equipamento;*
- *as prováveis conseqüências destes riscos, sobre as unidades de processamento, caso os mesmos se concretizem.*

Para identificar riscos operacionais, a equipe técnica utiliza como suporte uma detalhada descrição das intenções do projeto da planta atômica ou industrial em estudo, do processamento que ocorre em cada uma das unidades de processamento, que compõem a referida planta, de detalhes de equipamentos e das normas e procedimentos padronizados. A equipe multidisciplinar deve concentrar sua atenção nos chamados comandos de estudo da planta que está sendo examinada.

Análise de Falhas e Efeitos

Este método analítico tem por objetivo identificar as falhas potenciais de um equipamento e os efeitos desfavoráveis destas falhas. A metodologia depende da:

- *tabulação de todos os sistemas, subsistemas e equipamentos da planta que está sendo estudada;*
- *identificação das possíveis falhas ou defeitos, que podem ocorrer em cada um dos equipamentos examinados;*
- *especificação dos efeitos desfavoráveis das falhas levantadas sobre os sistemas, subsistemas e sobre o conjunto das instalações.*

Análise de Falhas Humanas

A análise de falhas humanas é uma importantíssima metodologia empírico-analítica que permite identificar as causas e as possíveis conseqüências de erros humanos observados ou em potencial.

Este método permite também identificar as condições ambientais, os modelos de equipamentos, além das normas e procedimentos padronizados, que podem induzir erros humanos.

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 e para otimizar a/os:

- *concepção e o desenho de máquinas e equipamentos adequados e adaptados à anatomia, à fisiologia e à neurofisiologia humana;*
- *seleção física e psicotécnica dos operadores;*
- *métodos de adestramento e capacitação dos operadores para fazer funcionar corretamente os equipamentos utilizados;*
- *planejamento e especificação das condições ambientais que favoreçam o melhor desempenho dos operadores e reduzam a incidência de erros humanos.*

• **Estudo da Árvore de Eventos**

A chamada árvore de eventos é uma técnica muito eficiente de análise dedutiva de riscos tecnológicos, a qual é utilizada para avaliar as possíveis conseqüências de um desastre potencial, que pode resultar de um evento inicial, tomado como referência.

No caso específico das plantas atômicas, o evento inicial pode ser um/uma:

- *fenômeno natural externo ao sistema, como um terremoto ou um vendaval de grande intensidade;*
- *ocorrência externa ao sistema, como uma interrupção no fluxo de abastecimento de água utilizada na refrigeração;*
- *erro humano;*
- *falha de equipamento.*

Para cada evento inicial estudado, o método antecipa e descreve uma seqüência lógica de incidentes, que podem culminar num desastre.

Os resultados da análise da árvore de eventos permitem caracterizar:

- *seqüências lógicas de eventos intermediários;*
- *conjunto de incidentes encadeados que, a partir do evento inicial, culminam no evento topo ou principal, desencadeador do desastre.*

A metodologia tem por finalidade planejar os sistemas de segurança e de alívio, com a finalidade de bloquear as seqüências de eventos intermediários, antes que o desastre se torne irreversível.

• Estudo da Árvore de Falhas

No caso do estudo da árvore de falhas, o estudo se inicia a partir do evento topo ou principal, que desencadeia o desastre, como por exemplo o superaquecimento do núcleo do reator atômico, que pode provocar uma explosão de Hidrogênio superaquecido, com grave contaminação da atmosfera por vapores ionizados.

A partir da focalização do evento topo ou principal, é que se procura construir um diagrama lógico que estabeleça as diferentes combinações de erros humanos, falhas de equipamentos e condições externas ao sistema que podem culminar no evento topo ou principal, causador do desastre. O estudo da árvore de falhas complementa e aprofunda as condições do estudo da árvore de eventos.

Método Dow

É uma muito boa metodologia de estudo de situação, que é utilizada para analisar plantas industriais e atômicas, a partir do estudo dos processamentos industriais que podem ser causa de desastres tecnológicos com características focais.

Este método não se aplica ao estudo de desastres pouco prováveis e com características de sinistros catastróficos.

O método permite, em cada uma das unidades de processamento, identificar os riscos inerentes ao processo industrial, a partir de um enfoque funcional.

Ao estudar a dinâmica do processo industrial, o método Dow enfoca cada uma das operações relacionadas com o processo industrial, desenvolvido em cada uma das unidades de processamento que compõem a planta analisada.

A metodologia tem por objetivo definir as melhores 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 provável dos mesmos.

Nestas condições, o método Dow permite definir a anatomia das unidades de processamento, a partir dos estudos das funções que devem ser desempenhadas por estas unidades.

Método Mond

Esta metodologia, desenvolvida a partir do método Dow, é específica para analisar a toxicidade, a radioatividade, a reatividade, a inflamabilidade e o potencial

explosivo dos insumos, produtos-resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões gasosas de uma planta industrial ou atômica, em função dos métodos de processamento.

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

Estudo dos Riscos Gerais do Processo (RGP)

Nestes estudos, examinam-se os fatores inerentes ao processo, que podem contribuir para aumentar a magnitude dos eventos adversos que podem ser causas de desastres.

Os fatores RGP relacionam-se com:

- operações químicas ou atômicas, desenvolvidas nas unidades de processamento ou nos núcleos dos reatores, como o manuseio e a transferência de elementos combustíveis, produtos inflamáveis, explosivos, altamente reagentes ou corrosivos;*
- reações físico-químicas de caráter exotérmico com grande liberação de energia térmica e irradiante;*
- grau de isolamento e de estanqueidade dos diferentes compartimentos das unidades de processamento;*
- grau de proteção dos operadores contra os efeitos das partículas subatômicas e das radiações eletromagnéticas.*

Estudo de Riscos Específicos do Processo (REP)

Neste estudo são examinados os fatores inerentes ao processo, que podem concorrer para aumentar a probabilidade de ocorrência de desastres.

No caso específico das plantas atômicas, os fatores REP relacionam-se com:

- condições intrínsecas do processo, como níveis de temperatura e de pressão no interior do núcleo do reator atômico;*
- presença de produtos perigosos, como substâncias de núcleos instáveis e radioionizantes, partículas subatômicas e radiações eletromagnéticas;*
- a presença possível de produtos inflamáveis, reativos, tóxicos, corrosivos e explosivos;*

- possibilidades de vazamento de produtos perigosos, inclusive radioativos, para o ambiente interno ou externo da instalação;
- nível de estanqueidade e, em alguns casos, a blindagem dos núcleos dos reatores, vaso do reator, tubulações, conexões, juntas e válvulas de segurança;
- riscos relacionados com a perda do controle sobre as reações atômicas em cadeia.

7. Medidas Preventivas

Descrição das Instalações de Angra I

A usina atomoelétrica (UAE) de Angra I tem uma potência instalada líquida de 626 megawatts (MWt) e é constituída pelos seguintes elementos principais:

- reator nuclear de ciclo indireto, moderado e refrigerado com água leve pressurizada a 150 atmosferas (PWR), que utiliza como combustível partilhas de urânio ligeiramente enriquecidas (3%), envolvidas em tubos de zircaloy, e com uma potência térmica de 1.876 MWt;
- turbogerador de 1800 rotações por minuto, movimentado por vapor de água superaquecido, com uma potência bruta de 650 MW, constituído por uma turbina de três estágios de tipo *Tanden-compound* e um gerador trifásico de 60 Hertz e uma potência líquida de 626 MWt;
- sistemas auxiliares e sistemas de segurança e controle, tanto dos componentes nucleares, como dos não-nucleares da UAE;
- sistema secundário de água de refrigeração e de geração de vapor que movimenta as turbinas, o qual é absolutamente estanque e que recebe o calor do circuito primário de refrigeração, por meio de trocadores de calor (serpentinhas);
- circuito terciário de água de refrigeração, responsável pela retomada do estado líquido da água do setor secundário, após movimentar as turbinas. Este circuito tem tomada de água e descarga no próprio mar;
- subestação elevadora, articulada com as linhas de transmissão de Furnas que interligam os sistemas energéticos do Rio de Janeiro e de São Paulo.

A Usina Atomoelétrica de Angra I é constituída por 6(seis) grandes e complexos edifícios:

- do Reator;
- dos Equipamentos e Sistemas de Controle e Segurança;
- de Armazenamento e Preparo dos Combustíveis Nucleares;

- do Turbogenerador;
- Auxiliares (dois).

Os edifícios do reator e o auxiliar do reator foram construídos sobre estacas cravadas na rocha a uma profundidade de 23 metros e os canais foram construídos sobre aterros compactados.

• Informações sobre o Edifício do Reator

Esta edificação, de forma cilíndrica, tem 75 metros de altura e 35 metros de diâmetro e foi construída com a estrutura de uma casamata ou “bunker”, com dois envoltórios protetores, sendo o externo de concreto e o interno de aço.

Na interior da edificação estão localizados:

- o núcleo do reator, revestido por uma estrutura blindada denominada vaso do reator;
- os geradores de vapor;
- o pressurizador;
- as bombas de refrigeração.

A casamata de concreto do edifício do reator foi a terceira edificação do mundo que foi construída por meio da técnica de formas deslizantes, para grandes estruturas de concreto. A casamata de concreto foi planejada para resistir incólume a um impacto provocado pela queda de um avião de porte médio e às vibrações de um terremoto de magnitude equivalente a oito graus da escala de Richter.

O vaso do reator também é uma estrutura blindada, com 12 metros de altura e 3,35 metros de diâmetro e contém o núcleo ou cadinho do reator atômico. Esta estrutura de aço pesa 120 toneladas e é revestida internamente por um espelho de grafite, que tem por objetivo bloquear a fuga de nêutrons do interior do reator.

Informações sobre o Edifício de Segurança

Nesta edificação está localizada a maioria dos equipamentos dos sistemas de segurança, de alívio e de moderação da criticidade das reações em cadeia, incluindo equipamentos trocadores de energia calórica (serpentinhas), responsáveis pela remoção do calor residual.

Genericamente, os sistemas de segurança têm por objetivo manter a homeostasia das reações atômicas e a redução dos riscos de superaquecimento.

Informações sobre os Edifícios Auxiliares

No edifício auxiliar número 01 estão localizados os painéis de controle dos sistemas de monitorização do funcionamento da UAE, incluindo a sala de controle das operações, além de sistemas de exaustão, renovação e condicionamento do ar.

No edifício auxiliar número 02 estão localizados numerosos equipamentos e componentes de sistemas auxiliares relativos ao funcionamento da UAE e das unidades prestadoras de serviços gerais, inclusive equipamentos desmineralizadores da água utilizada nas instalações.

Informações sobre o Edifício de Combustível Atômico

Nesta edificação blindada, com paredes duplas de concreto envolvendo uma lâmina de concreto baritado, à prova de radiações, estão localizados os compartimentos de armazenagem do combustível nuclear novo e usado (queimado ou irradiado).

Esta edificação dispõe de equipamento robotizado, que permite a manipulação telecomandada destes combustíveis, durante as operações de:

- *recebimento do combustível novo, constituído por pastilhas de urânio semi-enriquecido (3%), contidas num envoltório de uma liga de zircônio (zircaloy);*
- *recarregamento do núcleo do reator;*
- *carregamento de *containers* blindados com o combustível usado, com a finalidade de permitir o transporte seguro do mesmo até os depósitos de lixo atômico;*

Informações sobre o Edifício do Turbogenerador

O edifício do turbogenerador difere muito pouco e é bastante semelhante à edificação similar, que é instalada numa usina termoelétrica (UTE) convencional.

No caso específico da UAE de Angra I, esta instalação abriga um turbogenerador que é constituído por um(a):

- *turbina de três estágios do tipo “Tanden-compound”;*
- *gerador trifásico de 60 Hertz, com uma potência líquida de 626 megawatts.*

Na área da UAE também estão localizados os (as):

- *transformadores principais, auxiliar e de serviço;*

- subestação elevadora de 500 kw(quilowatts);
- cisternas de água, a estação de tratamento de água (ETA) e a tomada e descarga da água utilizada no circuito terciário de refrigeração.

Operacionalização das Usinas Atomoelétricas do Brasil

Tanto o reator da UAE de Angra I como os das usinas Angra II e Angra III são moderados e refrigerados com água leve e pressurizada (PWR). Nestes reatores de água leve, a água que circula no núcleo do reator é desmineralizada e mantida sob forte pressão (150 atmosferas), o que permite que se mantenha em estado líquido a uma temperatura de aproximadamente 300 graus centígrados.

O primeiro Reator PWR (reator de água pressurizada) foi usado no submarino Náutilus em 1955.

No caso específico destes reatores de água leve submetida à alta pressão, a água desmineralizada é utilizada, ao mesmo tempo, como elemento refrigerador e moderador. Estes refrigeradores de água leve podem utilizar urânio enriquecido e semi-enriquecido, puro ou em mistura com o plutônio, como combustível. No caso específico das UAE brasileiras, o combustível utilizado é o urânio semi-enriquecido com 3% de U235.

O sistema de resfriamento dos reatores PWR, utilizado no Brasil, é constituído por 3(três) circuitos de água absolutamente estanques. A água do circuito primário é aquecida pelo calor decorrente da fusão do urânio, no núcleo do reator, atingindo uma temperatura de 300 graus centígrados.

Esta água superaquecida é conduzida por tubulações resistentes a altas pressões até o gerador de vapor, onde vaporiza a água do circuito secundário, sem entrar em contato com ela.

O reator da UAE de Chernobyl era de água fervente (BWR). Nestes reatores não existem circuitos de água estanques, interligados por sistemas trocadores de energia térmica. Desta forma, a água que funciona como elemento moderador e refrigerador, também funciona como propulsor das turbinas do turbogerador. Os reatores BWR foram desenvolvidos nos Estados Unidos em 1953, mas estão em desuso nos países ocidentais.

Sistemas de Controle e de Radioproteção

A radioproteção é garantida pela compartimentação e pela blindagem dos diversos compartimentos, tanto do edifício do reator atômico, como do edifício onde são manipulados os combustíveis.

O núcleo do reator, ou cadinho, é protegido pelo vaso de pressão que possui paredes espessas e é revestido internamente por um espelho de grafite, que impede a fuga de nêutrons para o meio ambiente interno do edifício do reator.

O edifício do reator, por sua vez, é revestido por um envoltório de aço e por outro de concreto armado, cuja espessura média é superior a 1,10 metro.

As tubulações do circuito primário de água sob alta pressão são suficientemente espessas, para evitar a fuga de radiações eletromagnéticas e partículas subatômicas e suficientemente resistentes, para suportar sem riscos de vazamentos as superpressões próximas a 200 atmosferas.

As paredes do gerador de vapor e as tubulações do mesmo também são suficientemente estanques e resistentes, para evitar vazamentos de água ou de vapor.

Todos os equipamentos de manipulação de material combustível e de outros materiais ionizados são robotizados e telecomandados por pessoal técnico, a partir de áreas de refúgio protegidas contra radiações, superaquecimento e superpressões, as quais são localizadas na sala de comando do edifício auxiliar do núcleo 1.

Os sistemas de segurança, relacionados com a operacionalização dos reatores atômicos, em condições homeostáticas, dependem da atuação interativa dos sistemas de monitorização e de alívio. Quando ocorre uma tendência para uma ruptura do equilíbrio dinâmico, funciona o sistema automático de desligamento. Como já foi especificado, no caso dos reatores de água pressurizada, a água leve funciona como elemento de refrigeração e de moderação das reações atômicas em cadeia.

O desligamento, automático ou manual, do reator atômico é conseguido por meio do mergulho de barras controladoras de cádmio, háfnio, boro ou grafite entre os elementos combustíveis existentes no interior no reator. O mergulho das barras controladoras, absorvedoras de partículas subatômicas, no núcleo do reator, reduz instantaneamente a massa crítica, responsável pelo desenvolvimento das reações atômicas em cadeia.

O controle de qualidade de todos os equipamentos mecânicos e, em especial, dos chamados “comandos de estudos” deve ser extremamente rígido e todos os equipamentos devem ser minuciosamente especificados na documentação básica que define as intenções do projeto.

De um modo geral, todos os sistemas de monitorização e de segurança devem ser planejados, de forma redundante. Esta preocupação com a redundância permite que, ocorrendo alguma falha em qualquer destes sistemas, exista sempre um sistema, em paralelo, que assuma as suas funções. Existem

casos em que se justifica que funcionem em paralelo, até 4 (quatro) subsistemas de monitorização e de alívio diferentes. Também é importante que, quando ocorrerem falhas nos sistemas automatizados e robotizados, as respostas pré-programadas possam ser acionadas manualmente.

Redução dos Riscos de Falhas Humanas

Já ocorreram acidentes em plantas atômicas porque um técnico acionou erradamente um botão no painel de telecomando. Em aproximadamente 58% dos acidentes e quase-acidentes ocorridos em plantas atômicas, o evento inicial, que desencadeou a cadeia de incidentes, dependeu de falha humana.

A redução de erros humanos depende de um bem planejado programa de valorização dos recursos humanos e de estudos ergonômicos que permitam uma harmoniosa interação entre o homem e a máquina.

A valorização dos recursos humanos inicia-se com uma criteriosa seleção física, psicotécnica e técnica dos operadores e desenvolvem-se com adequados programas de preparação, adestramento e de treinamento em serviço destes técnicos.

As atividades de auditoria, com o objetivo de verificar possíveis mudanças não autorizadas dos procedimentos, devem ocorrer com grande freqüência e os transgressores das regras padronizadas devem ser submetidos a processos de reciclagem e de revisão do treinamento, em serviço.

Está comprovado que a fadiga física e mental e o estresse contribuem para aumentar a freqüência de falhas humanas e dos acidentes de trabalho. Por outro lado, o programa de otimização do condicionamento físico e mental é muito importante para reduzir a ocorrência de falhas humanas e desenvolve-se em três grandes campos de atuação:

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

Tudo com o objetivo de melhorar as condições de hígidez, resistência imunológica e desempenho neuro-sensório-muscular dos operadores.

O ambiente de trabalho deve ser imaculadamente limpo, seguro, salubre e confortável. O conforto ambiental diz respeito às condições de iluminação, nível de ruídos, temperatura ambiental e conforto térmico, ausência de odores desagradáveis e inexistência de partículas em suspensão no ar.

A limpeza do ambiente de trabalho e o uso de pisos antiderrapantes concorrem para reduzir os riscos de acidentes e aumentar o nível de segurança.

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

A evolução tecnológica dos tempos atuais, somada aos programas de qualidade total, intensificou as exigências relacionadas com os níveis de precisão e com a velocidade do fluxo de operações, em conseqüência, os estreitos limites da máquina humana foram ultrapassados, em muitos casos.

Como conseqüência desta evolução, o processo de automação e de robotização foi intensificado. No caso das plantas atômicas, as medidas de radioproteção contribuíram para aumentar a robotização, a automação e as atividades de telecomando, a partir de áreas de refúgio estanques e muito bem protegidas contra radiações.

Com o objetivo de se evitar o acionamento errado de teclas dos painéis de controle, sugere-se as seguintes normas de segurança:

- Obrigatoriedade do uso de cartões magnéticos individuais e de senhas para se ter acesso aos painéis de controle do sistema de comando da sala de operações.*
- Necessidade de que determinados comandos sejam precedidos do acionamento seqüenciado de várias teclas, as quais podem ser anuladas, a qualquer tempo, e só desencadear a operação programada, após o acionamento de uma tecla que confirme a intenção do operador.*

CAPÍTULO VI

DESASTRES RELACIONADOS COM CONCENTRAÇÕES DEMOGRÁFICAS E COM RISCOS DE COLAPSO OU EXAURIMENTO DE ENERGIA E DE OUTROS RECURSOS E/OU SISTEMAS ESSENCIAIS

CODAR - HT.D/CODAR - 21.6

TÍTULO I

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE COLAPSO OU EXAURIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS

CODAR - HT. DRH/CODAR - 21.601

1. Caracterização

A água é um componente fundamental e indispensável para todas as formas de vida. Existem microorganismos anaeróbios, que podem sobreviver na ausência do ar, no entanto, nenhum organismo vivo é viável se não houver disponibilidade de água.

O homem pode sobreviver sem alimento, durante várias semanas, metabolizando suas próprias reservas orgânicas, mas morre se for privado de água durante aproximadamente uma semana.

A água representa aproximadamente 70% (setenta por cento) do peso corporal do homem e se distribui pelos seguintes compartimentos orgânicos: espaços intravascular, intracelular e intersticial.

A água é utilizada abundantemente pelo homem:

- *no abastecimento para consumo humano e dos animais domésticos;*
- *na irrigação de suas culturas agrícolas;*
- *nas atividades de pecuária, com destaque para a piscicultura;*
- *nas atividades industriais;*
- *na geração de energia hidroelétrica;*
- *em atividades relacionadas com os esportes aquáticos e com o lazer;*
- *como vias de transporte hidroviário.*

Infelizmente, as coleções de água também são utilizadas, de forma inadequada, para receber despejos de:

- *dejetos humanos e de animais;*
- *efluentes líquidos de origem industrial;*
- *rejeitos de mineração, inclusive de metais pesados como o mercúrio, que são utilizados para facilitar a recuperação de metais preciosos, sob a forma de amálgama;*
- *fertilizantes, especialmente os nitratos e compostos de fósforo e de pesticidas agrícolas, carregados pelas águas das enxurradas.*

As águas não contaminadas e não poluídas são consideradas como bens econômicos limitados que, em muitas regiões do globo, assumem as características de recursos minerais de natureza estratégica, de capital importância para garantirem a continuidade do processo de desenvolvimento econômico e social.

O intenso crescimento demográfico da população mundial, que é maior nos países menos desenvolvidos, está contribuindo para agravar os riscos de desastres relacionados com a escassez de água.

Embora o Brasil disponha de aproximadamente 20% (vinte por cento) das reservas de águas não salinizadas, em estado líquido, que circula na superfície da terra, não se pode descuidar da problemática relacionada com a preservação e com a gestão adequada dos recursos hídricos.

O problema de escassez de recursos hídricos tende a se agravar nas regiões semi-áridas do Nordeste do Brasil, sujeitas às secas periódicas, e nas megalópoles, que vêm crescendo vertiginosamente, como consequência do êxodo rural, caso não se tomem medidas corretivas de médio e de longo prazo.

Como já foi especificado anteriormente, numerosas cidades desenvolveram-se em nós orográficos, que funcionam como grandes dispersores de águas pluviais, que fluem em sentido centrífugo. Nesses casos, as áreas de captação dos recursos hídricos mais abundantes tendem a se afastar dos centros de consumo.

Em algumas cidades, que se desenvolveram nas margens de grandes rios, a poluição das águas, provocada por ações antrópicas, invalida o reaproveitamento dos recursos hídricos. Na grande maioria das vezes, a contaminação e a poluição destas coleções de água, são provocadas pelo despejo de:

- *esgotos sanitários domiciliares, não tratados previamente;*
- *águas pluviais, que escoam em regime de enxurrada, carregando lixo urbano e outros resíduos potencialmente tóxicos, para os mananciais;*
- *esgotos de águas servidas, normalmente ricos em resíduos de sabões, de produtos detergentes e de outros produtos resistentes à biodegradação;*

- efluentes líquidos de origem industrial, que são lançados nas coleções de água corrente sem a remoção prévia de resíduos tóxicos;
- rejeitos de mineração carreados pelas águas utilizadas no processo de concentração dos minerais de valor econômico;
- pesticidas e seus resíduos, que são carreados pelas enxurradas.

É absolutamente necessário que, com o desenvolvimento da consciência ecológica, os recursos hídricos sejam preservados e protegidos contra poluições e contaminações resultantes de atividades antrópicas.

2. Causas

Os riscos de colapso ou exaurimento dos recursos hídricos relacionam-se com a má gestão dos recursos naturais disponíveis, em função de uma deficiente conscientização sobre a importância da ecologia.

O êxodo rural e as migrações descontroladas das populações interioranas, para as grandes cidades, em busca de melhores oportunidades de trabalho, estão contribuindo para o agravamento do problema.

Também contribuem para agravar a situação de colapso, o desperdício dos recursos hídricos, principalmente da água potável e os constantes vazamentos de água das tubulações, válvulas, torneiras e conexões.

O desmatamento sem controle e a depredação do solo agricultável, em consequência de um manejo agropecuário inadequado, estão contribuindo para reduzir a alimentação dos freáticos e, em consequência, estão alterando as curvas de acumulação e de depleção dos rios e aumentando os riscos de escassez de água, nas quadras menos chuvosas do ano.

Em muitas áreas agrícolas, a pressão de consumo, provocada pela má gestão e pelo desperdício dos recursos hídricos, está promovendo situações conflitantes entre proprietários rurais.

O colapso de recursos hídricos

O colapso dos recursos hídricos e, em especial, da água potável, também pode ocorrer em circunstâncias de desastres naturais, como secas, estiagens prolongadas, inundações e escorregamentos de solo, assumindo as características de desastres secundários.

O baixo nível de desenvolvimento sociocultural, uma deficiente conscientização sobre a necessidade de preservar os recursos ecológicos e uma atitude egoísta e imediatista são fatores de agravamento dos riscos de desastres antropogênicos, relacionados com escassez dos recursos hídricos.

3. Ocorrência

O problema de escassez de recursos hídricos e os riscos concentrados de colapso ou exaurimento dos sistemas de abastecimento de água, são mais intensos no Oriente Médio, na África Subsaariana e nas proximidades das grandes áreas desérticas espalhadas pelo globo terrestre.

No Brasil, a escassez de água tende a se agravar nas áreas semi-áridas do Nordeste, por ocasião das secas. É importante recordar que o semi-árido nordestino é uma das regiões semi-áridas mais densamente povoadas do Mundo.

Os riscos de colapso dos sistemas de abastecimento de água são cada vez mais intensos nas grandes megalópoles, que tendem a crescer de forma vertiginosa, em função do grande adensamento das populações urbanas, causadas pelo êxodo rural.

Na África Subsaariana, a crescente escassez dos recursos hídricos, associada com o adensamento demográfico e com as chamadas guerras de desgaste, está contribuindo para o agravamento da fome e da desnutrição, que estão assumindo características de um gravíssimo desastre humano, de difícil solução.

Em algumas regiões do mundo, a crescente situação de escassez deste recurso natural altamente estratégico, tende a ser causa de incremento dos antagonismos entre os povos, que podem evoluir para situações de conflitos bélicos.

4. Principais Efeitos Adversos

O colapso dos sistemas de abastecimento de água potável contribuiu para aumentar a mortalidade geral e, em especial, a mortalidade infantil, como consequência do incremento dos surtos de gastroenterite.

Sob o ponto de vista socioeconômico, a escassez dos recursos hídricos prejudica o desenvolvimento das atividades agrícolas, industriais e de prestação de serviços.

O colapso ou exaurimento dos recursos hídricos dificultam e tendem a inviabilizar o desenvolvimento econômico e social e contribuem para reduzir o bem-estar e as condições gerais de saúde da população.

Ao prejudicar as atividades agropecuárias, a escassez de água contribui para a intensificação dos desastres relacionados com a fome e a desnutrição.

De um modo geral, a redução dos recursos hídricos contribui para:

- *reduzir a expectativa de vida, pelo incremento da mortalidade geral e infantil;*

- *reduzir a capacidade produtiva dos indivíduos, em função da redução da expectativa de vida e do decaimento do estado geral e da capacidade laborativa da população economicamente ativa;*
- *dificultar a instalação de indústrias e o desenvolvimento de atividades relacionadas com a prestação de serviços e com o turismo, contribuindo para o desaquecimento da economia.*

5. Monitorização, Alerta, e Alarme

A monitorização dos desastres relacionados com os riscos de exaurimento ou de colapso dos recursos hídricos depende da articulação e da integração dos seguintes sistemas de monitorização e acompanhamento:

- 1) *Monitorização do tempo e das condições climáticas;*
- 2) *Monitorização dos recursos hídricos de superfície e de subsuperfície;*
- 3) *Monitorização das condições ambientais e dos riscos de poluição e contaminação dos recursos hídricos;*
- 4) *Monitorização das condições de funcionamento dos sistemas de abastecimento de água.*

O metabolismo da água depende do equilíbrio dinâmico entre as atividades anabólicas, que compreendem a acumulação, a captação e o armazenamento da água e as atividades catabólicas, que compreendem a distribuição e o consumo dos recursos hídricos. As atividades de reciclagem, relacionadas com o tratamento da água captada e com descontaminação das águas servidas atuam como processos de realimentação do sistema.

O levantamento e a análise das diferentes variáveis que influem nos ciclos anabólico e catabólico do metabolismo da água e das interfaces, relacionadas com a reciclagem e o reaproveitamento dos recursos hídricos permitem uma razoável previsão, relacionada com os riscos de desabastecimento.

A monitorização do tempo e do clima permite antecipar as precipitações pluviométricas e as temporadas de estiagem e, em conseqüência, prever variáveis relacionadas com a acumulação das águas de superfície e de subsuperfície.

A monitorização dos recursos hídricos de superfície e de subsuperfície permite antecipar o comportamento da água acumulada e reservada, especialmente durante os períodos de estio.

A monitorização das condições ambientais permite antecipar possíveis riscos de poluição ou de contaminação das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície e a proposta de medidas relacionadas com a gestão dos recursos hídricos.

A monitorização do funcionamento dos sistemas de abastecimento, permite antecipar riscos de colapsos sistêmicos e, em consequência, propor o plano de revisões e de manutenções periódicas.

Como os prazos de maturação dos projetos de ampliação dos sistemas de abastecimento de recursos hídricos são relativamente dilatados, as projeções das disponibilidades e das necessidades de recursos hídricos, em função do aquecimento da economia e do crescimento demográfico, são de importância fundamental.

6. Medidas Preventivas

As principais medidas preventivas relacionam-se com a:

- *mudança cultural da população, com o objetivo de estabelecer a consciência de que a água é um recurso natural finito e de sua extrema importância;*
- *proteção dos recursos hídricos de superfície e de subsuperfície, contra riscos de poluição e de contaminação;*
- *gestão otimizada dos sistemas de captação, tratamento, armazenamento e distribuição de água.*

a) Mudança Cultural

É absolutamente indispensável que a população adquira a consciência de que a água é um recurso natural extremamente crítico, especialmente quando estes recursos são destinados ao abastecimento de grandes conglomerados humanos, que tendem a crescer em proporções geométricas.

A falta de preocupação relacionada com a preservação e com a reciclagem da água e, em especial, com a proteção dos recursos hídricos contra a poluição e a contaminação, tende a agravar o problema de abastecimento de água.

Na condição de recurso crítico, o uso da água deve ser otimizado e racionalizado e a população deve ser educada para evitar o desperdício deste precioso recurso mineral.

b) Proteção dos Recursos Hídricos

O quadro de crescente poluição e contaminação das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície tende a assumir as características de um desastre global.

Uma especial atenção deve ser direcionada para os chamados produtos químicos persistentes, que se caracterizam por sua maior resistência aos

processos de biodegradação e de oxidação química, quando em contato com o meio ambiente. Produtos químicos persistentes, como os pesticidas organoclorados, tendem a se acumular na água, no solo e até mesmo nos organismos vivos.

Por tais motivos, produtos químicos persistentes, como os organoclorados, tendem a ser proibidos na maioria dos países do mundo, inclusive no Brasil.

Os métodos e processos de descontaminação das águas servidas, das águas de esgoto e dos efluentes industriais, têm por objetivo absorver, neutralizar ou destruir agentes químicos, biológicos e radiológicos, tornando-os inofensivos, para o meio ambiente.

Em princípio, os processos de descontaminação e de neutralização de produtos perigosos devem ser inofensivos para os ecossistemas e devem se harmonizar com os processos naturais de depuração ambiental.

Esses métodos de limpeza, neutralização, remoção e destruição de produtos potencialmente perigosos devem causar um mínimo de prejuízos para o meio ambiente e, em especial, para os seres vivos (animais e vegetais) que integram a biota.

Os métodos de reciclagem fundamentam-se no princípio de Lavoisier, segundo o qual: na natureza nada se perde, nada se cria, tudo se transforma.

A reciclagem fundamenta-se na idéia de que aquilo que é lixo ou resíduo, sem utilidade, para uma determinada área habitada ou industrial, pode ser aproveitado, como um insumo importante, num novo processo industrial. Desta forma, a reciclagem, além de atuar como um importante método de despoluição e descontaminação dos ecossistemas, contribui para a preservação de recursos naturais.

A biodegradação corresponde a um dos mais importantes processo de depuração natural e caracteriza-se pela decomposição ou metabolização de uma substância potencialmente perigosa, no ambiente natural, como consequência da ação interativa de sistemas biológicos integrados.

Os 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 biodegradáveis, por serem menos nocivos, a médio e longo prazo, para o meio ambiente.

Corpos de Bota-Fora e Bacias de Contenção

As áreas de bota-fora permitem a deposição de resíduos sólidos, normalmente inertes, resultantes da mineração, das atividades de construção

civil e do processamento industrial. O depósito resultante é conhecido como corpo de bota-fora e deve ser planejado com grande antecipação e com muito boa margem de segurança.

As bacias de contenção são construídas aproveitando depressões do terreno que são circundadas por diques muito bem consolidados. Estas bacias são utilizadas para conter misturas líquidas potencialmente perigosas, resultantes do vazamento de tanques ou tubulações e para impedir que estas misturas contaminem mananciais e cursos de água, antes de completamente depuradas.

Incineradores de Grande Potência

Em alguns casos, a única forma de destruição de produtos perigosos, evitando que os mesmos contaminem o meio ambiente, é a queima controlada dos mesmos em incineradores especiais de muito grande potência.

Tendo em vista o custo extremamente elevado destes incineradores, planejados para funcionar com temperaturas extremamente elevadas, firmas especializadas constroem e operam estes incineradores em apoio a numerosas indústrias que atuam numa determinada região, encarregando-se de coletar os produtos perigosos e de destruí-los por combustão controlada e assistida, por pessoal técnico especializado.

Estes incineradores de grande potência são protegidos por sistemas de filtragem eletrostática instalados nas chaminés de tiragem dos gases superaquecidos.

Filtros Eletrostáticos

Quando bem planejados e arquitetados, os filtros eletrostáticos têm condições de reduzir em mais de 98% os riscos de contaminação ambiental provocados por emanações gasosas potencialmente perigosas.

As emanações gasosas, em suspensão na atmosfera, podem ser causas de desastres secundários mistos, como:

- *as chuvas ácidas;*
- *o efeito estufa;*
- *a redução das camadas de ozônio.*

Nas regiões intensamente contaminadas por emanações gasosas potencialmente perigosas, as águas das chuvas, ao diluírem estas emanações, já atingem a superfície da terra, em condições que dificultam o seu uso e como poluidoras do meio ambiente.

c) Gestão Otimizada dos Sistemas de Abastecimento de Água

Os sistemas de abastecimento de água devem ser adequadamente dimensionados para atender cabalmente às necessidades de água da região beneficiada.

É muito importante que as projeções das necessidades e disponibilidades dos recursos hídricos, em função do aquecimento da economia e do crescimento demográfico, sejam calculadas com grande antecipação.

Os sistemas devem ser planejados, arquitetados e construídos, para funcionarem durante muito tempo sem riscos de deterioração. Apesar disto, as atividades de monitorização do sistema, buscando detectar, no mais curto espaço de tempo, possíveis problemas ou defeitos, são de capital importância, para garantir a retroalimentação sistêmica, relacionada com as atividades de manutenção.

Construção de Cisternas

É ideal que nas grandes cidades, se estabeleça a obrigatoriedade de se construir cisternas, de dimensões proporcionais à área impermeabilizada pelas construções, para que se permita o licenciamento de novas construções.

As multimilenares cisternas continuam a ser uma muito boa solução para otimizar o abastecimento e para reduzir o volume das enxurradas nas áreas urbanas.

É fato notório que as edificações, ruas e áreas calçadas ou de solo compactado, existentes no espaço urbano, reduzem drasticamente a capacidade de infiltração do solo e, conseqüentemente, a alimentação dos freáticos. A água não infiltrada provoca as enxurradas e a contaminação das coleções de águas naturais, ao carregarem lixo urbano e outros produtos químicos potencialmente perigosos, para as áreas de drenagem natural.

Por esses motivos, a construção de cisternas, dotadas de sistemas de filtração, contribuem para:

- otimizar a captação e a distribuição dos recursos hídricos armazenados nas mesmas;*
- reduzir a intensidade das enxurradas e inundações urbanas;*
- reduzir os riscos de contaminação de rios e lagos, por detritos urbanos carregados pelas enxurradas.*

TÍTULO II

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE COLAPSO OU EXAURIMENTO DE RECURSOS ENERGÉTICOS

CODAR - H.T DRE/CODAR - 21.602

1. Caracterização

Introdução

Ao longo de sua evolução no Globo Terrestre, na busca de sua sobrevivência como espécie, o homem escreveu uma história, na qual o uso da energia caracterizou-se como fator preponderante, para que ele se tornasse a espécie dominante.

No princípio, o homem utilizou a sua própria força muscular e a de seus familiares e dependentes, para gerar trabalho e garantir a sua sobrevivência. No processo evolutivo, o controle sobre o fogo e o uso da energia térmica foi de capital importância para racionalizar a preparação e a conservação de alimentos e para garantir o aquecimento e melhorar as expectativas de sobrevivência, especialmente durante os períodos de glaciação.

Depois surgiu o trabalho escravo e o homem domesticou os animais e passou a utilizar a força muscular dos mesmos, crescendo em poder.

Durante o neolítico superior, o carvão cresceu de importância, como fonte de energia e deu início à era do bronze e, com a evolução, surgiu a era do ferro e o uso da roda, caracterizando um ciclo de progresso excepcional.

O homem passa a plantar cereais e, no prosseguimento, a energia mecânica gerada pelas quedas d'água e a energia eólica foram utilizadas para movimentar as moendas. O uso da energia eólica também foi preponderante para o desenvolvimento da navegação.

Em tempos modernos, o desenvolvimento dos motores a vapor, associados ao uso intensivo do carvão mineral, desencadeou a revolução industrial e facilitou o desenvolvimento do transporte pesado a longas distâncias, por meio dos trens de ferro e dos vapores.

Com a vulgarização dos motores elétricos e dos alternadores, as usinas hidroelétricas – UHE – e termoelétricas – UTE passaram a ser sinônimo de progresso, o qual se tornou vertiginoso com o desenvolvimento dos motores a explosão e dos motores turbinados, associados ao uso intensivo dos derivados de petróleo. Crescem as rodovias e a aviação contribui para reduzir as distâncias e o mundo assume características de uma aldeia global.

A partir do término da II Guerra Mundial, a construção de usinas atomoelétricas – UAE, utilizando combustíveis fósseis, como o Urânio 308, contribuiu também para diversificar e ampliar a oferta de energia, especialmente nos países do hemisfério norte.

A partir da crise do petróleo, o interesse pela produção de energia renovável, a partir da biomassa, foi o principal responsável pelo incremento da indústria alcooleira no Brasil.

Em tempos mais recentes, cresceu o interesse pelo uso de fontes alternativas de energia, como a energia solar, eólica, geotérmica e a gerada pelos movimentos das marés e as pesquisas nesta área foram incentivadas.

Nos dias atuais, é fato notório que a oferta de energia suficiente é absolutamente indispensável para garantir o desenvolvimento socioeconômico dos países e para elevar o nível de bem-estar da população. Desta forma, o consumo per capita de energia, que no Brasil corresponde a apenas 2 megawatts/hora, constitui um dos índices mais precisos, para medir o nível de bem-estar e de desenvolvimento geral de um país.

Introdução ao Estudo das Matrizes Energéticas

Nas atuais condições de desenvolvimento tecnológico, as principais fontes de energia, que constituem a chamada matriz energética dos diferentes países são o(s) :

- *sistemas de geração, transporte e distribuição de energia elétrica, que é gerada em usinas hidroelétricas – UHE, termoelétricas – UTE e atomoelétricas - UAE, das quais, as primeiras usam fontes renováveis e as duas últimas utilizam fontes não renováveis.*
- *uso de combustíveis fósseis e não renováveis, como os derivados de petróleo, os gases naturais e o carvão mineral, os quais são utilizados nos motores à explosão, nos motores turbinados, no aquecimento de caldeiras e na produção de energia elétrica.*
- *uso de combustíveis fósseis e não renováveis, como o Urânio 308, o qual é utilizado na geração de energia elétrica e que se desenvolveu de forma acelerada, nos últimos 50 anos.*
- *uso de combustíveis oriundos da biomassa e renováveis, como o álcool, o bagaço de cana, a lenha e o carvão vegetal.*
- *uso de fontes alternativas de energia, como a energia solar, a energia eólica, a energia geotérmica (Islândia) e a gerada pelo movimento das marés que, embora pouco importantes no âmbito geral, podem contribuir, em âmbito local, para racionalizar o consumo de energia.*

Ao se examinar a matriz energética, a partir de uma perspectiva geoestratégica, conclui-se que os países, como o Brasil, devem desenvolver esforços para:

- garantir uma produção crescente de energia;*
- reduzir ao máximo a dependência de fontes externas de energia;*
- aumentar suas reservas de fontes de energia não renovável;*
- desenvolver e diversificar sua matriz energética, tomando-a equilibrada e pouco vulnerável.*

Estudo da Matriz Energética Brasileira

O Brasil não gera energia suficiente para atender a sua demanda interna. Em 1999, segundo dados do Ministério das Minas e Energia, o País produziu 202,7 milhões de toneladas equivalentes de petróleo – tep e consumiu 231 milhões de tep, apresentando um déficit de 28,3 milhões de tep, que foram supridas pela importação.

A produção nacional de energia está concentrada nas formas de energia primárias renováveis, como a energia hidráulica e a produzida pelo álcool, pelo bagaço de cana, pela lenha e pelo carvão vegetal, que corresponde a 66% do total, enquanto que as fontes não renováveis de energia primária, como o petróleo, o gás natural, o urânio 308 e o carvão mineral, correspondem a 34% do total.

Nos últimos 10 anos, a dependência da lenha e do carvão vegetal, como fonte primária de energia caiu de 15% para 8,4% enquanto que a energia gerada pelo petróleo subiu de 30,2% para 33,8%.

Estudo da Produção de Energia Elétrica

O tempo da maturação e de desenvolvimento dos grandes projetos geradores de energia hidroelétrica é superior a 6 (seis) anos. Por este motivo, a redução dos investimentos nas áreas de geração, transporte e distribuição de energia elétrica, ocorrida nestes últimos anos, gerou perspectivas sombrias, com relação ao futuro próximo deste País, caso os investimentos nesta área estratégica não sejam retomados e incrementados, a muito curto prazo.

É possível que a progressiva desestatização do setor e a atração de capitais de risco, nacionais e estrangeiros, para investir nesta importante área estratégica, contribuam para minimizar o problema a médio prazo.

Do total da capacidade instalada de geração de energia elétrica do Brasil, que em 1999 corresponderia a 68,4 giga watts, as usinas hidroelétricas – UHE – respondiam por 86,5%, enquanto que as usinas termoeletricas – UTE – e atomoelétricas – UAE – correspondiam a 13,5%.

Em 1999, a produção efetiva correspondeu a 332 milhões de mw/h, enquanto que o consumo correspondeu a 315 milhões de mw/h, permitindo uma folga de apenas 17 milhões de mw/h, que equivale a 5% ao ano, sem riscos de colapso dos sistemas energéticos.

Em 1999, foram acrescentados 3,04 GW à capacidade instalada, o que corresponde a um crescimento de 4,4%, com a entrada em operação das seguintes usinas:

- hidroelétricas – UHE – Salto Caxias (1.240mw), Porto Primavera (320mw), Três Irmãos (161mw), Canoas I e II (154,5mw) e Igarapava (210mw);*
- termoeletricas – UTE de Campo Grande (201,2 mw) e de Cuiabá (150mw).*

No ano de 2000 foram ultimadas as hidroelétricas de Itá e de Serra da Mesa e mais de 10 novos aproveitamentos foram licitados.

Com a conclusão do Gasoduto Bolívia-Brasil, a participação do gás natural, como fonte primária de energia, crescerá de 2,8% para 12%, até o ano de 2010, e até o final do ano de 2003 serão construídas 43 UTE e 4 UTE serão convertidas para consumir gás natural.

No que diz respeito às usinas atomoelétricas, a Usina Angra I vem produzindo 25 milhões de mw/h, a Usina Angra II foi concluída em 21 de julho de 2000 e sincronizada à rede distribuidora em 18 de agosto. Estima-se que com a conclusão da Usina Angra III, em 2007, as três usinas passem a gerar 50% da energia consumida no Estado do Rio de Janeiro.

Estudo da Produção de Combustíveis Líquidos

Em 1999, a produção de petróleo no Brasil alcançou a marca de 1,1 milhão de barris/dia, apresentando um crescimento de 12,6% com relação ao ano anterior. Com este acréscimo, a dependência de importação, que era de 44% em 1995, caiu para 31%.

No entanto, o preço do petróleo que em 1999 correspondia, em média, a 16 dólares por barril, subiu no ano de 2000 para 35 dólares, obrigando a um gasto de 6,5 bilhões de dólares na importação de petróleo, representando um dispêndio adicional de 2,2 bilhões de dólares, com relação a 1999.

As reservas provadas de petróleo do Brasil, em 1999, correspondiam a 8,2 bilhões de barris, o que permitia uma garantia de produção por aproximadamente 15 anos.

Estes números indicam que deverá haver um esforço redobrado na área de pesquisas para:

- diversificar nossa matriz energética, aumentando o consumo de combustíveis renováveis;*
- aumentar nossas reservas petrolíferas, permitindo uma menor dependência do mercado mundial.*

No que diz respeito à produção de álcool etílico, anidro e hidratado, o Brasil, com uma produção média de 14 milhões de metros cúbicos por ano, é o maior produtor mundial, seguido pelos Estados Unidos da América, com uma produção de aproximadamente 3 milhões de metros cúbicos, e tem condições de elevar substancialmente a sua produção.

O tratamento de óleos vegetais com a introdução de agentes catalisadores, em fase de desenvolvimento, tende a gerar óleos combustíveis de qualidade superior ao diesel. Como o potencial de produção de óleos vegetais do Brasil é imenso, os combustíveis renováveis constituídos pelos óleos vegetais e pelo álcool etílico poderão contribuir para reduzir a dependência do petróleo.

2. Estudo das Vulnerabilidades

Embora os primeiros motores à explosão fossem movidos a álcool, os interesses econômicos das grandes companhias petrolíferas direcionaram o desenvolvimento dos motores à explosão e dos motores turbinados para utilizarem os derivados de petróleo.

Esta política foi fortalecida pelos custos iniciais relativamente baixos, relacionados com a produção e com a industrialização do petróleo, pela rápida capitalização das grandes companhias petrolíferas que desenvolveram uma tecnologia altamente sofisticada de exploração de petróleo.

Em consequência, as pesquisas relacionadas com o desenvolvimento de outros combustíveis foram negligenciadas.

O vertiginoso crescimento do consumo destes combustíveis, em consequência do desenvolvimento do transporte rodoviário, da aviação e da mecanização da lavoura, fez com que os derivados de petróleo adquirissem uma crescente importância econômica.

O surgimento da OPEP, constituída por uma associação de países produtores, que detém 40% das reservas comprovadas de petróleo do Mundo, reduziu o poder das grandes multinacionais e assumiu o comando mundial do preço do petróleo.

Nestas condições, países como o Brasil, que não são auto-suficientes na produção de petróleo, têm as seguintes alternativas:

- *incrementar a pesquisa e a descoberta de novas jazidas;*
- *intensificar o uso de combustíveis renováveis, como o álcool etílico e os óleos vegetais;*
- *disciplinar o consumo de combustíveis, melhorando a eficiência dos motores.*

A queima intensiva de carvão mineral, especialmente nas usinas termoelétricas, é considerada absolutamente inconveniente, por seu grande potencial de poluição da atmosfera, responsável pela intensificação do efeito estufa e pela produção de chuvas ácidas.

A geração de energia elétrica em usinas atomoelétricas vem sofrendo uma forte pressão dos movimentos ambientalistas, que temem a repetição de desastres atômicos, como os de Chernobyl e de Three Mile Island, e se preocupam com a destinação do chamado lixo atômico.

Os programas relacionados com a produção e o consumo de combustíveis renováveis, como o álcool etílico (PROALCOOL) e os óleos vegetais são altamente promissores, principalmente em países de elevados índices de insolação como o Brasil.

No entanto, estes programas são dificultados pela falta de continuidade e por uma interpretação equivocada dos interesses estratégicos do Brasil, com relação à globalização da economia.

Nas condições atuais de desenvolvimento tecnológico, os projetos relacionados com fontes alternativas de energia, como a solar e a eólica, permitem apenas soluções pontuais de geração de energia em pequena escala. Apesar disto, estes projetos não podem ser descartados, como fontes complementares de geração de energia.

Num país com as características do Brasil, o potencial de geração de energia, a partir de Usinas Hidroelétricas – UHE deve ser aproveitado com grande prioridade. Durante muitos anos, a Matriz energética brasileira será dominada pela hidroeletricidade.

3. Causas

É absolutamente indispensável que o homem se conscientize da imensa importância da energia, como condicionante básico do processo de desenvolvimento econômico e social e se empenhe decisivamente na busca da otimização da produção, da distribuição e do consumo de energia.

As pesquisas relacionadas com a produção de motores aperfeiçoados, que consumam menores quantidades de combustíveis e que utilizem combustíveis renováveis, como o álcool e os óleos vegetais, devem ser incrementadas.

Anos seguidos de consumo desenfreado de energia barata e abundante contribuíram para gerar hábitos de desperdício nos países mais desenvolvidos. Em muitos países, é muito grande a percentagem de veículos automotores dotados de motores extremamente potentes, que trafegam diariamente com apenas um passageiro.

A noção arraigada de que “tempo é dinheiro” contribuiu para um incremento vertiginoso do transporte aéreo de passageiros e de cargas e para uma brutal redução do transporte ferroviário e marítimo de passageiros a longas distâncias.

Em muitos países emergentes, como o Brasil, o transporte rodoviário, que proporcionalmente consome muito mais combustível prepondera sobre o transporte ferroviário, fluvial e de cabotagem, que consomem muito menos combustível por tonelada/quilômetro transportada.

O desperdício de energia elétrica, que vem sendo indevidamente utilizada em aquecedores pode ser reduzido com a instalação de aquecedores solares.

No Brasil, com exceção da Região Norte Ocidental, todas as demais Macrorregiões Geográficas são interligadas num imenso sincício, que facilita o transporte de energia elétrica, para as áreas de consumo intensificado. A existência destas imensas redes de transporte de energia a grandes distâncias exige que se intensifiquem as pesquisas relacionadas com:

- as perdas de energia durante a transmissão;*
- o controle da distribuição da energia, em função das necessidades de consumo.*

O tempo de maturação dos grandes projetos geradores de energia deve ser considerado, para que os riscos de colapso sejam minimizados.

Com o mundo superpovoado pela espécie humana, os riscos de exaurimento de algumas fontes primárias de energia elétrica inviabilizariam a continuidade da sobrevivência do homem como espécie dominante, e o mundo retornaria à barbárie.

4. Ocorrência

Os riscos relacionados com o gradual exaurimento das fontes de energia não renováveis e com o colapso dos sistemas energéticos são crescentes em todos os países do mundo.

Situações de colapso (black-out) provocadas por piques de sobrecarga de consumo de energia estão ocorrendo, inclusive em países muito desenvolvidos, como os Estados Unidos da América, com frequência crescente, em função da redução da margem de segurança existente entre a energia produzida e a energia consumida.

Há pouco mais de 20(vinte) anos, os principais países exportadores de petróleo precipitaram uma crise na matriz energética, de âmbito mundial, que afetou a economia dos países importadores, como o Brasil, ao elevarem bruscamente o preço desta fonte de combustíveis. Este episódio contribuiu para agilizar na consciência da sociedade mundial a percepção dos riscos relacionados com o desabastecimento de energia.

É absolutamente importante entender que todas as formas de energia existentes no Planeta Terra originaram-se da energia atômica gerada pelo sol e pelas estrelas (energia cósmica) e pela energia acumulada no núcleo da Terra (energia geotérmica). Também é importante caracterizar que a energia está em constante transformação e que flui das áreas de maior produção, para as áreas de maior consumo, em função dos gradientes estabelecidos.

Nos próximos 50(cinquenta) anos, nenhum país do mundo pode se considerar absolutamente imune aos riscos relacionados com o desabastecimento de energia, se não ocorrerem substanciais avanços tecnológicos na área de otimização da produção, transporte a longa distância, distribuição, transformação e consumo de energia.

5. Principais Efeitos Adversos

Riscos de Exaurimento dos Sistemas Energéticos

O exaurimento dos sistemas energéticos tende a ocorrer de forma gradual e a assumir as características de desastres de evolução crônica.

O metabolismo energético, da mesma forma que o metabolismo da água, é de vital importância para a sobrevivência dos seres vivos e das sociedades.

A ausência de fluxos de energias, constantemente renovados, corresponde à morte dos organismos vivos e dos organismos sociais.

Como a energia flui sempre de um ponto para outro, em função do estabelecimento de gradientes diferenciais, a ausência de produção de energia e de sistemas energizados gera a estagnação, a estagnação e a morte.

Por tais motivos, todos os países do mundo devem considerar os sistemas de produção, transporte, distribuição, transformação e consumo de energia, altamente prioritários e de grande importância estratégica.

Como os prazos de maturação dos projetos energéticos são relativamente dilatados, os estudos prospectivos, relacionados com as necessidades de produção e de consumo de energia assumem uma imensa importância estratégica.

Qualquer retardo no desenvolvimento dos sistemas energéticos se traduz num (a):

- *num aumento de risco de exaurimento ou colapso destes sistemas;*
- *numa redução da velocidade dos investimentos produtivos;*
- *numa redução do nível de crescimento econômico e social do país.*

Riscos de Colapso dos Sistemas Energéticos

Os colapsos dos sistemas integrados de energia, por sobrecarga de consumo ou por disfuncionamento dos órgãos responsáveis pela monitorização da distribuição de energia, provocam grandes áreas de escurecimento completo (black-out), com características de desastres súbitos.

Está comprovado que o nível de vulnerabilidade social aos colapsos energéticos relaciona-se diretamente com o grau de desenvolvimento econômico e social atingido pela comunidade afetada. Quanto mais desenvolvida for a sociedade, maiores serão os riscos de danos humanos, materiais e ambientais e de prejuízos econômicos e sociais, provocados por estes desastres.

Nos hospitais, os colapsos dos sistemas de energia podem provocar danos humanos graves, inclusive a morte dos pacientes de alto risco, internados em unidades de tratamento intensivo e unidades neonatais, ou em tratamento em blocos cirúrgicos. Daí a importância dos geradores de energia que garantam a energização das unidades mais sensíveis aos colapsos energéticos.

Numerosas indústrias processadoras são afetadas por quedas bruscas no fornecimento de energia e os danos e prejuízos decorrentes destas interrupções podem ser vultosos.

Com a vulgarização dos computadores e com a transformação do mundo em aldeia global, em consequência do incremento das atividades de teleprocessamento e de telecomunicações, as interrupções do fornecimento de energia podem bloquear as trocas econômicas nas áreas afetadas.

Nas edificações altas, os colapsos energéticos podem provocar graves problemas de circulação vertical e nos sistemas de segurança destes edifícios.

Os colapsos dos sistemas energéticos também geram problemas nos sistemas de circulação horizontal dependentes de energia elétrica, como os metrô.

Os sistemas de monitorização das unidades de processamento industrial são afetados pelos colapsos dos sistemas eletrificados e nas linhas de montagem robotizadas, estes colapsos podem descalibrar a aparelhagem exigindo demoradas medidas de reajustamento das mesmas.

6. Monitorização, Alerta e Alarme

Evidentemente, o controle diário da produção, distribuição e consumo de energia, nos grandes sistemas energéticos integrados, depende de sofisticados e precisos sistemas de monitorização.

Num país como o Brasil, onde grandes regiões geográficas, com exceção da Amazônia ocidental, estão integradas num grande sincício energético cresce a importância do sistema responsável pela monitorização da distribuição da energia produzida e consumida.

O fluxo de energia nestes sistemas energéticos “sinciciais” é regulado por numerosos centros periféricos, que funcionam em permanente articulação com centros reguladores de maior hierarquia, que confluem num centro de comando responsável pela monitorização da distribuição da energia neste país de dimensões continentais.

Nos grandes rios, com sistemas de barragens escalonados, o fluxo da água entre as diferentes barragens, a partir das barragens reguladoras, também é controlado e regulado por sistemas integrados de monitorização.

No caso brasileiro, país tropical com forte predominância da produção de energia hidroelétrica, a produção de energia de “ponta”, por parte das usinas termoeletricas e atomoelétricas, desempenha um importante papel na regulação do sistema.

Finalmente, é indispensável que se monitorizem o tempo e o clima.

7. Medidas Preventivas

Diretrizes Gerais de Planeamento

É de absoluta importância que se desenvolva, no mais curto prazo possível, uma política que objetive garantir o equilíbrio da balança energética, para garantir a viabilização econômica e social do País num futuro próximo.

Tão importante como gerar energia é garantir que a mesma seja consumida de forma racional e equilibrada.

É imperativo que se desenvolva uma cultura de preservação da energia, que se contraponha ao desperdício deste bem de grande importância estratégica.

O desenvolvimento otimizado dos diferentes sistemas energéticos, que compõem a matriz energética de um país, depende de um muito bem articulado sistema de planejamento estratégico.

Quanto mais diversificada e desenvolvida for a matriz energética de um país ou região geográfica, menores serão as vulnerabilidades dos mesmos aos azares do mercado global.

Como o ideal de auto-suficiência energética nem sempre é atingível, é importante que a produção de energia seja incrementada ao máximo e que as importações sejam amplamente diversificadas entre os diferentes mercados exportadores de combustível e de outras formas de energia.

As regras do mercado global, que aconselham que os países se concentrem na produção e na exportação de bens, nas áreas em que são mais competitivos e que importem dos demais países aqueles bens que os mesmos tem maior capacidade de produzir, a preços menores, não se aplicam totalmente no planejamento estratégico da matriz energética.

Embora se aceite que todos os países do mundo são interdependentes, não é bom ser fortemente dependente de importações relativas à composição da matriz energética.

Importância do Setor Hidroelétrico na Composição da Matriz Energética Brasileira

O Brasil dispõem de aproximadamente 20% das reservas hídricas de superfície, em estado líquido, do Globo Terrestre e, em consequência do maior potencial de aproveitamentos hidroelétricos do mundo.

Ao longo dos anos, as grandes empresas construtoras do Brasil desenvolveram uma tecnologia de ponta relacionada com a construção de usinas hidroelétricas – UHE, e adestraram um grande número de engenheiros especializados na construção de grandes barragens.

Após a construção de grandes barragens reguladoras, localizadas nas proximidades das cabeceiras dos grandes rios, como Furnas, Três Marias, Serra da Mesa, Emborcação e Barra Bonita, a construção das barragens subseqüentes, aproveitando os sucessivos desnivelamentos da calha fluvial, torna-se muito mais econômica e rentável, em termos de custo/benefício.

O constante aperfeiçoamento dos sistemas de transporte de energia elétrica, a longas distâncias, está reduzindo as perdas de energia, facilitando a interligação energética entre as diferentes bacias fluviais e das grandes Regiões Geográficas Brasileiras, com exceção da Amazônia Ocidental.

No prosseguimento, há que aproveitar todos os grandes desnivelamentos dos rios de planalto e complementar as grandes barragens, com barragens de médio e pequeno porte. Também é desejável que os proprietários rurais sejam incentivados a construir microusinas geradoras, em suas propriedades.

Evidentemente, não se pode pensar em grandes aproveitamentos hidroelétricos na calha principal do rio Amazonas, mas nada impede que sejam aproveitados os desnivelamentos de seus afluentes pela margem sul, com especial atenção para o projeto da Usina Belo Monte, no rio Xingu.

Na própria calha do rio Amazonas podem ser ancorados grandes tubos afunilados, com turbinas de fluxo interpostas, com o objetivo de aproveitar o volumoso fluxo daquele rio em aproveitamentos hidroelétricos pontuais que beneficiem pequenas cidades ribeirinhas.

Considerando o imenso potencial hidroenergético, altamente diferenciado e bem distribuído por todas as Regiões Geográficas, inclusive o Nordeste, não se justificam imperdoáveis atrasos na construção de novas barragens e no desenvolvimento global do sistema.

Em muitos casos, a construção de eclusas nas ombreiras das barragens, com o objetivo de implantar grandes hidrovias, como a recém-construída Hidrovia Paraná-Tietê é plenamente justificada, em função do aperfeiçoamento dos sistemas de transporte brasileiros.

As preocupações com a preservação ambiental não podem ser descuradas, os animais que seriam atingidos pelo represamento devem ser recolhidos e ambientados em áreas de preservação ambiental.

Os peixes de piracema devem ser protegidos e a indução da ovulação e da espermatogênese com hormônios hipofisários deve se transformar numa prática normal, nos laboratórios de reprodução em apoio às grandes bacias brasileiras. Espera-se que a sementeira de alevinos transforme todas as represas brasileiras em áreas de piscicultura intensiva.

Importância do Setor Petrolífero na Composição de Matriz Energética Brasileira

Embora o País ainda não seja totalmente auto-suficiente em petróleo, uma produção diária de 1,1 milhão de barris de petróleo (1999) é muito importante e permite uma grande economia de divisas.

Como existem perspectivas extremamente favoráveis de aumentar a produção e as reservas petrolíferas disponíveis, os investimentos na prospecção são altamente prioritários.

Por tais motivos, é absolutamente certo que o Brasil abra suas áreas de prospecção, para as grandes companhias petrolíferas e abra mão do monopólio estatal.

No entanto, não é prudente desestatizar a PETROBRÁS e entregar esta importante área estratégica aos azares do mercado global.

É importante registrar que a localização submarina das principais jazidas petrolíferas brasileiras obrigou o País a desenvolver uma tecnologia pioneira, para explorar lençóis petrolíferos localizados em águas muito profundas.

Nestas condições, a companhia estatal tem grandes condições para explorar jazidas submarinas terrestres situadas em países amigos, como Angola e Argentina.

Com o fortalecimento do MERCOSUL, é desejável que se intensifiquem as importações de combustíveis dos países vizinhos e que, da mesma forma que se construiu o Gasoduto Bolívia-Brasil, se pense no futuro, na construção do Gasoduto Argentina-Brasil e no aumento das importações de petróleo dos países sul-americanos.

Importância dos Gases Naturais na Composição da Matriz Energética Brasileira

Os gases combustíveis ocorrem abundantemente nos campos petrolíferos e podem ser utilizados como combustíveis em usinas termoelétricas – UTE – de muito fácil construção e implantação.

Com a conclusão ao Gasoduto Bolívia-Brasil, o Brasil, até 2003, pretende implantar 43 UTE e converter 4 UTE para consumir gás natural.

Além dos gases importados é importante recordar a grande importância para a economia local dos gases produzidos nas bacias Amazônica e do Rio de Janeiro.

Também não pode ser olvidada a grande importância do gás liquefeito de Petróleo – GLP para o consumo a granel na grande maioria das cozinhas brasileiras.

Importância do Setor Atomoelétrico na Composição da Matriz Energética Brasileira

Nas condições atuais, a UAE Angra I vem produzindo 25 milhões de mw/h, a UAE Angra II foi concluída em 21 de julho de 2000 e sincronizada com a rede distribuidora em 18 de agosto. Estima-se que, com a conclusão

de Angra III, em 2007, as três usinas passem a gerar 50% da energia consumida no Estado do Rio de Janeiro.

Como o custo de implantação destas usinas, em condições seguras, continua muito elevado, a intensificação da geração de energia a partir de UAE, ainda não é compensadora, em termos econômicos.

No entanto, é importante que o Brasil se mantenha atualizado no desenvolvimento desta tecnologia, que pode se tornar muito importante num futuro próximo.

É bem provável que, após a implantação de Angra III, o Brasil reduza seus investimentos neste setor.

Importância do Setor Carbonífero na Composição da Matriz Energética Brasileira

As reservas carboníferas de importância econômica estão localizadas na Região Sul do Brasil, com destaque para os estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul.

O carvão brasileiro é de baixa qualidade, muito rico em enxofre e apenas uma pequena percentagem do mesmo é coqueificável. Em consequência, o Brasil importa coque metalúrgico.

Por ser um combustível altamente poluente, o consumo de carvão vapor na geração de energia termoelétrica deve ser visto com reserva. Só se justificando em nível local, para complementar a energia gerada em outras UE.

Para reduzir a poluição atmosférica, estas UTE devem investir fortemente na construção de filtros em suas chaminés, com o objetivo de reduzir a incidência de chuvas ácidas.

Em conclusão, não há interesse em ampliar a capacidade geradora do Brasil, em função de termoelétricas movidas a carvão mineral.

Importância do Setor Alcooleiro e das Oleaginosas na Composição da Matriz Energética Brasileira

1) Estudo do Setor Alcooleiro

Há mais de 100 anos, o etanol vem sendo utilizado como combustível de veículos automotores. Entretanto, a descoberta de grandes jazidas de petróleo e a farta disponibilidade dos combustíveis derivados de petróleo, por preços

relativamente baixos, até o início da década de 70, desincentivaram o interesse pelo etanol e por outros combustíveis líquidos renováveis.

No Brasil, as primeiras misturas de álcool etílico com gasolina ocorreram em 1939, em consequência da redução da oferta mundial de derivados de petróleo provocada pela Segunda Grande Guerra Mundial.

Em consequência dos chamados “choques do petróleo”, ocorridos entre 1973 e 1979, o preço do barril subiu vertiginosamente e, em 1983, o Brasil despendeu aproximadamente 57% de sua pauta de importação, para adquirir petróleo dos países da OPEP.

A elevação das taxas de juros mundiais, em consequência desta elevação de preços, acabou provocando um vertiginoso aumento da dívida externa brasileira.

Em consequência, o Brasil institui o Programa Nacional do Etanol – PROALCOOL e, entre 1975 e 1991, o País aplicou aproximadamente 10 (dez) bilhões de dólares no desenvolvimento do Programa e a produção de álcool, que era de 500 mil metros cúbicos/ano, cresceu 28 vezes, saltando para 14 milhões de metros cúbicos. No momento atual, o Brasil é o maior produtor de álcool do mundo, sendo secundado pelos Estados Unidos da América, com uma produção de 3 milhões de metros cúbicos.

No que diz respeito ao aproveitamento dos subprodutos da produção sucroalcooleira, os reflexos do setor são altamente benéficos:

- As pontas da rama da cana podem ser picadas e utilizadas como volumoso na alimentação do gado ou podem ser ensilados e consumidos em centros de engorda.*
- A palhada da cana, após picada, pode retornar ao solo como cobertura, contribuindo para humificar o solo, reter o carbono da biomassa e reduzir as perdas líquidas por evaporação.*
- O vinhoto ou vinhaça, que até pouco tempo atrás desempenhava o papel de vilão responsável pela poluição dos rios, vem sendo utilizado como potente biofertilizante.*
- O bagaço da cana-de-açúcar é um insumo de alto valor econômico e pode ser:*
 - hidrolisado e usado como volumoso energético na ração do gado;*
 - esfarelado e usado como biofertilizante e na cobertura do solo, em técnicas de plantio direto na palhada;*
 - utilizado na produção de conglomerados ou de polpa de celulose;*
 - utilizado como combustível nas próprias usinas de açúcar e destilarias de álcool ou em pequenas UTE em sistemas de cogeração de energia elétrica.*

- O melaço é utilizado na alimentação do gado e, em função de sua palatabilidade, contribui para aumentar a média diária de ganho de peso.
- Os resíduos do processo de filtração da garapa vêm sendo utilizados no cultivo de minhocas e produção de humos de elevado grau de fertilidade.
- No processo de fermentação da garapa, para produzir a mistura hidroalcoólica que, após destilada, se transforma em álcool, ocorre uma importante reprodução de organismos monocelulares denominados leveduras e pertencentes ao gênero *Saccharomyces*.

Estas leveduras, após depuradas e concentradas, transformaram-se num alimento protetor, riquíssimo em proteínas completas e dotado de todos os aminoácidos essenciais e de todas as vitaminas do complexo "B".

Se, para cada tonelada de álcool produzido, forem depurados 20 quilos de levedura, a produção anual deste magnífico alimento protetor corresponderá a 280.000 toneladas e o problema de carência protéica no Brasil será cabalmente resolvido.

As principais razões que fazem do etanol um combustível altamente vantajoso, quando comparado aos demais combustíveis, e que justificam plenamente uma política de incentivo ao PROALCOOL, são as seguintes:

- *As tecnologias de produção, em larga escala do etanol, foram muito bem desenvolvidas no Brasil, colocando o país numa posição de pioneirismo altamente favorável. Nestas condições, será fácil exportar o álcool anidro e destilarias para outros países.*
- *Embora o álcool possa ser obtido a partir da fermentação de numerosos produtos vegetais, como a beterraba, o milho, a cevada, a uva, a batata e a mandioca, a forma mais econômica de produzir álcool combustível é a partir da cana-de-açúcar.*
- *A agroindústria sucroalcooleira é a maior geradora de empregos nas áreas rurais do Brasil e em numerosos pólos industriais e contribui para reduzir o fluxo de migração para centros urbanos.*
- *O álcool anidro é o melhor aditivo não detonante para melhorar a octanagem da gasolina e de outras misturas combustíveis, sem riscos de efeitos tóxicos.*
- *Todos os produtos resultantes da produção sucroalcooleira adquiriram grande valor econômico.*
- *A produção agrícola da cana-de-açúcar beneficia o meio ambiente ao fixar imensas quantidades de gás carbônico e liberar um grande volume de oxigênio para a atmosfera.*

- O uso da palha da cana, dos biofertilizantes e das minhocas contribuiu para melhorar a qualidade do solo.
- Pesquisadores da EMBRAPA conseguiram inocular rizóbios nas raízes da cana-de-açúcar, reduzindo substancialmente as necessidades de fertilizantes nitrogenados e contribuindo para reduzir os custos de produção.

2) Estudo dos Óleos Vegetais

Um dos óbices que impediram uma maior redução das necessidades de importação de petróleo foi o elevado consumo de óleo diesel. Em conseqüência, as pesquisas objetivando a substituição do óleo diesel por óleos vegetais tornaram-se de capital importância.

O recente aperfeiçoamento de agentes catalisadores permitiu a formação de misturas oleosas com qualidades combustíveis superiores às do óleo diesel e que apresentam um muito menor potencial de poluição ambiental.

Como o potencial de produção de óleos vegetais, neste país de dimensões continentais, é incomensurável é muito provável que, nos próximos anos, o consumo de óleo diesel seja substancialmente reduzido.

Importância do Uso de Fontes Alternativas na Matriz Energética Brasileira

É absolutamente necessário que a pesquisa relacionada com fontes primárias alternativas de energia seja permanentemente incentivada.

A energia eólica foi uma das primeiras fontes naturais de energia cinética a ser utilizada pelo homem e seu uso continua atual, justificando desenvolvimento de pesquisas neste setor. Muitas microrregiões brasileiras, inclusive algumas localizadas nas chapadas do Nordeste Semiárido, são beneficiadas por regimes de ventos, que tendem a se manter constantes nas diversas quadras do ano. Nestas áreas, justifica-se plenamente o uso da energia eólica para reforçar o consumo local e equilibrar a matriz energética. O uso da energia eólica, de forma constante e sem oscilações depende do desenvolvimento dos acumuladores. Nestas condições, a energia eólica é utilizada para gerar energia elétrica, que é acumulada em pilhas ou acumuladores potentes e liberada de acordo com uma razão de carga programada.

O uso direto da energia solar depende do desenvolvimento das células fotoelétricas e dos acumuladores de energia. Um dos usos mais recomendados para a utilização da energia solar é no aquecimento de água. Na condição de país tropical, o Brasil se beneficia de dilatados prazos de insolação, os quais,

num futuro próximo, se transformarão em grandes vantagens relacionadas com o aproveitamento direto desta fonte de energia primária.

No Brasil, o uso da energia geotérmica é restrito e relaciona-se com o aquecimento da água em estâncias hidrotermais, como a de Caldas Novas em Goiás.

É desejável que se estudem as técnicas de aproveitamento da energia das marés, que podem ser aplicadas para outros fins. Em princípio, as usinas que utilizam o fluxo das marés, para gerarem energia – UEM – canalizam o fluxo para tubos afunilados com geradores interpostos. Nestas condições, 50% dos tubos são afunilados em direção à montante e 50% em direção à vazante. Nas marés altas, os tubos que afunilam para a montante funcionam enquanto que os demais são bloqueados. Nas marés baixas, o sistema funciona ao contrário. O princípio de direcionar o fluxo da água, por tubos com turbinas interpostas, pode ser utilizado para gerar pequenos aproveitamentos de energia, para pequenas cidades localizadas às margens de rios caudalosos, como o Amazonas.

A produção de hidrogênio, a partir da hidrólise da água pode ser considerada nas áreas ensolaradas ou muito ventiladas, com o objetivo de melhorar a matriz energética local, diminuir o consumo de lenha e de carvão vegetal e reduzir os riscos de desertificação. Numerosas microempresas, como olarias e padarias, que consomem lenha e carvão poderão queimar hidrogênio, caso a combinação: captação da energia solar ou eólica – produção de energia elétrica – produção de hidrogênio, em hidrolisadores for mais divulgada.

TÍTULO III

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE COLAPSO DE SOBRECARGA DO SISTEMA DE COLETA DE LIXO

CODAR - HT.DLX/CODAR - 21.603

1. Caracterização

As atividades relacionadas com a coleta, tratamento e destinação final do lixo estão se tornando cada vez mais difíceis e complexas, como conseqüência do:

- crescimento demográfico, que tende a ser mais intenso nos países menos desenvolvidos;*
- crescimento acelerado e desordenado de numerosas cidades, em função do êxodo rural, gerando problemas relacionados com a favelização e com a conurbação;*
- menor desenvolvimento sociocultural, relacionado com as atividades de educação sanitária, que contribui para reduzir a prioridade social dos programas relacionados com o saneamento ambiental e, em especial, com a limpeza pública;*
- incremento do consumismo, que induz as pessoas a se desfazer de seus bens, para adquirirem coisas impostas pelo modismo e pela propaganda.*

O êxodo rural e as migrações descontroladas para as grandes cidades de populações marginalizadas, econômica e socialmente, tendem a agravar os problemas de saneamento ambiental, em decorrência do fenômeno da favelização.

Como normalmente as favelas crescem de forma desordenada e sem um mínimo de planejamento urbanístico, em áreas de difícil acesso, as operações de coleta de lixo nestas áreas tornam-se extremamente complexas e de difícil execução.

O lixo acumulado em áreas de encostas e ao longo dos eixos fluviais:

- dificulta a infiltração das águas e a alimentação dos freáticos;*
- torna muito aguda a curva de acumulação e depleção das bacias fluviais urbanas;*
- intensifica os riscos de escorregamentos de solos e de inundações urbanas, com características de enxurradas.*

O manejo do lixo influi de forma relevante na epidemiologia das comunidades, com inegáveis reflexos sobre a saúde pública e sobre as condições de bem-estar das populações. Numerosos hospedeiros e vetores de doenças transmissíveis encontram nos monturos de lixo alimentos e condições adequadas para a sua proliferação. Dentre esses vetores e hospedeiros, há que destacar os roedores, as baratas, as moscas e os mosquitos.

O fenômeno da conurbação, ao interligar numerosas cidades, constituindo verdadeiros sincícios urbanos, contribui para intensificar a especulação imobiliária e dificultar a seleção de áreas que permitam o tratamento e a disposição final dos rejeitos do lixo urbano.

Caso não sejam implantadas técnicas de coleta seletiva que facilitem a adequada separação do lixo urbano, os problemas relacionados com a destinação final dos resíduos sólidos tendem a se agravar.

As técnicas de coleta seletiva e de separação dos componentes do lixo facilitam:

- a reciclagem e o reaproveitamento de uma importante parcela do lixo, constituído por: latas, plásticos, vidros, garrafas, papéis, trapos, papelões, madeiras e material sucateado;*
- o processamento e a compostagem dos resíduos orgânicos, que são vantajosamente utilizados na recuperação e na adubação dos solos agricultáveis.*

É muito importante ressaltar um conceito arraigado nas comunidades mais desenvolvidas social e culturalmente, segundo o qual:

“Cidades limpas são cidades civilizadas”.

A limpeza pública no Brasil e em outros países em desenvolvimento da América Latina ainda constitui um importante problema ambiental.

Na condição de signatário do acordado na III Reunião de Ministros da Saúde, realizada no Chile em 1972, sob o patrocínio da Organização Pan-Americana de Saúde, o Brasil assumiu o compromisso de, ao término da década de setenta, atingir a seguinte meta relacionada com os resíduos sólidos:

- Estabelecer sistemas adequados para a coleta, transporte, tratamento e disposição final dos resíduos sólidos, em pelo menos 70% das cidades com mais de 20.000 habitantes.*

Infelizmente, terminou o segundo milênio e o Brasil ainda está muito distante do cabal cumprimento desta meta.

2. Importância do Problema dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana

Importância Sanitária

O lixo tem grande importância na transmissão de doenças que dependem de vetores e hospedeiros, como ratos, baratas, moscas e mosquitos, que encontram nos monturos de lixo tanto o alimento como condições ecológicas que facilitam a sua proliferação.

Estes hospedeiros e vetores biológicos são responsáveis pela transmissão de doenças, como:

- *febre tifóide, salmoneloses e disenterias, cujo vetor é a mosca;*
- *amebíase, cólera e até mesmo giardíase, transmitidas com interveniência de baratas;*
- *malária, febre amarela e dengue, transmitidas por mosquitos que proliferam nas coleções de água retidas nos monturos;*
- *tifo murino, leptospirose, peste, diarreias e disenterias transmitidas pelos roedores (ratos domésticos).*

Os coletores de lixo podem apresentar doenças e agravos à saúde, de natureza profissional, como resultado:

- *de esforços físicos dissimétricos, intensos e continuados que tendem a se agravar quando a altura da carga é grande e o volume dos recipientes é aumentado.*
- *de acidentes com ferimentos, durante a coleta do lixo.*

A queima do lixo, em condições inadequadas, contribui para poluir a atmosfera.

A deposição do lixo em áreas onde o lençol freático é superficializado contribui para poluir as águas.

Importância Social e Econômica

A importância social e econômica dos resíduos sólidos relaciona-se com diversos fatores, como:

- *a possibilidade de reciclar e reutilizar diversos materiais, como papel, papelão, metais, plásticos, trapos, vidros e material sucateado;*
- *a produção de compostagem, que é utilizada como adubo orgânico na agricultura e em parques e jardins.*

- a execução de aterros sanitários, permitindo a recuperação de áreas inaproveitáveis;
- o aproveitamento de biogás (metano) produzido nos processos de fermentação anaeróbia do lixo orgânico;
- a produção de vapor aquecido de água e de energia elétrica, como subproduto da incineração dos resíduos sólidos.

A reciclagem e reutilização de papelões, papéis e trapos de pano contribuem para conservar e proteger os recursos naturais, ao reduzir o abate de árvores para a produção de celulose. Em alguns casos, esta redução corresponde a uma economia de 30% dos recursos florestais.

3. Causas

O problema de destinação dos resíduos sólidos surgiu quando o homem começou a abandonar o nomadismo e a se fixar em lugares que favoreciam a sua sobrevivência.

Os primeiros processos de manipulação de resíduos sólidos constituíam-se no transporte e lançamento dos mesmos em terrenos impróprios para as demais atividades humanas ou no lançamento destes resíduos em cursos de água. Também há menção, na história antiga, do enterro e da incineração destes resíduos.

Há pouco mais de um século, começaram a surgir soluções racionais e adequadas ao problema do lixo, com o desenvolvimento da engenharia sanitária.

Nos dias atuais, as principais causas da intensificação dos riscos de desastres relacionados com o colapso ou sobrecarga dos sistemas de coleta e destinação do lixo são as seguintes:

a) *Deficiente nível de desenvolvimento sociocultural e das atividades de educação sanitária, no que diz respeito à correta coleta e destinação do lixo e à importância da limpeza pública. As populações com maior nível de desenvolvimento sociocultural e mais bem educadas, no que diz respeito à cidadania são aquelas que colaboram mais ativamente para o bom funcionamento das atividades de limpeza urbana e também são as mais exigentes quanto ao bom desempenho deste serviço essencial.*

b) *Baixo nível de prioridade das atividades de saneamento básico e, em especial, das relacionadas com a coleta e disposição do lixo e com a limpeza pública, para os governos locais. Muitas vezes a solução do problema é entregue a pessoas leigas e despreparadas, em função de ingerências políticas. Em muitos casos, o maior fator de limitação são os reduzidos recursos financeiros destinados a estas atividades.*

c) Intensificação do consumismo. Observa-se que o volume “per capita” do lixo urbano tende a crescer como consequência do desenvolvimento econômico e de apelos propagandísticos responsáveis pelo incremento do consumismo. O incremento do consumismo ocorre de forma mais intensa nas grandes economias emergentes, como é o caso do Japão e dos Estados Unidos, onde até automóveis, com menos de 5 anos de uso, são abandonados ao relento. O fenômeno é menos intenso nos países europeus de cultura mais tradicionalista.

Estima-se que a comida que é jogada no lixo diariamente, nos Estados Unidos, pode garantir a alimentação de oitenta milhões de pessoas.

4. Ocorrência

Os riscos de colapso dos sistemas de coleta e destinação do lixo urbano tendem a se intensificar em praticamente todos os Continentes, como consequência:

- do adensamento demográfico;*
- do incremento ao consumismo;*
- da redução do número de áreas propícias para receber os rejeitos sólidos do lixo;*
- da deseducação das populações, com relação à importância dos sistemas de coleta, para garantir o saneamento ambiental e a salubridade das áreas povoadas.*

O homem moderno caracteriza-se como um grande consumidor de bens e, em consequência, como um grande produtor de lixo urbano, cujo volume tende a crescer em função:

- do adensamento demográfico;*
- da elevação da produção “per capita” de lixo.*

Nos países de menor nível de desenvolvimento social e cultural, o problema tende a crescer, em função do descaso das populações e dos governos locais, que dificulta o esforço de busca de uma solução para o problema.

As dificuldades relacionadas com o sistema de coleta, transporte e destinação final do lixo tendem a crescer nas grandes megalópoles e nas áreas de cidades conurbadas, em função do crescimento das distâncias de transporte e da maior dificuldade para encontrar áreas de deposição dos resíduos sólidos.

Em muitas cidades, as dificuldades de trânsito, decorrentes do grande volume de veículos circulantes, tendem a retardar o escoamento de veículos e a prejudicar as atividades de coleta do lixo urbano.

5. Principais Efeitos Adversos

O acúmulo de lixo urbano e a redução da eficiência dos serviços responsáveis pela limpeza pública contribuem para:

- *Enfeiar e incrementar maus odores nas áreas urbanas e reduzir o nível de bem-estar das populações afetadas.*
- *Aumentar as populações de ratos domésticos, moscas, baratas e mosquitos, que atuam como hospedeiros e vetores de doenças endêmicas transmissíveis a seres humanos, com destaque para a leptospirose e para as gastroenterites.*
- *Reduzir os níveis de saúde pública, aumentar a morbidade e a mortalidade geral e infantil e reduzir as expectativas de vida dos estratos populacionais vulneráveis a esses problemas.*
- *Aumentar os riscos de desastres aéreos, causados por choques de aeronaves com urubus e outras aves carniceiras, atraídos pelos lixões e que podem danificar as turbinas dos aviões.*
- *Prejudicar o desenvolvimento da indústria turística. Os turistas mais abastados são oriundos de países mais desenvolvidos socialmente e tendem a ser mais exigentes em aspectos relacionados com a limpeza pública das cidades visitadas.*

O lixo, quando acumulado nas encostas e nos rios, dificulta os sistemas de drenagem natural e intensifica os riscos de inundações e de escorregamento de solos.

Uma cidade limpa, ao contrário, tem um efeito psicológico favorável sobre seus moradores e visitantes e contribui para elevar os níveis de cidadania e para difundir hábitos higiênicos na população geral.

O aproveitamento de lixo de cozinha, sem tratamento térmico preliminar (100% durante 20 minutos), na alimentação de porcos, tende a perpetuar certas parasitoses, como a triquinose.

O lixo hospitalar de natureza séptica é o que provém do trato das doenças e merece tratamento especial, em função de seus riscos intrínsecos.

O lixo hospitalar é constituído por:

- *ataduras, gases e material de peso em geral;*
- *fragmentos de tecidos humanos, inclusive placentas, provenientes dos blocos cirúrgicos e obstétricos;*
- *resíduos oriundos da limpeza dos blocos cirúrgicos, salas de curativos e de áreas de internação de pacientes portadores de doenças transmissíveis;*

- restos de alimentos e secreções de pacientes infectados.

O lixo hospitalar é acondicionado em sacos plásticos especiais, de coloração leitosa e é depositado em contêineres especiais e de fácil identificação. Em princípio, o lixo hospitalar é coletado separadamente do lixo urbano normal e é queimado em incineradores de alta potência, dotados de filtros eletrostáticos.

6. Monitorização, Alerta e Alarme

Os sistemas de coleta, transporte, tratamento e destinação do lixo devem ser muito bem estruturados e fortemente hierarquizados. Nesta estrutura hierarquizada, os cargos mais importantes para o bom funcionamento do serviço são os chefes de turma e os inspetores de limpeza.

As atividades de limpeza pública e de coleta e destinação do lixo são consideradas como de saneamento ambiental e se integram com todas as demais atividades de saúde pública e de educação para a saúde, no âmbito dos governos municipais.

O bom desempenho destes serviços de limpeza pública e de coleta e destinação do lixo é medido pelos sistemas de Vigilância Sanitária e de Vigilância Epidemiológica. Os sistemas de vigilância, ao controlarem os possíveis efeitos adversos, têm condições de avaliar o bom funcionamento dos serviços de saneamento ambiental.

O nível de eficiência dos serviços de limpeza urbana e de remoção do lixo pode ser aferido pela população de ratos, moscas e baratas existentes nas cidades.

Quando os ratos tornam-se facilmente visíveis nas áreas urbanas, conclui-se que a população de ratos cresceu a um nível equivalente a mais de 4 roedores por habitante. Nestas condições, a leptospirose, doença transmitida pela urina do rato, torna-se endêmica, com surtos de intensificação durante as inundações. Estes dados são muito facilmente confirmados por estudos epidemiológicos.

7. Medidas Preventivas

A manipulação do lixo é desenvolvida nas seguintes etapas:

- acondicionamento;
- coleta e transporte;
- tratamento;
- disposição final.

Acondicionamento do Lixo

O correto acondicionamento do lixo tem por objetivos atender a aspectos:

- *sanitários relacionados com o controle de vetores e de hospedeiros, como as moscas, baratas, mosquitos e ratos;*
- *relacionados com o bem-estar, o conforto e a estética.*

Como o acondicionamento é da responsabilidade direta da população, compete ao serviço de limpeza pública desencadear campanhas de educação sanitária, que conscientizam a população sobre a importância da colaboração, como afirmação da cidadania.

A Vigilância Sanitária tem poder de polícia para compulsar possíveis recalcitrantes a cumprir as posturas municipais que regulam o assunto, inclusive por meio de multas.

A seleção dos recipientes apropriados é muito importante. Estes recipientes podem ser:

- *de plástico rígido;*
- *metálicos, com chapas galvanizadas ou pintadas;*
- *de saco plástico, colorido e opaco;*
- *de papel revestido por plástico.*

As características adequadas destes recipientes são as seguintes:

- *ser hermético, ou seja, à prova de água;*
- *ter tampas bem ajustadas, garantindo um fechamento adequado ;*
- *ser resistente a impactos e à corrosão;*
- *ser de capacidade adequada, não ultrapassando um volume de 100 litros e um peso de 30 Kg, quando carregado;*
- *ser provido de alças, que facilitem sua manipulação pelos lixeiros;*
- *os recipientes rígidos devem ser de forma tronco-cônica, para facilitar seu esvaziamento e limpeza.*

O ideal será o revestimento dos recipientes rígidos, com sacos plásticos de polietileno, não transparente, para facilitar as operações de remoção e limpeza.

No caso de ser implantado o sistema de coleta seletiva, é desejável que se acondicione o lixo em dois recipientes distintos, destes:

- *um é destinado à coleta do lixo orgânico;*
- *outro é destinado à coleta de materiais sólidos recicláveis, como vidros, metais, papéis, plásticos, trapos de pano e outros.*

A utilização de caixas coletoras ou contêineres dotados de tampas móveis, de vários tamanhos e formatos é desejável em mercados, estabelecimentos comerciais, cozinhas industriais, fábricas, escolas, hospitais e em áreas de favelas.

Existem contêineres estacionários, muitas vezes acoplados com dispositivos de compressão e compactação do lixo e contêineres móveis e intercambiáveis, que são transportados por caminhões com desenhos especiais.

Os recipientes não descartáveis e os contêineres devem ser impecavelmente limpos, após a coleta, assim como seus arredores. É desejável que, a intervalos regulares, estes recipientes sejam tratados com inseticidas.

Bases ou prateleiras elevadas, para receberem os recipientes enquanto aguardam a coleta, apresentam as seguintes vantagens:

- *dificultam a corrosão dos invólucros*
- *facilitam a manipulação dos mesmos pelos lixeiros*
- *dificultam o acesso de ratos, cães e outros animais, ao lixo*

O problema dos catadores de lixo nas grandes cidades deve ser considerado e deve ser solucionado com bom senso e prudência. O método ideal é a organização de cooperativas de catadores que trabalhem “por conta própria” em instalações centralizadas dos Serviços de Empresa Pública e de Coleta de Lixo.

Transporte do Lixo

O veículo coletor pode ser de tração animal, nas pequenas comunidades, e obrigatoriamente de tração mecânica, nas cidades maiores.

Os veículos de tração mecânica podem ser de dois tipos:

- *Tipo baú, sem mecanismos de compactação de lixo, que são adotados apenas nas pequenas cidades, quando a prefeitura não dispõe de recursos para adquirir veículos mais apropriados.*
- *Com mecanismos de compressão do lixo, no interior da caçamba.*

As características mais adequadas de uma caçamba são as seguintes:

- *A abertura de carregamento deve ser ampla e localizada na parte traseira do veículo e a aproximadamente 1 metro do solo, para evitar riscos de acidentes e facilitar o trabalho dos lixeiros.*

- O veículo deve ser estanque, de material resistente a corrosão, com cantos arredondados e fundo estanque, para evitar o derramamento de resíduos líquidos nas vias públicas.
- O mecanismo de compactação de ação contínua deve ser suficientemente eficiente, para garantir uma boa capacidade de carga, em função da redução do volume do lixo transportado.
- O veículo deve ter uma boa distância entre os eixos, e o centro de gravidade colocado no nível mais baixo possível, para reduzir riscos de tombamento. O motor do veículo deve ser confiável, de fácil manutenção e capaz de funcionar, durante bastante tempo, a baixas velocidades, sem riscos de superaquecimento.

Em muitas cidades dos países mais desenvolvidos, o transporte é feito por via hídrica. Para tanto instalam-se aparelhos trituradores de detritos nas pias de cozinha de todas as residências e o sistema de esgoto é planejado para receber esta sobrecarga de lixo orgânico diluído. Nestas condições, apenas o material sólido é coletado por viaturas.

Estações de Transferência

Nas grandes cidades e nas cidades conurbadas, a instalação em estações de transferência, dotadas de mecanismos de compactação e de redução do volume de lixo, contribui para reduzir o custo final do transporte.

Nestas estações, o lixo é transferido para grandes carretas rebocadas por “cavalos mecânicos”.

É muito importante que os itinerários e os horários de coleta sejam muito bem planejados, com o objetivo de aumentar o grau de fluidez da operação e reduzir o tempo gasto na ação.

Tratamento do Lixo

Nas cidades conurbadas, os problemas do tratamento e disposição final do lixo podem e devem ser planejados e solucionados em nível regional.

O lixo pode ser depositado, sem tratamento prévio em aterros sanitários, ou pode ser lançado a céu aberto ou no mar, o que não é recomendado.

Parte do lixo orgânico, constituído por restos de alimentos, pode servir de alimentos para animais (porcos) após o cozimento acima de 100° C, durante o prazo mínimo de 30 minutos. Neste caso, a lavagem deve ser colocada em cochos que facilitem a limpeza diária, após a alimentação, quando as sobras não consumidas são retiradas, juntamente com as excretas dos porcos, e

recebem uma destinação conveniente, que idealmente é a compostagem por fermentação.

A fermentação de matéria orgânica contida no lixo permite a sua estabilização, por meio da compostagem, sob a forma de um adubo riquíssimo e de grande salubridade, com forte poder de regeneração de solos em regime de esgotamento.

O método é desenvolvido em três fases:

- *Triagem*
- *Trituração e homogeneização*
- *Fermentação*

Na triagem, separa-se o material não fermentável ou de difícil fermentação, como metais, papéis, plásticos, vidros e trapos, que podem ser vendidos para indústrias que se especializaram na reciclagem destes insumos.

Os metais ferrosos podem ser retirados facilmente por eletroímãs. O restante da triagem deve ser realizado manualmente.

O melhor método é organizar cooperativas de catadores, que revendem o material catado. Evidentemente, estes catadores devem utilizar luvas, aventais e botas impermeáveis para aumentarem sua proteção e devem ser regularmente vacinados contra o tétano.

A trituração da matéria orgânica, seguida de homogeneização, é realizada em moinhos de martelos, com tubulação final rotativa, para facilitar a mistura dos elementos triturados.

A fermentação da mistura homogeneizada pode ser aeróbia ou anaeróbia. Como durante a fermentação a temperatura no interior do composto eleva-se acima dos 60° C, os organismos patogênicos, ovos, larvas e pupas de moscas e sementes de ervas daninhas são eliminados.

No processo de compostagem sempre sobra um resíduo inaproveitável que deve receber destinação final.

Outro método de tratamento do lixo orgânico é misturá-lo com estrume de animais e utilizá-los na criação de minhocas e na produção de fertilizantes de elevado valor comercial.

A incineração é recomendada, especialmente para lixos sépticos ou de elevado potencial tóxico, como o lixo hospitalar e resíduos de produtos resistentes à degradação, por processos naturais. Nestes casos, devem ser utilizados incineradores de alta potência calórica e dotados de filtros eletrostáticos.

Nestes incineradores, é necessário que se consuma combustível, para garantir a queima total do material.

O método de pirólise consiste na degradação físico-química da matéria orgânica, através da ação do calor, acima dos 500° C, na ausência do oxigênio, resultando na produção de combustíveis, sólidos, líquidos e gasosos. Neste caso, o volume de combustível produzido é substancialmente maior que o combustível consumido no processamento e pode ser utilizado na produção de energia elétrica.

Destinação Final dos Resíduos

Parte dos resíduos sólidos, como papéis, metais, vidros, plásticos e trapos de pano, pode ser reciclada e reutilizada.

O material humificado, resultante da compostagem ou da criação de minhocas, deve ser utilizado como adubo orgânico de elevado valor na regeneração de solos esgotados.

O restante do lixo ou a totalidade do mesmo, no caso das cidades que ainda não submetem o lixo a um processo de triagem e tratamento, pode receber os seguintes destinos finais:

- *Aterro sanitário*
- *Descarga ao ar livre*
- *Lançamento em rios, lagos e mares*
- *Enterramento*
- *Pirólise*
- *Tratamento em conjunto com os esgotos sanitários*
- *Incineração*

Destes métodos, não são recomendados a descarga ao ar livre e o lançamento do lixo em rios, lagos e mares.

Não se deve permitir a adubação com lixo cru e não tratado nem a utilização de lavagem crua na alimentação de porcos, por trazer sérios inconvenientes à saúde pública.

O enterramento é utilizado para pequenas quantidades de lixo na área rural.

O despejo de lixo, ao ar livre, embora utilizado pela grande maioria dos municípios brasileiros, não deve ser utilizado, pelos seguintes motivos:

- *reduz o nível de bem-estar das populações que moram próximo dos lixões, em função dos maus odores e da intensa proliferação de moscas, baratas, mosquitos e ratos;*
- *dificulta as atividades de desratização, com sérios prejuízos para a saúde pública;*
- *desvaloriza os terrenos localizados em suas proximidades;*
- *aumenta e concentra populações de urubus e outras aves carniceiras, intensificando os riscos de desastres aéreos.*

O despejo do lixo nas águas, inclusive no mar, vem sendo utilizado, durante muito tempo, por grandes cidades européias e norte-americanas.

Este método, quando utilizado em larga escala, polui o mar e as águas costeiras e contribui para reduzir a flora e a fauna marinha, com graves prejuízos para a biosfera. Evidentemente, as algas marinhas são a maior fonte de reciclagem e consumo de gás carbônico e de produção de oxigênio. É uma pena que a mídia ainda não tenha sido despertada para o problema do lixo despejado no Atlântico Norte e continue a se preocupar apenas com as florestas tropicais que são consideradas erradamente como os “pulmões da biosfera”.

O Aterro Sanitário é um método de disposição final do lixo no solo, que não causa danos ao meio ambiente e nem prejuízos à saúde pública. Neste método, o lixo é confinado e compactado, na menor área possível, e recoberto diariamente com uma camada de terra.

A execução do aterro depende de cinco operações básicas:

- *o lixo é descarregado de forma controlada, em local apropriado;*
- *em seguida, é espalhado e compactado em camadas, com a espessura máxima de 60 cm;*
- *uma vez por dia o lixo é recoberto com camadas de terra de aproximadamente 15 cm de espessura;*
- *depois de recoberto, a terra é compactada;*
- *na fase final ou quando se suspendem temporariamente as operações, o aterro é recoberto com uma camada de terra com 60 cm de espessura.*

Deve-se evitar contaminação das águas subterrâneas, escolhendo-se os locais de aterro em áreas de lençol freático bastante profundo.

A correta compactação diária dos aterros sanitários e o controle de possíveis rachaduras são úteis para:

- *controlar a proliferação de vetores e hospedeiros;*
- *evitar o escape de gases, de forma descontrolada;*
- *evitar a penetração das águas das chuvas;*

- *reduzir possíveis maus odores.*

Principais Atribuições dos Órgãos de Limpeza Pública

De um modo geral, os órgãos de limpeza pública são responsáveis pelas seguintes tarefas:

- *coleta, transporte e disposição final do lixo domiciliar, dos estabelecimentos comerciais e industriais e de outras áreas, como feiras, mercados, escolas, hospitais, cemitérios e outros;*
- *varrição de ruas e logradouros públicos, com a retirada dos resíduos e a distribuição de recipientes de coleta de lixo, em locais estratégicos;*
- *remoção de animais mortos de logradouros públicos;*
- *remoção de galhos de folhas em jardins e logradouros públicos;*
- *remoção de lixo de terrenos baldios;*
- *desobstrução de bocas de lobo, galerias e canais de águas pluviais córregos e valas;*
- *capinação de logradouros e vias públicas;*
- *irrigação de jardins públicos;*
- *limpeza geral de monumentos, abrigos, viadutos e outros logradouros públicos;*

O Serviço de Limpeza Pública constitui-se numa importante frente de trabalho para trabalhadores de baixa renda, que devem ser muito bem adestrados nas atividades a serem desempenhadas e nos procedimentos de segurança.

TÍTULO IV

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE INTENSA POLUIÇÃO PROVOCADA POR ESCAPAMENTO DE GASES E PARTÍCULAS EM SUSPENSÃO NA ATMOSFERA

CODAR - HT.DGP/CODAR - 21.604

1. Caracterização

Define-se como poluição, qualquer modificação indesejável das características físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, como consequência da presença de matéria ou de energia nociva ao ecossistema, em concentrações perigosas para a biota.

Como consequência, poluente ou contaminante corresponde a qualquer:

- *fator de ordem física, química ou biológica, que agride, contamina ou polui o meio ambiente;*
- *substância ou forma de energia presente no ambiente em concentrações que podem causar danos ao ecossistema;*
- *forma de energia ou matéria sólida, líquida, gasosa ou microparticulada que pode causar danos diretos ou indiretos à biota.*

Poluente ou contaminante primário:

- *é aquele que é emitido a partir de uma fonte identificável.*

Poluente ou contaminante secundário:

- *é aquele que se forma a partir da reação química entre um rejeito e uma substância química pré-existente no meio ambiente.*

Poluente ou contaminante antropogênico:

- *é aquele agente cuja presença no ambiente, em concentrações perigosas para a biota, resulta das atividades humanas.*

Poluente ou contaminante natural:

- *é aquele agente adverso que provêm de fontes emissoras naturais ou surgem como consequência de fenômenos da natureza, como vulcões, tempestades de areia, incêndios florestais espontâneos, e descargas elétricas.*

Embora os agentes poluentes ou contaminantes tenham, em muitos casos, origem natural, o homem é o mais sistemático, constante e eficiente agente poluidor do meio ambiente, inclusive da atmosfera. A capacidade de poluição da espécie humana resulta:

- *de sua natural tendência para viver em comunidades com grande densidade demográfica;*
- *do desenvolvimento industrial e o conseqüente acréscimo na produção de fumaças e outros gases resultantes da combustão;*
- *do constante crescimento da frota de veículos automotores.*

O primeiro registro escrito sobre poluição do ar é de Sêneca, filósofo e estadista romano que viveu no primeiro século da era cristã.

É de sua autoria o seguinte depoimento:

“Assim que me afastei de Roma e do mau cheiro dos fogões que, ao serem avivados expeliam todos os vapores pestilentos e fuligem que continham, me senti melhor”.

Muito provavelmente, nas primeiras décadas do próximo milênio, algumas das grandes megalópoles do Mundo, como a cidade do México, Tóquio, Nova Iorque e São Paulo, poderão estar com o ar tão poluído que:

- *a população será obrigada a usar máscaras contra gases, em determinadas áreas urbanas, nos horários em que a poluição tornar-se mais intensa;*
- *as luzes terão que permanecer acesas durante todo o dia, para reduzir a escuridão provocada pela fumaça;*
- *os índices de morbi-mortalidade entre pessoas idosas ou com insuficiência cardiorrespiratória crônica serão substancialmente aumentados;*
- *as árvores e parques urbanos terão que receber proteção especial, para não serem danificados pelos poluentes, de forma irreversível.*

Somente uma mudança radical na concepção das grandes cidades poderá reduzir e retardar este desastre ecológico iminente.

As três mais importantes medidas gerais para minimizar o problema são as seguintes:

- *reduzir, ao mínimo, a produção de gases e partículas contaminantes da atmosfera, mediante rígidas medidas de controle, que devem ser acatadas por toda a população;*

- *aplicar, de forma correta e adequada, todos os recursos tecnológicos disponíveis, para manejar e dispor desses resíduos, da forma menos agressiva possível, para o meio ambiente;*
- *desconcentrar, ao máximo, os adensamentos demográficos, levando em consideração os componentes antrópicos da poluição, permitindo uma maior diluição dos agentes poluentes no meio ambiente, melhorando as condições temporais e espaciais facilitadoras dos processos de autodepuração.*

É necessário que a opinião pública seja despertada para o problema, com a finalidade de criar mecanismos de pressão, que tenham por objetivo promover a vontade política de buscar soluções adequadas para reduzir os riscos relativos a esse desastre.

2. Causas

Os poluentes atmosféricos, que normalmente estão presentes em áreas urbanas e grandes distritos industriais, em concentrações significativas, são os seguintes:

- *partículas em suspensão na atmosfera;*
- *dióxido de enxofre;*
- *óxidos de nitrogênio;*
- *hidrocarbonetos;*
- *monóxido de carbono;*
- *oxidantes fotoquímicos, como o ozônio, o peroxiacetil nitrato e numerosos aldeídos voláteis;*
- *cloro e flúor e seus respectivos compostos;*
- *gás sulfídrico e sulfatos;*
- *névoas ácidas em geral;*
- *fumaças;*
- *partículas de mercúrio, chumbo e aminanto;*
- *partículas radioativas e radiações ionizantes;*
- *alfa benzopireno e outros compostos alifáticos;*
- *polens diversos e ácaros em suspensão, com forte poder alérgeno.*

As fontes de poluição podem ser classificadas quanto à extensão e forma em:

- *Fontes pontuais, quando caracterizadas como pontos ou locais de poluição, numa área determinada, como incineradores e indústrias de pequeno e médio porte dispersas na paisagem.*

- *Fontes lineares, quando correspondem aos chamados corredores de transporte, onde o trânsito de veículos é intensificado.*
- *Fontes regionais, quando correspondem à indústrias de muito grande porte, distritos industriais e grandes terminais de transporte intermodais.*

Quanto aos mecanismos de funcionamento, as principais fontes de poluição resultam:

- *do processamento industrial;*
- *da queima de combustíveis em fontes estacionárias, como usinas termoelétricas à carvão;*
- *da queima do lixo e de outros resíduos sólidos e líquidos;*
- *do trânsito intensificado de veículos automotores;*
- *de outras fontes de produção de fumaça e de poeiras.*

De um modo muito geral:

- *O processamento industrial é o maior responsável pela emissão de partículas em suspensão.*
- *A queima de combustíveis, em fontes estacionárias (termoelétricas) é a maior responsável pela emissão de dióxido de enxofre.*
- *Os veículos automotores são os grandes responsáveis pela emissão de monóxido de carbono e, naqueles países que ainda não adicionaram álcool à gasolina, pela emissão de chumbo tetraetila.*

Alguns poluentes atmosféricos resultam de reações físico-químicas que ocorrem na própria atmosfera, como:

- *reações fotoquímicas de combinação de hidrocarbonetos com óxidos de nitrogênio, em presença de radiações solares, produzindo compostos altamente tóxicos denominados oxidantes fotoquímicos;*
- *a combinação do dióxido de enxofre, com água, na presença de sais de ferro e de manganês, produzindo névoas de ácido sulfúrico e, numa segunda fase, sulfatos de amônia e de cálcio;*
- *reações fotoquímicas de formação de ácido nítrico e, numa segunda fase, de nitratos, a partir da combinação de óxidos de nitrogênio com vapor de água.*

Comprovou-se que a liberação de freon-12 (treta-clorometano) e de compostos clorofluorcarbonados – (CFC) e de outros haletos orgânicos, de uso doméstico e industrial, promove reações com o ozônio nas altas camadas da atmosfera, produzindo óxidos de carbono e outros compostos e reduzindo a

camada de ozônio da ionosfera, que funciona como filtro solar, para as radiações de baixo comprimento de onda, como as radiações ultravioletas.

O tempo de permanência de um determinado poluente na atmosfera varia entre poucas horas, no caso do ozônio, e muitos anos, no caso dos óxidos de carbono.

De uma forma geral, as partículas em suspensão na atmosfera são removidas por processos naturais, como:

- remoção úmida, por precipitação juntamente com as chuvas;*
- remoção seca, por sedimentação espontânea, em função do movimento descendente de correntes aéreas;*
- remoção seca, por impactação provocada por correntes aéreas horizontais, sobre a vegetação e sobre edificações.*

A remoção natural dos gases depende da:

- difusão dos mesmos para a estratosfera;*
- remoção úmida, por precipitação, diluídos nas águas das chuvas;*
- reação com outros gases, vapores e partículas em suspensão;*
- absorção pela vegetação e por compostos químicos existentes na superfície da crosta terrestre.*

Transporte e Dispersão

O transporte e a dispersão dos poluentes atmosféricos são influenciados pelas condições meteorológicas locais, que se refletem sobre os movimentos verticais e horizontais das massas de ar sobre o nível de turbulência da atmosfera, no momento da emissão dos mesmos.

Os movimentos horizontais das massas de ar dependem:

- da rotação da Terra em torno de seu eixo;*
- dos gradientes de pressão, estabelecidos em razão das diferentes temperaturas e dos níveis de pressão e umidade nas diferentes regiões do Globo Terrestre.*

Os movimentos verticais das massas de ar dependem fundamentalmente do perfil vertical das variações de temperatura nas camadas e da maior ou menor concentração de vapores de água.

Como o ar seco resfria numa taxa de 1°C (um grau centígrado), para cada 100 metros de altitude, enquanto que o ar úmido resfria na razão de 5,9°C

(cinco e nove décimos de grau centígrados), para cada 100 metros de altitude, podem ocorrer situações em que uma camada de ar seco, superposta a uma camada de ar úmido, provoque inversões térmicas.

Quando ocorre uma situação de inversão térmica, os movimentos verticais das massas de ar nas camadas são intensamente reduzidos, tendendo para a estagnação e bloqueando a dispersão dos poluentes atmosféricos no sentido vertical.

A dispersão dos poluentes no sentido horizontal depende da intensidade dos ventos dominantes no local. Evidentemente, o relevo topográfico da região influi na direção e na velocidade dos ventos e na geração de turbulências.

Os principais fatores que permitem a dispersão e a mudança de concentração de um determinado poluente, na direção do vento, são:

- diretamente proporcionais à magnitude ou grandeza da emissão da fonte poluidora;*
- inversamente proporcionais à velocidade média dos ventos dominantes;*
- inversamente proporcionais às condições favorecedoras da dispersão horizontal e vertical;*
- inversamente proporcionais à altura efetiva da chaminé;*
- inversamente proporcionais à distância média entre a fonte emissora de poluentes e os corpos receptores vulneráveis à ação dos mesmos.*

A categoria de Estabilidade Atmosférica, também chamada como categorização de Pasquil, estabelece as condições meteorológicas no momento do vazamento, levando em consideração a turbulência atmosférica e os movimentos verticais e horizontais das massas de ar que são determinados pela velocidade dos ventos, cobertura nublada do céu e pela radiação solar.

3.Ocorrência

As mais recentes contaminações atmosféricas de grandes proporções ocorreram em:

Seveso – Itália – onde um vazamento de dioxina provocou 193 intoxicações graves e afetou mais de 730 pessoas, que tiveram de ser evacuadas de suas residências.

San José Ixhuatepec – no México – onde um vazamento de gás combustível, seguido de explosão e incêndio, provocou 452 mortes, 4.248 feridos e afetou a 300.000 pessoas, na área de riscos.

Chernobyl – na Ucrânia – onde um acidente, envolvendo um reator nuclear, de uma usina atomoelétrica, provocou 31 mortes imediatas, 500 feridos e afetou aproximadamente 300.000 pessoas.

Bhopal – na Índia – onde um vazamento de Metilisocianeto provocou 4.000 mortes, 10.000 feridos e afetou aproximadamente 300.000 pessoas.

Historicamente são registradas as seguintes tragédias relacionadas com poluição atmosféricas entre 1930 e 1956:

Vale do Rio Meuse (1930) na Bélgica (5 dias de duração)

Uma poluição provocada por neblina ácida, contendo ácido sulfúrico e dióxido de enxofre provocou 60 mortes e grande número de intoxicações com a seguinte sintomatologia: dores torácicas, tosse, dificuldades respiratórias e irritação nasal e ocular. Também provocou intoxicações e mortes no gado leiteiro.

Donoca (1948) na Pensilvânia, EUA (5 dias de duração)

Uma poluição provocada por dióxido de enxofre e material particulado provocou a morte de 20 pessoas e intoxicação em 14.000 pessoas com sintomas de irritação ocular e das vias respiratórias.

Poza Rica (1955) no México (25 minutos de duração)

O lançamento de ácido sulfúrico na atmosfera, por uma indústria de recuperação de enxofre, a partir do gás natural provocou 22 mortes e a hospitalização de 320 pessoas, com sintomas respiratórios.

Londres (1952) na Inglaterra (5 dias de duração)

Quantidades significativas de poeira em suspensão ($4,46 \text{ mg/m}^3$) e de dióxido de enxofre ($3,76 \text{ mg/m}^3$) provocam uma grande elevação nos índices de mortalidade e mobilidade geral. A mortalidade foi entre as pessoas idosas e em portadores de insuficiência cardiopulmonar crônica. Como consequência do episódio, neste ano, a mortalidade cresceu de 4.000 casos acima do esperado.

Nova Iorque (1958) EUA (5 dias de duração)

Uma poluição com dióxido de enxofre (2 mg/m^3) provocou uma elevação das internações hospitalares e na taxa de mortalidade por afecções do aparelho respiratório.

No Brasil, foi registrado em Bauru - São Paulo uma emissão de partículas de mamona, numa indústria de extração de óleos vegetais, em 1952 que provocou 9 mortes e 150 casos de problemas respiratórios, que obrigaram a hospitalização dos pacientes.

Na cidade de São Paulo, todas as vezes que ocorre inversão térmica nas camadas da atmosfera, com intensificação da poluição do ar, aumenta o número de atendimentos de emergência, provocados por crises de insuficiência respiratória e aumenta a mortalidade dos idosos e dos pacientes com insuficiência cardiorrespiratória crônica.

Principais Efeitos Adversos

Um homem adulto consome diariamente: 1,5 kg de alimentos, 2 l de água e 15,0 kg de oxigênio. O oxigênio retirado do ar atmosférico nos alvéolos pulmonares circula no sangue em combinação instável com a hemoglobina e é utilizado no metabolismo de todas as células vivas do organismo.

Um homem adulto e bem nutrido pode viver:

- *mais de 5 semanas sem comer;*
- *de 5 a 10 dias sem beber;*
- *apenas 5 minutos sem respirar.*

O homem e todos os organismos aeróbios dependem do oxigênio disponível no ar atmosférico, numa proporção volumétrica média de 20,94%, para sobreviver.

Os veículos automotores, as indústrias e as fontes estacionárias de poluição, constituídas pelas usinas termoelétricas, que queimam carvão, são indiscutivelmente os mais importantes agentes poluidores antropogênicos.

As chaminés industriais despejam na atmosfera toneladas de elementos particulados, de dióxido de enxofre, ácido sulfúrico, sulfeto de carbono, hexacloro benzeno, ácido fluorídrico, fenóis e outras substâncias nocivas.

Os veículos automotores liberam monóxido de carbono, dióxidos de carbono e de nitrogênio e aditivos como o chumbo tetraetila, que vem sendo usado, fora do Brasil, para melhorar a octanagem da gasolina.

Em função de seus efeitos deletérios sobre a saúde do homem e dos animais e sobre o meio ambiente, há que destacar os seguintes poluidores atmosféricos:

- 1) Hidrocarbonetos aromáticos, comprovados como agentes cancerígenos, são também prejudiciais ao bom funcionamento do sistema nervoso, em alguns casos têm efeitos teratogênicos e provocam graves má-formações fetais e enfermidades congênitas.**

- 2) *Hidrocarbonetos oleofínicos e acetilênicos, que favorecem a formação do chamado smog fotoquímico e causam irritação e reação inflamatória nos olhos, nasofaringe e nas demais vias respiratórias.*
- 3) *Hidrocarbonetos parafínicos, que causam irritação e reação inflamatória nas mucosas, bronquiospasmo e efeitos narcóticos sobre o sistema nervoso central.*
- 4) *Aldeídos, que provocam irritação e reação inflamatória nos globos oculares e nas vias aéreas superiores.*
- 5) *Óxidos de enxofre que, em reação fotoquímica com o vapor de água, transforma-se em ácido sulfúrico e, sob a forma de chuvas ácidas, causam danos às vias respiratórias dos homens e dos animais e à vegetação.*
- 6) *Óxidos de nitrogênio, da mesma forma que os óxidos de enxofre, provocam chuvas ácidas e smog fotoquímico que irritam as conjuntivas oculares, a nasofaringe e as vias respiratórias superiores, agravando as doenças respiratórias crônicas, além de causarem danos à vegetação e aos animais.*
- 7) *Monóxido de Carbono, que ao se combinar com a hemoglobina circulante, forma um composto estável, que bloqueia a oxigenação dos tecidos. O quadro clínico caracteriza-se pelos seguintes sinais e sintomas: intensas dores de cabeça, palpitações, vertigens, sensação de cansaço e de mal-estar generalizado e redução dos reflexos profundos. Em ambientes fechados, a inalação de monóxido de carbono pode provocar a morte.*

Os efeitos nocivos da poluição atmosférica ocorrem sobre:

- *o incremento de doenças pulmonares crônicas;*
- *as crianças e idosos;*
- *propriedades da atmosfera;*
- *vegetação.*

a) Incremento das Doenças Pulmonares

Substâncias como o benzopireno, comprovadamente cancerígenas, em experiências de laboratório com ratos e cobaias, são encontradas nas atmosferas poluídas das grandes cidades.

A proporção de pacientes com câncer pulmonar nas grandes cidades é mais de 4(quatro) vezes superior a de pacientes oriundos do meio rural.

Estudos epidemiológicos realizados em vários países demonstraram que existe correlação entre poluição do ar e a incidência de doenças obstrutivas crônicas do aparelho respiratório.

De um modo geral, o grau de solubilidade de um gás poluente influi na sua absorção pelo trato respiratório superior no qual é absorvido. Desta forma, o dióxido de enxofre é absorvido nas vias aéreas superiores, por ser bastante solúvel, enquanto o ozônio e o dióxido de nitrogênio, por serem menos solúveis, atingem os alvéolos pulmonares, provocando edema agudo de pulmão.

Inúmeras partículas, como pólenes, e produtos químicos, como o tolueno, atuam como alérgenos respiratórios, aumentando a incidência de casos de asma, quando presentes na atmosfera.

b) Efeitos da Poluição sobre as Crianças

Crianças que vivem em áreas poluídas tendem a apresentar maior número de casos de insuficiências respiratórias agudas e crônicas que as crianças que crescem no meio rural.

Estudos epidemiológicos demonstram que existe correlação entre poluição atmosférica e redução da função pulmonar e aumento do número de células vermelhas circulantes e da viscosidade sanguínea, caracterizando a maior incidência de mecanismos compensatórios relacionados com a redução da capacidade pulmonar.

c) Efeitos sobre as Propriedades Atmosféricas

Os principais fatores meteorológicos que afetam a visibilidade em áreas urbanas são os seguintes:

- *Altura da Inversão de Temperatura nas camadas atmosféricas*
- *Intensidade dos Ventos*
- *Grau de Turbilhonamento*
- *Nível de Umidade Relativa*
- *Presença de partículas sólidas e líquidas em suspensão na atmosfera e nível de concentração das mesmas*

Em função da poluição do ar, as neblinas são mais freqüentes e persistentes nas áreas urbanas e nos corredores de transporte, que nas áreas rurais. De um modo geral, a formação e a intensidade das neblinas depende do grau de concentração de núcleos de condensação (partículas) nas camadas mais baixas da atmosfera.

A radiação nas áreas urbanas poluídas é menos intensa que nas áreas rurais. A redução das radiações ultravioletas nas áreas poluídas contribui para uma maior sobrevivência dos microorganismos patogênicos em suspensão nas camadas mais baixas da atmosfera.

d) Efeitos da Poluição Sobre a Vegetação

As plantas são prejudicadas pela poluição atmosférica, por meio dos seguintes mecanismos:

- *Redução das Radiações Ultravioletas, com reflexos negativos sobre a fotossíntese.*
- *Deposição de Produtos Perigosos no Solo, por sedimentação ou carreamento pelas águas, os quais, absorvidos pelas raízes, podem prejudicar as plantas.*
- *Obstrução dos Órgãos Respiratórios ou estômatos das plantas, por ação de elementos particulados em suspensão, prejudicando as trocas gasosas.*

A exposição aos smogs fotoquímicos e às chuvas ácidas, ricas em ácidos sulfúrico, sulfídrico, nítrico, clorídico e outros causam grandes danos às plantas.

Conclusões Parciais

De um modo geral, a apropriação de todos os prejuízos econômicos, inclusive sobre as estruturas das edificações, corrosão de metais, danos a tecidos e outros produtos, maiores gastos com lavanderias e na limpeza e conservação de edificações, caracteriza que compensa investir na prevenção. Estima-se que a relação custo/benefício, caracterizada pelos investimentos no controle da poluição e a redução dos prejuízos, corresponde a níveis superiores a um por dezesseis.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

As atividades de monitorização relacionam-se com a:

- *Determinação da qualidade do ar, das áreas monitorizadas*
- *Verificação das quantidades de agentes poluidores emitidos pelas diferentes fontes de poluição.*

De um modo geral, a localização das estações de monitorização do ar ambiental é estabelecida considerando os seguintes fatores:

- *localização das fontes de poluição;*
- *localização das áreas vulneráveis com maior densidade demográfica;*
- *regime dos ventos dominantes na região;*
- *altura do solo que, em princípio, deve ser a mesma em todas as estações;*

- *distanciamento de obstáculos, como grandes edificações, que prejudiquem a circulação horizontal do ar.*

Estações localizadas em áreas planejadas para o desenvolvimento futuro das cidades permitem estabelecer comparações e medir os efeitos do desenvolvimento urbano. Estações colocadas nas imediações dos corredores de transportes e nos distritos industriais permitem inferir a eficiência dos programas de controle da poluição.

A vigilância ambiental é definida como a observação sistemática, medição e interpretação de determinadas variedades ambientais, com objetivos definidos. A vigilância ambiental compreende o conjunto integrado das seguintes ações gerais:

- 1) Medição Sistematizada das concentrações de agentes ambientais nocivos, nos seguintes elementos componentes dos biótipos naturais e modificados pelo homem; ar, água, solo, ambiente de trabalho, ambiente habitacional, alimentos e outros produtos específicos.*
- 2) Observação e Medição Sistematizada dos condicionantes macroambientais que influenciam no equilíbrio dinâmico dos ecossistemas e, em especial, das condições meteorológicas.*
- 3) Análise, comparação, avaliação e interpretação de possíveis correlações entre as concentrações de poluentes e os condicionantes macroambientais.*

A interação entre as vigilâncias ambiental dos fatores de risco, epidemiológica e sanitária, permite o desenvolvimento de bancos de dados e dos estudos epidemiológicos dos desastres, relacionados com danos ambientais.

O estudo conjunto de todos estes fatores, com o apoio de técnicas de geoprocessamento, permite o desenvolvimento de mapas temáticos relativos a ameaças, áreas vulneráveis e fatores de riscos.

6. Medidas Preventivas

O planejamento preventivo dos desastres de natureza tecnológica com características focais depende do uso adequado de medidas não-estruturais e estruturais.

As medidas não-estruturais relacionam-se com o uso adequado do espaço geográfico, com a implementação de normas e de regulamentos de segurança, com o microzoneamento urbano e rural, com o planejamento territorial, com a urbanização e com o desenvolvimento de programas e projetos de preparação para emergências e desastres.

As medidas estruturais são desenvolvidas com o objetivo de aumentar o grau de segurança do cenário dos desastres e da ambiência circundante, por meio de atividades construtivas.

Ao se planejar o conjunto das medidas estruturais e não-estruturais, há que se considerar as três mais importantes categorias de conseqüências gerais relativas aos desastres tecnológicos relacionados com escapamento de gases e com a suspensão de elementos particulados na atmosfera, que compreendem os riscos de:

- *incêndios;*
- *explosões;*
- *emissões de produtos tóxicos.*

Medidas Não-Estruturais

As medidas não-estruturais mais importantes, como já foi especificado, relacionam-se com:

- *O uso adequado do espaço geográfico.*
- *A implementação de legislação, normas e regulamentos relativos à proteção de possíveis cenários de desastres.*
- *Desenvolvimento de Programas e Projetos de Preparação para Emergências e Desastres, com o objetivo de minimizar os possíveis efeitos de desastres tecnológicos.*

1) Uso Adequado do Espaço Geográfico

O uso adequado do solo depende do desenvolvimento de mapas temáticos relacionados com ameaças, áreas vulneráveis e fatores de riscos, que facilitam o zoneamento rural e urbano, o planejamento territorial e o detalhamento dos projetos de urbanização.

No planejamento e na escolha de áreas para se construir e instalar plantas e distritos industriais, corredores e terminais de transporte, e outras edificações que possam atuar como indutoras de incremento de riscos de poluição da atmosfera, há que considerar os seguintes fatores:

- *distanciamento adequado de áreas vulneráveis e de corpos receptores sensíveis a seus efeitos adversos;*
- *dimensionamento da área compatível com a adequada nucleação e dispersão dos focos de risco de poluição;*
- *condições atmosféricas dominantes, com especial atenção para a intensidade e direção dos ventos dominantes;*

- relevo topográfico e suas influências sobre o desempenho das correntes de circulação das massas de ar, tanto em sentido horizontal, como em sentido vertical.

As estudar as chamadas áreas de riscos tecnológicos, há que considerar como focos potenciais de escapamento de gases perigosos e de partículas em suspensão na atmosfera as plantas e distritos industriais, os corredores e terminais multimodais de transportes, os parques e depósitos de gases perigosos, além das grandes concentrações de instalações e de entrepostos comerciais, como os chamados “shopping centers”.

As dimensões das áreas de riscos tecnológicos, relacionados com escapamento de gases perigosos e de elementos particulados, devem ser suficientemente amplas, para permitir:

- um adequado nucleamento e espaçamento de focos de riscos de desastres potenciais, com o objetivo de reduzir as probabilidades de generalização dos desastres;
- um adequado espaçamento das fontes emissoras de gases e de produtos particulados, com a finalidade de facilitar a rápida diluição dos mesmos na atmosfera;
- futuras ampliações das unidades de processamento e da planta industrial.

2) Principais Finalidades do Microzoneamento Urbano e do Planejamento Territorial

O planejamento territorial e o microzoneamento urbano facilitam o controle e a redução da poluição do ar, por meio das seguintes medidas regulamentadoras, de ordem geral:

- proibição da instalação de determinadas fontes de poluição atmosférica na área de jurisdição da autoridade responsável pela regulamentação;
- estabelecimento obrigatório de perímetros de segurança e de áreas de proteção ambiental ao redor de áreas de riscos intensificados de desastres tecnológicos, relacionados com escapamento de gases;
- estrita limitação do número de fontes potenciais de poluição atmosférica, por unidade de superfície;
- localização adequada de plantas e distritos industriais, eixos e terminais de transportes, parques e depósitos de produtos perigosos, em função da localização das áreas vulneráveis, das condições

atmosféricas dominantes, da topografia da área e dos riscos inerentes ao processamento;

- *localização, construção e operação dos sistemas viários e dos eixos de transporte de tráfego intensificado e controle do fluxo de veículos automotores, em determinadas áreas e horários, em função dos dados levantados pela vigilância ambiental;*
- *definição dos horários mais apropriados para o desenvolvimento de determinados procedimentos e operações de riscos, em função das condições atmosféricas dominantes.*
- *proibição absoluta do uso de determinados produtos e substâncias perigosas, como insumos, matérias-primas, combustíveis e aditivos de combustíveis, em instalações industriais, fontes estacionárias de gases e partículas poluidoras (termoelétricas) e veículos automotores.*

Ao se analisar as necessidades de distanciamentos das áreas vulneráveis, naturais ou modificadas pelo homem, há que considerar as concentrações de corpos receptores sensíveis aos efeitos adversos do escapamento de gases e elementos particulados, relativos às três categorias de conseqüências dos desastres tecnológicos:

- *incêndios;*
- *explosões;*
- *intoxicações.*

Os efeitos adversos, relacionados com estas categorias de conseqüências, podem ser de natureza física, química ou biológica.

3) Conceitos Relacionados com o Planejamento Territorial

Área de Riscos Intensificados

É aquela área onde existe uma probabilidade significativa de ocorrência de um evento adverso importante, que possa resultar num desastre de grande intensidade.

Área de Exposição

Corresponde a uma área de contorno aproximadamente circular ou elíptica, onde podem ocorrer danos significativos em circunstâncias de desastres e que é demarcada ao redor de um foco ou provável epicentro de um desastre tecnológico potencial.

Área de Proteção

Ao redor das áreas de exposição se delinea um perímetro de segurança, com a finalidade de facilitar a demarcação de áreas de proteção dos cenários vulneráveis circundantes.

As áreas de proteção são estabelecidas com o objetivo de:

- *circunscrever focos e epicentros de prováveis desastres tecnológicos e suas respectivas áreas de riscos e de exposição;*
- *distanciar adequadamente as áreas de riscos de desastres tecnológicos de áreas habitadas e de outros cenários sensíveis aos efeitos adversos dos mesmos;*
- *proteger os recursos naturais e os componentes essenciais dos ecossistemas, como reservas florestais, cursos de água e outras áreas de proteção ambiental (APA).*

Áreas Non-Aedificandi

São consideradas como non-aedificandi as áreas de riscos intensificados de desastres, as áreas de exposição e as áreas de proteção. Nestas áreas, as posturas municipais devem proibir a construção de unidades habitacionais e de outras edificações sensíveis aos efeitos dos desastres, como edificações com grande número de usuários.

4) Regulamentação das Fontes Poluidoras

A redução das fontes de emissão de gases e elementos particulados que contribuem para poluir a atmosfera, depende da utilização de:

- *plantas geradoras de energia elétrica, com baixo potencial de poluição, como usinas hidroelétricas e usinas termoelétricas movidas a gás natural e da drástica redução de termoelétricas movimentadas à carvão mineral e outros combustíveis ricos em contaminantes sulfurosos;*
- *insumos e matérias-primas com baixo potencial de poluição atmosférica;*
- *processos e operações industriais que impliquem em menores riscos de vazamento de poluentes atmosféricos;*
- *aditivos para elevar a octanagem dos combustíveis de veículos automotores com baixo potencial de poluição atmosférica, como o álcool etílico.*

A diluição dos gases e elementos particulados na atmosfera pode e deve ser acelerada, em decorrência de posturas municipais que regulamentem a altura efetiva das chaminés das plantas industriais e das fontes estacionárias, como usinas termoelétricas.

Quanto mais altas forem as chaminés, maiores serão as facilidades para garantir a rápida diluição de gases poluentes e de elementos particulados.

Medidas Estruturais

Em princípio, existem três grandes grupos de equipamentos, que são utilizados para reduzir a poluição atmosférica:

- *os coletores de elementos particulados;*
- *os coletores de gases e vapores poluentes;*
- *os lavadores, que podem coletar gases e partículas.*

A escolha dos coletores mais adequados depende das características físicas e químicas dos elementos poluidores.

Dentre os equipamentos utilizados para reduzir a concentração de poluentes atmosféricos, há que destacar:

1) Câmaras de Precipitação ou Coletores Gravitacionais

Nestas câmaras, a velocidade do fluxo de escapamento das emissões gasosas é substancialmente reduzida, com o objetivo de facilitar a deposição dos elementos particulados no interior das mesmas.

Normalmente, estas câmaras são utilizadas como um equipamento pré-coletor de partículas mais pesadas e espessas em indústrias alimentadas à carvão.

Estas câmaras são pouco eficientes para partículas finas e exigem grandes espaços. Suas principais vantagens relacionam-se com o baixo custo, simplicidade e grande durabilidade do equipamento.

2) Câmaras de Pós-Combustão

Estas câmaras, quando instaladas nos aviões a jato, reduzem a poluição atmosférica e produzem um empuxo adicional, aumentando a potência final dos motores.

3) Coletores Centrífugos ou Ciclones

Estes coletores inerciais imprimem um movimento circular aos gases, no interior das câmaras de escapamento, provocando o deslocamento descendente das partículas sólidas, na área central do equipamento, em função da inércia.

Este equipamento é largamente empregado nas atividades de processamento industrial, em função de seu baixo custo de instalação e da simplicidade destes equipamentos que não são limitados pela temperatura dos gases em escapamento. As principais desvantagens relacionam-se com riscos de abrasão e de entupimento e da pouca eficiência na retenção de partículas de dimensões inferiores a 5 micras.

4) Coletores Úmidos

Nestes coletores, os gases que carregam o material particulado são forçados por equipamentos, onde nuvens de água, finamente pulverizadas, recolhem partículas sólidas de dimensões microscópicas e gases solúveis na água, e as carregam para câmaras de coleta. Os coletores úmidos são largamente empregados e apresentam as seguintes vantagens:

- *podem coletar partículas e gases ao mesmo tempo;*
- *dissolvem partículas e gases solúveis na água;*
- *executam funções de resfriamento dos gases em escapamento;*
- *permitem a captação de gases e de névoas corrosivas;*
- *evitam riscos de explosões provocadas por gases e poeiras combustíveis;*
- *normalmente são de tamanho pequeno e de baixo custo de instalação e operação.*

Dentre as desvantagens, há que destacar:

- *necessitam de leitos de sedimentação para as partículas insolúveis;*
- *criam resíduos líquidos;*
- *apresentam altas taxas corrosão;*
- *consomem bastante água e energia;*
- *provocam grandes evaporações, quando tratam gases superaquecidos;*
- *as partículas não molháveis e submicrométicas são difíceis de coletar.*

5) Filtros de Carvão Ativado, Sílica-Gel e Outros Materiais

Os filtros absorvem com eficiência uma ampla faixa de elementos particulados, mediante o fluxo forçado dos gases através de um meio poroso.

As principais desvantagens do processo são as seguintes:

- *custo elevado e grandes dimensões;*
- *pouca resistência para temperaturas elevadas;*
- *maiores riscos de entupimento.*

Dentre as vantagens há que ressaltar:

- *a alta eficiência do processo;*
- *a grande resistência à corrosão.*

6) Filtros ou Precipitadores Eletrostáticos

Os precipitadores eletrostáticos têm sido utilizados em usinas termoelétricas, fábricas de cimento e de celulose, aciarias e fundições de metais não-ferrosos e nos grandes incineradores de resíduos sólidos.

Nestes precipitadores, o fluxo de gases é direcionado para uma área de ionização, gerada por um elevado gradiente eletrostático, onde as partículas são carregadas de eletricidade e, em seguida, são atraídas pelo pólo de carga contrária.

7) Câmaras de Combustão

Os equipamentos de incineração de gases combustíveis e tóxicos exigem que se gerem condições de turbulência, para garantir o máximo de mistura com o oxigênio comburente para garantir a queima completa do efluente gasoso a temperaturas extremamente elevadas.

TÍTULO V

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE INTENSA POLUIÇÃO PROVOCADA POR RESÍDUOS LÍQUIDOS EFLUENTES DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

CODAR - HT.DRL/CODAR - 21.605

1. Caracterização

Poluição das águas corresponde a qualquer alteração de suas características físicas, químicas e biológicas que possam comprometer o equilíbrio ambiental, por em risco a saúde e o bem-estar das populações, ou que possa comprometer a fauna ictiológica e a utilização dos recursos hídricos, para fins agrícolas, industriais, recreativos e comerciais.

A água é um recurso natural absolutamente indispensável e é utilizada pelo homem moderno:

- *no abastecimento doméstico;*
- *no abastecimento industrial;*
- *como matéria-prima de numerosos processos industriais;*
- *em atividades de agricultura, com destaque para a aquicultura na criação de peixes, crustáceos e moluscos em geral;*
- *na criação de animais domésticos;*
- *em atividades de irrigação;*
- *na geração de energia elétrica e mecânica;*
- *em atividades de transporte;*
- *em atividades desportivas e de lazer;*
- *na diluição de despejos domésticos e industriais.*

Ao se combater a poluição das águas, se busca salvaguardar a saúde pública, pela eliminação dos fatores de contaminação, e preservar a água para ser utilizada de forma adequada.

Entende-se por contaminação, um caso particular de poluição, provocada pela introdução no meio aquoso de produtos tóxicos e nocivos à saúde humana, como microorganismos patogênicos, produtos químicos e radioativos, em concentrações que possam prejudicar a saúde e o bem-estar social.

As quatro principais fontes de poluição da água são as seguintes:

- *Naturais, quando associadas à enxurradas, desbarrancamentos, processos de salinização, processos naturais de decomposição de resíduos animais e vegetais da biota.*

- *Agrícolas, quando decorrentes do uso abusivo e descontrolado de fertilizantes, herbicidas, inseticidas, fungicidas e outros agrotóxicos.*
- *Urbanos, quando relacionados com o lançamento de esgotos sanitários não tratados nos corpos de água.*
- *Industriais, quando relacionados com o despejo de resíduos líquidos resultantes do processamento industrial.*

2. Causas

As principais indústrias poluidoras dos recursos hídricos são as seguintes:

- *indústrias de processamento de celulose e de papéis;*
- *matadouros e frigoríficos;*
- *indústrias alimentícias, em geral;*
- *curtumes;*
- *indústrias químicas, em geral;*
- *siderurgias e demais indústrias metalúrgicas;*
- *indústrias têxteis, especialmente quando há tingimento de tecidos.*

Nos grandes centros de desenvolvimento do País, a poluição da água depende das atividades industriais e, em menor intensidade, dos resíduos urbanos relacionados com esgotos sanitários tratados de forma inadequada.

Nos pequenos núcleos urbanos, a poluição resulta do lançamento de esgotos sanitários não tratados nos corpos de água.

De um modo geral, os corpos de água possuem uma grande capacidade natural de promover a autodepuração, que pode ser comprometida, como consequência:

- *do volume da carga poluidora;*
- *do despejo de produtos químicos persistentes;*
- *da redução do volume da água responsável pela diluição.*

3. Ocorrência

Generalidades

A poluição dos corpos de água tende a crescer, em função:

- *de uma reduzida consciência ecológica, da população em geral, dos agentes de produção e das autoridades governamentais;*
- *do nível de desenvolvimento industrial;*

- da proliferação de indústrias com elevados potenciais de poluição;
- de uma menor preocupação com o tratamento dos efluentes líquidos resultantes das atividades industriais;
- dos grandes adensamentos populacionais sem o desenvolvimento de sistemas de esgotos sanitários compatíveis;
- da redução do volume dos corpos de águas por grandes aproveitamentos, a montante das áreas de despejo, com elevado consumo de água e com desvio de parte da água do leito natural anterior.

Classificação dos Recursos Hídricos

Em função do uso preponderante, as águas interiores do Brasil são ordenadas em quatro classes distintas:

Classe 1

Águas destinadas ao abastecimento doméstico, sem necessidade de tratamento prévio ou apenas com processos simples de desinfecção. Nestas águas, não se tolera o lançamento de efluentes, mesmo que os mesmos sejam previamente tratados.

Classe 2

Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, à irrigação de hortaliças e de plantas frutíferas e à recreação com contato do corpo com a água (natação, mergulho e esqui aquático).

Classe 3

Águas destinadas ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional, às atividades relacionadas com a agricultura e irrigação e ao consumo por animais.

Classe 4

Águas que só podem ser utilizadas no abastecimento doméstico após um tratamento complexo e avançado, podendo, no entanto, ser utilizada para o abastecimento industrial, navegação, irrigação, harmonização da paisagem e outros usos menos nobres.

Pré-requisitos dos Efluentes Líquidos

Os efluentes de qualquer fonte poluidora somente poderão ser lançados, direta ou indiretamente, em coleções de água, se atenderem aos seguintes pré-requisitos:

- *ph variando entre 5 e 9;*
- *temperatura inferior a 40°C;*
- *materiais sedimentares, na primeira hora, em proporção inferior a 1 mililitro por litro de água (1%);*
- *regime de lançamento com vazões máximas equivalentes a 1,5 da vazão média diária;*
- *ausência de materiais e espumas artificiais flutuantes;*
- *presença de óleos e graxas numa concentração inferior a 100mg por litro de água;*

As concentrações máximas de metais pesados e outros produtos potencialmente tóxicos são as fixadas pela Organização Mundial de Saúde e pelo Órgão de Conselho Ambiental da Organização das Nações Unidas.

No caso dos esgotos sanitários hospitalares e de outros estabelecimentos que eliminem despejos infectados por microorganismos patogênicos, exige-se um tratamento prévio, no caso de lançamento em coleções de água da classe 2 e 3.

Evidentemente, os parâmetros restritivos podem ser intensificados, pela autoridade competente, em função das condições locais.

4. Principais Efeitos Adversos

Generalidades

Como já foi explicitado, na grande maioria das vezes, a poluição das águas é provocada por atividades antrópicas relacionadas com o despejo em rios, lagos e canais, de:

- *efluentes industriais, sem a remoção de produtos perigosos, mediante sedimentação, floculação, decantação, filtração, neutralização química ou degradação biológica;*
- *rejeitos minerais diluídos em água;*
- *esgotos domiciliares inadequadamente tratados;*
- *águas de enxurradas carreando produtos perigosos e agrotóxicos.*

Os danos decorrentes da poluição das coleções de água são os seguintes:

- dificuldades para os sistemas de abastecimento público de água, situados à jusante dos pontos de descarga, exigindo maiores gastos com o tratamento da água captada;
- dificuldades para os abastecimentos industriais de jusante, como conseqüência da elevação do custo do tratamento de água e dos riscos aumentados de corrosão e entupimento das tubulações;
- inconvenientes relacionados com o uso das águas dos rios para fins recreativos e práticas esportivas, como conseqüência dos riscos aumentados de infecções por microorganismos ou infestações por parasitos;
- prejuízos causados à indústria pesqueira e às atividades de piscicultura;
- prejuízos causados à agricultura e a pecuária como conseqüência da contaminação da água utilizada na irrigação e para o consumo dos animais;
- depreciação das propriedades agrícolas ribeirinhas, como conseqüência dos maus odores e do mau aspecto das águas disponíveis.

Autodepuração dos cursos de água

As bactérias saprófitas aeróbicas, que sobrevivem no meio líquido, asseguram o seu metabolismo consumindo a matéria orgânica e o oxigênio diluídos nas coleções de água.

Em conseqüência, provocam a mineralização dos poluentes orgânicos biodegradáveis, constituídos por produtos carbonados.

Nestas condições, o consumo do material poluente reduz a concentração do oxigênio diluído na água, com a conseqüente redução das condições de viabilidade do meio aquático para os organismos sensíveis à redução do teor de oxigênio.

A reabsorção do oxigênio pelo meio líquido depende da:

- reaeração
- reoxigenação

A reaeração é um fenômeno físico, que depende da absorção do oxigênio pela superfície da coleção de água e depende da temperatura do meio líquido,

da profundidade relativa e do grau de turbilhonamento provocado pelas quedas d'água, corredeiras e pela ação do vento.

A reoxigenação é um fenômeno químico, relacionado com a liberação do oxigênio, como consequência da fotossíntese que ocorre nos organismos clorofilados que habitam o corpo receptor, principalmente as algas e os aguapés.

Estágio de degradação do corpo receptor de poluentes

Considerando as fontes de poluição e o processo natural de autodepuração, evidenciam-se as seguintes zonas de poluição, que se desdobram, ao longo do curso de água.

Zona de Degradação. Onde se inicia a degradação da matéria orgânica, em função do metabolismo aeróbico das bactérias saprófitas. A água apresenta um aspecto sujo, os peixes migram e desaparecem as algas e outros organismos fotossintetizantes. Neste trecho, o oxigênio diluído na água apresenta teores inferiores a 40% do nível de saturação.

Zona de Decomposição Ativa. Nesta área de águas pardacentas ou negras, o oxigênio atinge seus mais baixos teores, podendo chegar a números próximos de zero, há presença de lodo na superfície e o desprendimento de gases sulfurados e outros, e caracteriza-se pelo mau cheiro. Em função da hiperatividade dos processos de decomposição este trecho caracteriza-se como o de menor salubridade.

Zona de Recuperação. Neste trecho, ocorre uma recuperação gradual das condições sanitárias do curso de água e, em consequência:

- a água tende a ficar mais clara;
- reaparecem as algas e outros organismos fotossintetizantes;
- melhoram as condições de oxigenação e os peixes retornam gradualmente.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

A vigilância sanitária e ecológica dos cursos de água fundamenta-se em três grandes conjuntos de critérios:

- critérios relativos aos efluentes;
- critérios relativos ao corpo receptor;
- critérios relativos às cargas permitidas.

Critérios Relativos aos Efluentes

Estes critérios estabelecem restrições com a qualidade dos efluentes das fontes potencialmente poluidoras. Estes critérios são particularmente importantes quando os corpos de água receptores apresentam vazões reduzidas ou possuem características intermitentes, como ocorre no Semi-Árido Nordeste.

Nas regiões onde os rios apresentam grandes vazões, estes critérios podem ser mais flexíveis, em virtude da maior capacidade do corpo receptor, para diluir os produtos poluentes e facilitar a autodepuração.

O controle destes padrões de critérios é relativamente simples e permite uma rápida identificação da fonte poluidora que não se enquadrar na legislação vigente.

Critérios Relativos aos Corpos Receptores

De acordo com estes critérios, os rios são distribuídos em quatro classes, em função do nível de poluição e dos usos previstos para sua água. Se as características físico-químicas e biológicas de um determinado curso de água forem piores do que as previstas e estabelecidas, haverá necessidade de se intensificar o controle e as ações corretivas.

Na medida em que ocorrem melhorias das qualidades do corpo receptor, se estuda a possibilidade de elevá-lo para uma classe mais nobre e se definem as medidas controladoras decorrentes.

Evidentemente, estes critérios são complementares aos critérios relativos aos efluentes de maior capacidade de poluição.

Critérios Relativos às Cargas Permitidas

De acordo com estes critérios, cada planta industrial instalada na área controlada é estudada individualmente e, em função dos estudos, são estabelecidas as cargas permitidas para os efluentes de cada uma das indústrias potencialmente poluidoras. Como a carga tributária varia em função do potencial de poluição, as indústrias são induzidas a instalarem estações de pré-tratamento de seus efluentes.

Padrões de Potabilidade da Água

O nível de exigência com relação à qualidade da água tende a crescer com o desenvolvimento sociocultural e econômico das sociedades humanas.

No Brasil, o Padrão de Potabilidade é estabelecido pelo Ministério da Saúde e é definido em função das seguintes características:

- Físicas e Organoléticas;
- Químicas;
- Bacteriológicas.

1) Água de Classe 1

Características Físicas e Organoléticas

A água deve ter aspecto e sabor agradável e não deve ter odor desagradável ou objetável. Evidentemente, estas medidas são de ordem subjetiva e nitidamente pessoal. Em termos de odor, é possível medir a intensidade dos mesmos, em função de sua gradual atenuação na medida em que a amostra de água é diluída.

No que diz respeito à cor, a água deve ser clara, cristalina e transparente. A cor pode ser medida e quantificada, por meio de colorímetros e os turbidímetros medem o grau de turbidez, que varia em função do teor de suspensão na água de materiais, como argila, silte e matéria orgânica, que alteram sua transparência.

Nos padrões de potabilidade, a cor máxima admitida é de 20 unidades-padrão (Hazen) e a turbidez máxima é de 5 unidades-padrão (UT).

Características Químicas

O pH da água potável deve ser superior a 6.9 (seis ponto nove) e inferior a 10.6 (dez ponto seis) e o nível de alcalinidade deve ser inferior a 120 mg/l. Os sólidos totais diluídos na água devem ser inferiores a 1g/litro (uma grama por litro).

Os limites máximos de concentração admitida para os diferentes elementos são os seguintes:

- Compostos fenólicos, 0,001 mg/l (um milésimo de miligrama ou um micrograma por litro); Selênio, 0,01 mg/l (um centésimo de miligrama por litro); Cromo Hexavalente, 0,05 mg/l (cinco centésimos de miligrama por litro); Chumbo e Arsênio, 0,10 mg/l (um décimo de miligrama por litro); Cobre e Ferro, 1,0 mg/l (um miligrama por litro); Flúor, 1,7 mg/l (um ponto sete miligrama por litro); Zinco, 15mg/l (quinze miligramas por litro); Magnésio, 125 mg/l (cento e vinte e cinco miligramas por litro); Sulfatos, 250 mg/l (duzentos e cinquenta miligramas por litro) e Cloretos, 600 mg/l (seiscentos miligramas por litro).

O nível de poluição por matéria orgânica é medido em função:

- dos compostos nitrogenados, como o nitrogênio amoniacal, que indica poluição recente e os nitratos, que indicam uma poluição ocorrida a mais tempo;
- do consumo do oxigênio, que é tanto maior, quanto mais intensa for a poluição por matéria orgânica e o metabolismo aeróbico das bactérias saprófitas;
- do nível dos cloretos que podem ser um índice de contaminação aos mananciais, por dejetos de animais.

Características Biológicas

A água potável não deve conter microorganismos patogênicos, que normalmente ocorrem na água contaminada, recentemente, por fezes humanas.

É sabido que as bactérias patogênicas sobrevivem menos tempo que as saprófitas, quando diluídas em corpos de água. Fora de seu ambiente natural, que é o organismo do hospedeiro, as bactérias e demais microorganismos patogênicos sobrevivem por tempo limitado.

Como as bactérias coliformes são comensais no intestino humano e resistem melhor no ambiente aquático que as bactérias patogênicas, elas existem obrigatoriamente nas águas poluídas por material fecal.

O padrão de potabilidade do Ministério da Saúde fixa o máximo de 1 (um) coliforme em 100 mililitros de água potável. Eventualmente, admite-se que uma amostra pode apresentar até 4 coliformes por 100 ml, desde que não ocorra em amostras consecutivas e em mais de 10% das amostras examinadas.

2) Água de Classe 2

Os critérios estabelecidos para os corpos de água de classe 2 são os seguintes:

- Materiais flutuantes, inclusive espumas não naturais, óleos e graxas e substâncias que comuniquem gosto e odor à água devem ser virtualmente ausentes.
- Não é permitida a presença de corantes artificiais que não sejam facilmente removíveis por processos de floculação, decantação e filtração convencionais.
- O número máximo de colônias de coliformes fecais deve ser de 1000 para cada 100 mililitros de água, em aproximadamente 80% das amostras semanais.

Os critérios químicos são semelhantes aos estabelecidos para a água potável.

3) Águas de Classe 3

Para as águas de classe 3 são estabelecidos os mesmos critérios das águas de classe 2, com as seguintes exceções:

- o número de coliformes fecais pode variar entre 5.000 e 20.000 por amostra de 100 mililitros;
- maior flexibilidade no que diz respeito à coloração e ao nível de turbidez.

4) Águas de Classe 4

Para as águas de classe 4 são admitidas as seguintes flexibilidades:

- odor e aspecto não objetáveis;
- teor de fenóis até um nível de 1mg/l;
- maior flexibilidade no que diz respeito aos teores de graxas e óleos e ao nível de turbidez e coloração da água.

6. Medidas Preventivas

O planejamento preventivo deve ser integrado no nível de bacias e de microbacias. É totalmente impossível desenvolver um planejamento fragmentado, em nível municipal, que não se articule com o planejamento regional relativo à despoluição das bacias hidrográficas.

É desejável que se organizem e estruturem Empresas Mistas com participação dos Estados e Municípios que integrem territorialmente as áreas das Bacias, com forte participação e apoio da Iniciativa Privada e das lideranças comunitárias.

A política do Organismo de controle da poluição hídrica deve ser debatida e aprovada pelo Conselho Diretor da Entidade e as prioridades das ações serão estabelecidas, a partir dos seguintes critérios:

- Grau de poluição dos recursos hídricos e seus reflexos sobre os ecossistemas e sobre a flora e a fauna aquáticas
- Necessidades de água para abastecimento público e dificuldades relacionadas com as necessidades de tratamento mais complexo e avançado

- *Perspectivas de desenvolvimento local, com o aumento das necessidades de água, para geração de energia elétrica, irrigação, fins industriais, lazer e atividades esportivas.*

O zoneamento e microzoneamento da área da bacia hidrográfica facilita o planejamento territorial, com o objetivo de proteger as nascentes e as áreas marginais dos rios, facilitar a exploração racional da terra e definir a melhor localização das áreas industriais.

A concessão de alvarás para permitir a implantação, operação e ampliação das plantas industriais e outros estabelecimentos deve ser condicionada à apresentação de projetos compatíveis relativos ao tratamento dos resíduos líquidos.

Da mesma forma, a concessão de permissão para captação de recursos hídricos deve ser condicionada aos projetos de tratamento dos resíduos líquidos.

A instalação dos distritos industriais deve ser condicionada pelo planejamento ambiental, já que a localização inadequada de uma fonte de poluição pode contribuir para reduzir a qualidade de vida de toda uma comunidade ribeirinha, de forma irreversível.

Também devem ser evitadas as áreas onde os lençóis freáticos são superficializados, para reduzir os riscos de poluição dos mesmos, daí a importância dos estudos geológicos e hidrológicos feitos com grande antecipação.

Evidentemente, a carga tributária das indústrias deve ser proporcional ao seu potencial de poluição e os Bancos de Desenvolvimento devem incentivar a aquisição de sistemas despoluidores, mediante empréstimos com taxas de juros privilegiadas.

Algumas vezes é vantajoso que o tratamento final dos dejetos líquidos seja centralizado em nível de Distrito Industrial ou mesmo em nível municipal ou microrregional.

Os sistemas de redução da carga poluidora variam em função das plantas e dos métodos de processamentos industriais.

Nestas condições, as melhores opções de tratamento dos resíduos líquidos resultantes do processamento industrial são os seguintes:

- *Nas indústrias de conservas – tratamento em lagoas de estabilização e utilização em atividades de ferti-irrigação.*
- *Nas indústrias de laticínios – aeração, filtração, tratamento pelo processo do lodo ativado e utilização do soro na alimentação de suínos.*

- *Nas usinas de açúcar e destilarias de álcool, os resíduos líquidos podem ser reciclados e utilizados na ferti-irrigação da própria lavoura canavieira, permitindo uma grande economia de fertilizantes.*
- *Nas cervejarias e destilarias, a matéria-prima pode e deve ser concentrada por centrifugação e evaporação, purificada em filtros biológicos e utilizada como alimento protetor de alto valor nutritivo e como ração de vacas leiteiras.*
- *Nas indústrias de carne, os resíduos líquidos podem ser utilizados na ferti-irrigação, após o peneiramento, sedimentação, filtração biológica, concentração e pasteurização.*
- *Na indústria farmacêutica, alguns resíduos líquidos devem ser evaporados e queimados, outros podem ser reciclados, purificados e utilizados como ração de animais.*
- *Nas indústrias têxteis, os resíduos líquidos podem ser neutralizados, aerados, precipitados, filtrados e submetidos à depuração biológica em meios ricos em bactérias saprófitas.*
- *Nos curtumes, os resíduos líquidos devem ser equalizados, submetidos a processos de sedimentação, filtração e à depuração biológica em meios ricos em bactérias saprófitas.*
- *Nas indústrias de papel e de celulose, os resíduos líquidos devem ser sedimentados, tratados em lagoas de oxidação, submetidos à depuração biológica em meios ricos em bactérias saprófitas, aeradas e recicladas.*
- *Nas indústrias de inseticidas, os resíduos líquidos após diluídos são filtrados e absorvidos, em filtros de carvão ativado, e submetidos à cloração e à alcalinização.*
- *Nas lavanderias industriais, os resíduos líquidos são submetidos à precipitação química, floculação e absorção por carvão ativo.*
- *Os resíduos líquidos, ricos em aldeído fórmico são submetidos à filtração biológica e adsorvidos em carvão ativado.*
- *Nas indústrias de explosivos, os resíduos líquidos são submetidos à floculação, neutralização, sedimentação e precipitação química, tratamento biológico em meio rico em bactérias saprófitas, cloração e aeração.*
- *Nas indústrias de borracha, os resíduos líquidos são submetidos à aeração, cloração, sulfonação e tratamento biológico.*

Alguns processos de tratamento de esgotos sanitários são de baixo custo, pouco exigentes em tecnologias sofisticadas e suficientemente eficientes para serem utilizados em pequenas comunidades. Dentre estes há que destacar:

As Lagoas de Estabilização e Oxidação

Projetado na proporção de 6 a 12 metros quadrados por pessoa atendida e com uma profundidade útil de aproximadamente 1 metro, consegue, após um período de 60 dias, uma redução de aproximadamente 90% da carga poluidora.

As Valetas de Oxidação

Projetadas na base de 3 metros cúbicos para cada 10 pessoas, com uma profundidade útil de 1 metro. Nesses sistemas, a aeração é garantida por meio de rotores acionados por motores elétricos e consegue-se uma redução da carga poluidora de aproximadamente 95 %.

Nos grandes conglomerados humanos são construídas estações de tratamento de tipo convencional, com estrutura de concreto e equipamentos especiais, os quais são constituídos pelas seguintes unidades:

- *grade de barras;*
- *desarenador e caixa de areia;*
- *área de sedimentação primária;*
- *tanque de digestão do lodo e de estabilização aeróbica, com:*
- *filtro biológico de percolação*
- *lodos ativados e enriquecidos com bactérias saprófitas*
- *área de sedimentação secundária;*
- *leito de secagem e digestão do lodo resultante;*
- *área de cloração e desinfecção do efluente líquido.*

A filtragem biológica é obtida pela passagem das águas residuais pré-decantadas por um leito de cascalho e areia grossa que é atravessado pelo líquido aerado.

Os lodos ativados são obtidos pela aeração forçada da água em contacto com lodos enriquecidos por bactérias e outros microorganismos saprófitos.

Muitas vezes, a redução da carga poluidora pode ser obtida, por meio das seguintes medidas gerais:

- *revisão e mudança do processo industrial;*
- *modernização dos equipamentos das unidades de processamento*
- *equalização dos resíduos líquidos;*
- *recuperação e reciclagem de produtos aproveitáveis como matéria-prima ou insumo de outras atividades industriais e agrícolas.*

TÍTULO VI

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE INTENSA POLUIÇÃO PROVOCADA POR RESÍDUOS SÓLIDOS DA ATIVIDADE INDUSTRIAL

CODAR – HT. DRS/CODAR - 21.606

1. Caracterização

Generalidades

A poluição do solo corresponde a qualquer alteração das características físicas, químicas e biológicas do mesmo, desde que possa comprometer o equilíbrio ambiental, gerar riscos para a saúde, a incolumidade e o bem-estar das populações ou que possa comprometer a flora e a fauna local.

Na grande maioria dos casos, a poluição do solo relaciona-se com atividades humanas (ou antropogênicas) e, em especial, com atividades industriais mal planejadas e mal arquitetadas.

Sem dúvida nenhuma, o correto tratamento e destinação do chamado “lixo industrial” é de capital importância para que se consiga reduzir a incidência de desastres, relacionados com a poluição do solo e do lençol freático.

Merecem especial destaque:

- as indústrias químicas, quando produtoras de resíduos sólidos perigosos que, quando mal tratados e dispostos em áreas impróprias, podem contaminar o solo e as águas de superfície e de subsuperfície, tornando-os impróprios para o uso, prejudicando as atividades agropastoris e a flora e a fauna local e, em muitos casos, os próprios seres humanos que habitam as imediações;*
- as indústrias mineradoras e metalúrgicas, geradoras de imensas quantidades de rejeitos sólidos, que podem alterar a topografia local e, quando carregados por águas de enxurradas, podem comprometer definitivamente o solo e os recursos hídricos locais, além de gerar problemas relacionados com o assoreamento dos cursos de água.*

Em muitos casos, resíduos extremamente perigosos devem ser previamente neutralizados e, em seguida, queimados ou acondicionados em contenedores (containers) à prova de corrosão.

Conceituação Relacionada

Bota-Fora

É uma área de deposição de resíduos sólidos gerados pelos processos produtivos industriais, indústrias metalúrgicas e de mineração e atividades de construção civil. É desejável que estes resíduos sejam inertes e destituídos de riscos. Nestes casos, os depósitos resultantes são denominados: corpos de bota-fora.

Resíduo

Material que permanece sem aplicação após uma atividade de processamento industrial, de ordem física, química ou biológica, como combustão, destilação, filtração, evaporação, fermentação e espremedura.

Resíduo de Praguicida

Qualquer produto ou substância específica, que pode estar presente em alimentos, rações animais e outros produtos agrícolas, como conseqüência do uso de um praguicida. O termo inclui não apenas os praguicidas, como seus insumos e os produtos derivados de sua metabolização na natureza, desde que sejam potencialmente tóxicos.

Risco Ambiental

Possibilidade de ocorrência de danos, inclusive enfermidades e morte, em conseqüência da exposição de seres humanos, animais e vegetais, a agentes ou condições ambientais potencialmente perigosas.

2. Causas

Nos dias atuais, as principais causas de intensificação dos riscos ambientais, relacionados com uma disposição inadequada dos rejeitos sólidos, resultantes das atividades industriais, relacionam-se com:

a) *Um deficiente desenvolvimento sociocultural das populações, com reflexos sobre as atividades de educação sanitária e ambiental. As populações com um maior nível de educação ambiental e de educação para a saúde têm uma melhor percepção de seus direitos e deveres de cidadania e, por estes motivos, são muito mais exigentes com relação a riscos de poluição ambiental, relacionados com despejos industriais.*

b) *Um deficiente nível de conscientização das classes industriais, com relação ao desenvolvimento responsável e auto-sustentável. É indispensável que, ao promover o desenvolvimento de suas indústrias, o empresário considere de forma clara e permanente os seguintes objetivos gerais e específicos:*

- *garantir a segurança global das populações vulneráveis contra desastres naturais, antropogênicos e mistos, com especial prioridade para os desastres tecnológicos;*
- *prevenir e minimizar desastres antropogênicos de natureza tecnológica, com especial atenção para aqueles que podem ser provocados por suas próprias indústrias;*
- *proteger o meio ambiente, constituído pelo ambiente ocupacional de suas próprias unidades industriais e pelos cenários circunvizinhos localizados em áreas de riscos de exposição aos efeitos deletérios da poluição ambiental e da degradação dos solos;*
- *promover um planejamento preventivo adequado com o objetivo de reduzir a intensidade e a ocorrência de desastres focais de natureza tecnológica e os efeitos adversos dos mesmos, por meio de bem elaborados planos de resposta aos desastres;*
- *promover sistemas de segurança industrial que se preocupem com o adequado tratamento e destinação dos rejeitos sólidos, líquidos e gasosos, resultantes do processamento industrial.*

c) *O baixo nível de prioridades dos governos locais, relacionadas com a regulamentação da atividade industrial, quando indutora de riscos de poluição e degradação ambiental e de desastres tecnológicos com características focais.*

É imperativo que os governos se estruturem sistematicamente para cumprir os seguintes objetivos específicos:

- *elaborar normas técnicas relacionadas com a garantia da segurança da população, contra riscos de desastres focais de natureza tecnológica e, em especial, contra riscos de degradação ambiental;*
- *institucionalizar e incrementar sistemas de vigilância sanitária, ambiental e de segurança global da população, com poder de polícia e competência jurídica para compulsar as pessoas físicas e jurídicas a cumprirem as normas de segurança industrial estabelecidas.*

3. Ocorrência

Os riscos de poluição e de degradação ambiental relacionados com uma inadequada disposição dos rejeitos sólidos, resultantes das atividades industriais tendem a se intensificar, como consequência do:

- desenvolvimento econômico e conseqüente incremento das atividades industriais;
- adensamento demográfico e uma crescente tendência para o crescimento de bolsões de populações vulneráveis em áreas de riscos intensificados de desastres tecnológicos de natureza focal;
- incremento do consumismo, principal responsável pelo incremento das atividades industriais e do volume de rejeitos sólidos.

No Brasil, é de grande importância o volume de rejeitos sólidos relacionados com as indústrias metalúrgicas, com especial destaque para as grandes aciarias e indústrias produtoras de alumínio e com as indústrias de mineração, com especial atenção para as unidades industriais carboníferas.

Em termos relativos, a indústria petroquímica e a indústria mineradora são as que apresentam maior potencial de poluição ambiental e, em conseqüência, exigem um melhor planejamento com relação à proteção ambiental. Um especial destaque deve ser dado à mineração e ao processamento dos xistos betuminosos, que são rochas metamórficas, de disposição lamelar, fortemente impregnadas de betume.

4. Principais Efeitos Adversos

São considerados como perigosos despejos de produtos químicos, biológicos e radiológicos que, por suas características físico-químicas, podem produzir efeitos adversos, de natureza tóxica, caústica, corrosiva, inflamável, explosiva e radioativa e que, por estes motivos, representem riscos significativos para:

- os ecossistemas naturais e modificados pelo homem;
- a saúde dos seres vivos, humanos, animais e vegetais;
- a incolumidade das pessoas e do patrimônio ambiental e material;
- a preservação dos recursos naturais renováveis.

Os efeitos nocivos podem depender das propriedades físico-químicas dos próprios agentes despejados ou resultar de reações químicas entre os despejos e outros produtos pré-existentes no meio ambiente.

Os agentes poluentes ou contaminantes podem ser sólidos, líquidos e gasosos e são considerados como:

- poluentes primários, quando emitidos por fontes facilmente identificáveis;

- *poluentes secundários, quando resultam de reação química entre um despejo e um agente que já estava presente no meio ambiente;*
- *poluente antropogênico, quando sua presença nos ecossistemas naturais e modificados pelo homem resultam de ações ou omissões humanas.*

Produto químico persistente é aquele que resiste aos processos naturais de depuração, relacionados com reações químicas de neutralização ou de oxidação e com outras atividades de biodegradação e que, por esses motivos, tendem a se acumular nos ecossistemas, com grandes prejuízos a longo prazo, para os biótipos. Exemplos típicos de produtos químicos persistentes são os inseticidas organoclorados, como o DDT.

A depredação do solo, por rejeitos minerais, pode, em algumas condições especiais, dar início a processos de desertificação de muito difícil reversão. Em outros casos, o acúmulo de rejeitos sólidos pode contribuir para alterar as condições naturais de drenagem da área afetada.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

É absolutamente necessário e indispensável que, para defender os altos interesses 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.

As normas de qualidade ambiental são constituídas por um conjunto de requisitos, fundamentados em preceitos técnicos, que são estabelecidos pelas autoridades normativas competentes, com o objetivo de estabelecer as condições qualitativas e quantitativas ótimas relacionadas com os diversos componentes que constituem os ecossistemas, como o solo, o ar e as águas de superfície e de subsuperfície.

As normas de qualidade ambiental estabelecem as concentrações máximas admissíveis dos diferentes compostos e substâncias potencialmente perigosos nos diversos compartimentos do meio ambiente. Estas concentrações estabelecidas devem ser constantemente verificadas e não podem ser excedidas, salvo em condições excepcionais e por curtos lapsos de tempo.

Estas normas dizem respeito aos ambientes naturais, modificados pelo homem e ocupacionais.

O sistema de vigilância ambiental deve ocupar-se da constante aferição das concentrações dos diferentes compostos potencialmente perigosos, que possam alterar a qualidade ambiental dos ecossistemas controlados.

6. Medidas Preventivas

O planejamento preventivo deve ser articulado em nível microrregional e mesorregional, com a participação dos governos municipais existentes na área controlada. É totalmente impossível desenvolver um planejamento fragmentado e descoordenado. Ao contrário, o planejamento deve ser amplamente coordenado e articulado, mediante a integração dos órgãos governamentais relacionados com o sistema de proteção ambiental, com intensa participação das lideranças comunitárias e das classes empresariais.

O moderno conceito de cidadania participativa é fortemente dependente de uma mudança cultural e comportamental, que se fundamenta na conscientização da sociedade sobre:

- o direito natural de todos os brasileiros e cidadãos estrangeiros que residem no Brasil à vida, à saúde, à segurança, à propriedade plena de seus bens e haveres e à incolumidade das pessoas e do patrimônio;*
- a necessidade da existência de um Sistema de Segurança (SINDEC) que proteja a população e garanta direitos, em circunstâncias de desastres;*
- a necessidade de que as comunidades participem ativamente deste Sistema de Segurança;*
- o fato comprovado de que as ações e as omissões humanas podem contribuir para provocar ou agravar os desastres;*
- o dever social de não contribuir e nem permitir que outros contribuam para a degradação ambiental, que contribui para provocar e para agravar os desastres.*

As medidas de descontaminação e de proteção ambiental devem ser estudadas e arquitetadas, com grande antecipação, todas as vezes que se planejar a implantação de uma planta industrial potencialmente perigosa.

A ausência desta preocupação com a proteção ambiental caracteriza o chamado desenvolvimento irresponsável, que pode causar danos ao meio ambiente de muito difícil reversão.

A descontaminação ambiental é uma tecnologia que tem por finalidade remover, neutralizar e permitir a rápida metabolização de resíduos potencialmente perigosos, tornando-os inofensivos para o meio ambiente.

Em princípio, as atividades de neutralização de produtos perigosos devem ser absolutamente inócuas para os ecossistemas e se desenvolver em absoluta harmonia com os processos naturais de autodepuração sistêmica.

Os métodos de limpeza, descontaminação, neutralização, óxido-redução, remoção e eliminação de produtos potencialmente perigosos devem causar um mínimo de prejuízos aos ecossistemas naturais ou modificados pelo homem e aos seres vivos que integram as biotas.

Importância da Reciclagem

Os métodos de reciclagem fundamentam-se no princípio de Lavoisier, segundo o qual, “na natureza nada se perde e nada se cria, tudo se transforma”.

A filosofia da reciclagem tem por fundamento principal a idéia de que aquilo que é um resíduo, sem nenhuma utilidade para uma determinada indústria, pode transformar-se num insumo ou matéria-prima importante para uma nova atividade industrial ou agropecuária.

Nestas condições, a reciclagem, além de ser o processo mais importante de redução da contaminação e poluição ambiental, contribui de forma muito efetiva para a preservação dos recursos naturais.

a) Aproveitamento da Escória Resultante da Produção de Aço

As escórias das aciarias transformam-se em grandes montanhas de resíduos, que crescem ano-a-ano, comprometendo os ecossistemas e a qualidade de vida das populações que vivem na periferia das grandes aciarias.

Nas condições atuais, as siderúrgicas brasileiras estão produzindo anualmente aproximadamente 3 (três) milhões de toneladas de escória.

Estes rejeitos, que são constituídos por grandes quantidades de cálcio, silício, ferro, magnésio, manganês, fósforo e enxofre, podem ser utilizados como corretivos de acidez do solo e como fertilizantes agrícolas.

Na condição de corretivo, a escória siderúrgica, composta basicamente por silicatos de cálcio e de magnésio, apresenta algumas vantagens sobre os calcários, compostos basicamente de carbonatos de cálcio e de magnésio, em termos de durabilidade e de mais pronta absorção pelos solos tratados.

Os estudos estão comprovando que uma menor quantidade de escória, equivalente a 30% do volume de calcário, produz efeitos equivalentes, no que diz respeito à correção da acidez, implicando numa redução dos custos dos transportes.

Também ficou comprovado que o silício contribui para reter a umidade do solo, reforça a resistência à proliferação de pragas, como os nematóides, e melhora a textura dos tecidos orgânicos das plantas.

O ferro, o magnésio, o fósforo, o enxofre e o manganês e, em menor quantidade, o zinco, o cobre, o cobalto e o molibdênio funcionaram como nutrientes e micronutrientes, contribuindo para melhorar a salubridade das plantas e potencializar a ação dos fertilizantes clássicos, constituídos pelas misturas de Nitrogênio, Fósforo e Potássio.

Evidentemente, as qualidades das escórias das aciarias, como corretores da acidez do solo e como fertilizantes podem ser substancialmente potencializadas e melhoradas, quando misturadas a compostagens de lixo orgânico.

Para serem utilizadas pela agricultura, os rejeitos das aciarias tem que ser devidamente moídos e peneirados e, como o silício é muito mais abrasivo que os calcários, os moinhos de escória são mais caros e desgastam-se mais rapidamente que os moinhos de calcário.

A generalização do aproveitamento das escórias das aciarias, no Brasil, à semelhança do que já ocorre em países mais desenvolvidos, como o Japão e os Estados Unidos da América do Norte, permitirá um fortalecimento das atividades agrícolas e uma solução racional para o problema de acumulação das escórias nos corpos de bota-fora das aciarias.

b) Aproveitamento das Escórias da Mineração Carbonífera

No Rio Grande do Sul, grande parte das minerações de carvão funciona a céu aberto. O retorno dos rejeitos da mineração do carvão, aos locais escavados para a retirada do minério, seguida da deposição das camadas mais superficiais do solo e da compostagem de lixo orgânico, permite uma razoável recuperação do solo original que facilita o desenvolvimento das atividades de silvicultura.

Nestas condições, o cultivo de espécies leguminosas, como a acácia negra (*Acacia dorreri*), além de facilitar o processo de regeneração e de nitrificação do solo, permite a produção de madeira de boa qualidade, de tanino e de goma semelhante à goma-arábica.

TÍTULO VII

DESASTRES RELACIONADOS COM RISCOS DE INTENSA POLUIÇÃO PROVOCADA POR DEJETOS E OUTROS POLUENTES DA ATIVIDADE HUMANA

CODAR - HT. DPH/CODAR - 21.607

1. Caracterização

Não são apenas as atividades industriais, agrícolas e mineradoras que podem gerar graves problemas ambientais, quando são planejadas inadequadamente.

Também os assentamentos humanos, quando são mal planejados e não são devidamente apoiados por uma adequada estrutura de saneamento básico, que dê solução cabal para o problema das águas servidas e imundas, dejetos humanos, lixo doméstico e controle de pragas e vetores, provocam intenso impacto ambiental e estabelecem focos de enfermidades endêmicas.

Também é importante considerar as relações interativas entre as habitações humanas e a biocenose local:

- o acúmulo do lixo doméstico, ao aumentar a disponibilidade de alimentos, facilita a proliferação de ratos domésticos, moscas e baratas, que contribuem para degradar o ambiente e para intensificar a transmissão de doenças de contaminação fecal, de leptospirose e de peste bubônica;*
- a criação de animais domésticos em contacto promíscuo com seres humanos pode aumentar a incidência de doenças, como a leishmaniose tegumentar ou calazar.*

Os dejetos humanos podem ser veículos de germes patogênicos de numerosas doenças de contaminação fecal, como a cólera, as febres tifóide e paratifóide e outras salmoneloses, e as diarreias infecciosas, a amebíase, a hepatite A, a poliomielite, a esquistossomose, a ancilostomíase e a ascaridíase.

Por tais motivos, é necessário afastar as possibilidades de contacto das fezes com:

- o próprio homem;*
- as águas de abastecimento;*
- os insetos vetores, como as moscas e as baratas;*
- os alimentos.*

A disposição inadequada dos dejetos humanos, no meio rural e nas áreas de favelas e outras áreas urbanas com estrutura de saneamento básico deficiente, constitui um sério problema de saúde pública que provoca o crescimento dos índices de morbidade e mortalidade geral e infantil e, conseqüentemente, reflete na redução da expectativa de vida da população.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) estabelece o direito a saúde, como um direito primordial de todos os seres humanos, conseqüentemente, todos os seres humanos têm direito ao saneamento básico.

2. Causas

Os problemas relacionados com a destinação dos dejetos humanos são tão antigos quanto a humanidade. Numerosos animais também são atingidos pelo problema e procuram enterrar suas fezes.

Com o desenvolvimento das civilizações, cresceu a importância do saneamento público, embora se observe uma grande descontinuidade na evolução dos processos de saneamento e, em algumas épocas históricas, um sensível retrocesso.

Nestas condições, conquistas sanitárias alcançadas em civilizações remotas foram esquecidas séculos depois, como ocorreu durante a Idade Média.

Enquanto na Roma Antiga construíam-se as cloacas magnas, em numerosas cidades da Idade Média, os dejetos humanos eram lançados nas vias públicas. Em conseqüência, não há como estranhar as graves e mortíferas pandemias que avassalaram a Europa Medieval, reduzindo drasticamente a expectativa de vida de seus habitantes.

Nos dias atuais, as principais causas da intensificação dos riscos de desastres relacionados com a má disposição dos dejetos humanos são as seguintes:

a) *Deficiente nível de desenvolvimento sociocultural e das atividades de educação sanitária relativo ao destino das fezes humanas, ao asseio corporal e às demais atividades relacionadas com o saneamento básico. As populações, com um maior nível de educação para a saúde e com uma melhor percepção dos direitos e deveres da cidadania são as mais exigentes com relação ao saneamento básico e as que mais colaboram com as atividades de saúde pública.*

b) *Baixo nível de prioridade das atividades de saneamento básico, para os governos locais. Em muitos casos, o fator e limitações são os escassos recursos financeiros dos governos locais destinados às obras de infra-estrutura. Como os esgotos públicos são enterrados e não são vistos pelos eleitores, não*

se constituem em obras atraentes para administradores municipais despreparados.

c) Intensificação do Êxodo Rural. A intensificação dos desequilíbrios e desigualdades inter e intra-regionais contribuem para incrementar os movimentos migratórios intensos, o êxodo rural e o crescimento desordenado das cidades. Como conseqüência, cresceram os bolsões de extrema pobreza em numerosas áreas urbanas.

O crescimento desordenado das cidades, a redução do estoque de terrenos em áreas seguras e sua conseqüente valorização provocaram o adensamento dos estratos populacionais mais vulneráveis em áreas de riscos mais intensos. Nestas áreas, as deficiências dos sistemas de saneamento básico e de outros serviços essenciais contribuíram para aumentar a intensidade e a freqüência aos desastres antropogênicos, relacionados com os grandes adensamentos populacionais.

Ciclo do Nitrogênio na Natureza

O solo contém uma flora bacteriana abundante constituída por bactérias saprófitas. A microflora é complementada por fungos e algas microscópicas e também a microfauna é abundante.

A existência da microflora e microfauna, nos chamados solos orgânicos, gera condições desfavoráveis para a sobrevivência das bactérias patogênicas fora de seu microambiente, que é constituído pelos organismos parasitados.

A matéria orgânica, quando depositada no solo, sofre transformações físico-químicas que caracterizam o “ciclo da matéria orgânica”, com destaque para o ciclo do nitrogênio, que é apresentado de forma esquemática, no prosseguimento, a partir da metabolização das proteínas animais e vegetais:

- 1) Os animais e vegetais mortos e seus dejetos sofrem as suas primeiras transformações.
- 2) A ação das bactérias saprófitas putrefativas permite a total metabolização das proteínas e a liberação de gases, como a amônia (NH_3), ou “nitrogênio amoniacal”.
- 3) Ação de bactérias aeróbicas, oxidantes e nitrificantes, presentes no solo, resulta na produção de nitritos e, em seguida, de nitratos.
- 4) Os nitratos são absorvidos pelas raízes das plantas e participam da formação das proteínas vegetais.
- 5) Os animais incorporam as proteínas vegetais através da alimentação, enquanto outros se alimentam de animais ou de carniças e incorporam ao seu metabolismo proteínas animais.

- 6) O ciclo recomeça com a eliminação dos dejetos e com a morte dos organismos animais e vegetais.

Ciclos semelhantes ocorrem com outros elementos, como o carbono, o enxofre, o potássio e os fosfatos.

As condições ecológicas presentes no processo de decomposição são desfavoráveis à sobrevivência dos microorganismos patogênicos. Segundo *Kliger*, a sobrevivência:

- do bacilo da febre tifóide é de 22 dias nos cadáveres enterrados, 10 a 15 dias nas fezes secas de até 30 dias nas fezes úmidas e de até 70 dias em solo úmido e 15 dias em solo seco;
- do bacilo da disenteria é de 8 dias em fezes sólidas, 70 dias em solo úmido e 15 dias em solo seco;
- dos ovos de *âscaris* é de 2 a 3 meses em fossas secas.

A disseminação das bactérias no solo, no sentido horizontal é quase nula, chegando a um máximo de 1 metro, enquanto que, no sentido vertical, pode atingir 3 metros de profundidade. A disseminação por meio das águas de subsuperfície depende da profundidade do lençol freático e da maior ou menor eficiência dos meios filtrantes.

Como já foi especificado, a própria natureza encarrega-se do processo de autodepuração, no entanto, o crescimento demográfico e os adensamentos humanos dificultam as atividades de autodepuração e obrigam o homem a sanear o ambiente onde vive.

3. Ocorrência

Os riscos de poluição provocada por dejetos e por outros poluentes, resultantes das atividades humanas, tendem a se intensificar, como conseqüência:

- do adensamento demográfico;
- do baixo nível de educação sanitária das populações, relacionado com o saneamento básico e, mais especificamente, com o inadequado tratamento dos dejetos humanos e com o asseio coporal e higiene das habitações deficientes;
- da baixa prioridade dada às atividades de saneamento e de saúde pública pelos governos locais;
- pelo rápido desenvolvimento de bolsões de pobreza na periferia dos centros urbanos.

Nas regiões e países de menor nível de desenvolvimento social e cultural, o problema tende a crescer, em função do descaso das populações e dos governos locais, o que dificulta o esforço de busca de uma solução para os problemas relacionados com o saneamento básico.

De um modo geral, os desastres antropogênicos são cada vez mais intensos, em função de desinformação e de um desenvolvimento econômico e tecnológico pouco atento às reais necessidades da sociedade em termos de bem-estar e de segurança global.

4. Principais Efeitos Adversos

O número de doenças, cujo controle relaciona-se com a destinação adequada dos dejetos humanos, é muito grande. Cabe registrar que os mecanismos de transmissão das mesmas são bastante variados.

a) Transmissão por Contato Direto da Pele com o Solo Contaminado

Helminthíases, como a ancilostomíase e a estrogilíidose são transmitidas por este mecanismo. Os parasitas intestinais liberam seus ovos juntamente com o bolo fecal. Em contacto com o solo, eclodem liberando larvas, que penetram na pele da pessoa que será infestada. Estes helmintos só atingem a fase adulta depois de localizarem-se na luz intestinal.

b) Transmissão por Contato de Pele com Coleções de Água Contaminada

No caso da esquistossomose, as fêmeas, localizadas nas veias mesentéricas, depositam seus ovos. Alguns destes ovos atravessam a mucosa intestinal e são eliminados com o bolo fecal. Em contacto com a água, os ovos liberam as larvas, denominadas miracídeos, que penetram nos organismos de caracóis de água doce. No interior dos planorbídeos, estas larvas evoluem para cercárias que têm condições de infectar os seres humanos, penetrando através da pele molhada.

c) Transmissão pela Ingestão de Alimentos Contaminados por Fezes

Alimentos contaminados diretamente por fezes humanas ou, indiretamente, através da água contaminada, podem transmitir doenças como as salmoneloses, disenterias bacterianas ou amebianas, ascaridíases e outras, com destaque para as febres tifóides e paratífóides.

d) Transmissão pela Ingestão de Alimentos Contaminados por Vetores

Insetos, como as moscas pousam em locais poluídos por dejetos e depois nos alimentos, que são contaminados pelas mesmas. Este mecanismo facilita a transmissão das doenças enumeradas no item anterior.

e) Transmissão por Asseio Corporal Deficiente

Uma regra básica de higiene, que foi propagada pelos povos árabes, durante a idade média é a lavagem obrigatória das mãos, após a eliminação dos dejetos e antes de manipular os alimentos ou participar das refeições. O não cumprimento desta regra higiênica facilita a transmissão das doenças de contaminação fecal, citados nos dois itens anteriores.

f) Transmissão por Carnes Infestadas por Cisticercos

*Os vermes do gênero Taenia (*T. Solium* e *T. Saginata*) conhecidos como solitárias, enquistam-se nos tecidos musculares dos bois e dos porcos, sob a forma de larvas ou cisticercos. A infecção dos seres humanos ocorre pela ingestão de carnes mal cozidas e com cisticercos vivos.*

A transmissão para os suínos ou bovinos ocorre pela ingestão de fezes humanas contaminadas pelos ovos das solitárias, instaladas em seus intestinos.

Deficiências nas atividades de saneamento básico também podem ser responsáveis pela disseminação de doenças relacionadas com o lixo.

5. Monitorização, Alerta e Alarme

O bom desempenho dos serviços de saneamento básico é medido pelos Sistemas de Vigilância Epidemiológica e de Vigilância Sanitária. Sem nenhuma dúvida, a implementação dos serviços de esgotos sanitários e de suprimento de água potável é a mais importante dentre todas as medidas de saúde pública que são tomadas, com a finalidade de reduzir a morbi-mortalidade geral e infantil e aumentar a expectativa de vida das populações beneficiadas.

A interrupção do ciclo de contaminação do solo, da água e dos alimentos por fezes humanas e de animais representa a chegada da “civilização” nas áreas rurais e urbanas menos desenvolvidas.

Algumas das enfermidades de contaminação fecal, como a cólera e as febres tifóide e paratifóide são de notificação compulsória e exigem uma minuciosa investigação epidemiológica, com o objetivo de detectar e controlar as fontes de infecção.

6. Medidas Preventivas

As soluções para o destino das fezes podem ser:

- *individuais*
- *coletivas*

1) Apresentação Sumária das Soluções Individuais

Quando não dispõem de água encanada, utilizam-se:

- *privadas com fossa seca;*
- *privadas com fossa estanque;*
- *privadas com fossa de fermentação;*
- *privadas com tratamento químico.*

Quando dispõem de água encanada, utilizam-se privadas com vasos sanitários, cujos efluentes podem ser dirigidos para:

- *tanques sépticos*
- *tanques de imhoff*

A privada com fossa seca é escavada diretamente no solo e, sobre a mesma, é instalado um piso ou laje, um local para as pessoas sentarem e uma casinha. As fossas devem ser localizadas distantes de poços e de fontes e em locais onde o lençol freático não é superficializado.

Privadas de fossa estanque são indicadas em áreas de lençol freático superficializado, ou pedregosas, ou quando o terreno é pouco consistente e pode desmoronar facilmente ou em áreas de lotes exíguos. Neste caso, constrói-se um tanque, com mais de um metro cúbico de volume, de alvenaria ou concreto. Estes tanques devem ser esvaziados e lavados anualmente e as fezes devem receber uma destinação adequada.

As privadas com fossa de fermentação são semelhantes às de fossa estanque e indicadas para solucionar as mesmas situações. Neste caso, são construídos dois tanques estanques que são usados com intervalos de um ano. Durante um ano, o material contido na fossa já utilizada passa por um processo de fermentação e mineralização, permitindo a utilização da massa mineralizada na adubação.

As privadas com tratamento químico são utilizadas em acampamentos, colônias de férias, ônibus e aviões. Neste caso, as fezes são recebidas por um tanque cilíndrico de aço inoxidável com uma solução de soda cáustica que

destrói todos os organismos e ovos de helmintos. Os tanques são transportados em viaturas especiais e esvaziados em locais especialmente preparados, por meio de dispositivos mecânicos.

Os tanques sépticos e os tanques de imhoff são tanques onde o tratamento primário das fezes é realizado e de onde o líquido sobrenadante pode ser encaminhado para:

- fossas negras ou absorventes;*
- fossas dotadas de biofiltro;*
- trincheiras filtrantes;*
- redes de esgoto.*

Os tanques sépticos são estanques, impermeáveis e enterrados e são destinados a fazer o tratamento primário das fezes, provenientes das descargas dos vasos sanitários, liberando efluentes em forma líquida e gasosa, através de tubulações sob a forma de chaminés.

O esgoto permanece no interior do tanque séptico, durante algum tempo, enquanto ocorrem as seguintes alterações:

- deposição de sólidos sedimentáveis, sob a forma de lodo e flutuação de produtos mais leves que a água, como óleos, graxas e espumas, por meio da decantação;*
- digestão bioquímica do lodo e de parte do material sobrenadante, permitindo que a matéria orgânica seja mineralizada com a liberação de gases e de efluentes líquidos;*
- a atuação das bactérias saprófitas reduz sensivelmente a concentração de microorganismos de origem intestinal nos líquidos remanescentes, em função do metabolismo anaeróbico que ocorre nestes tanques sépticos.*

O tanque séptico permite a separação de parte do material sólido e, juntamente com o sólido decantado ficam retidos numerosos microorganismos saprófitos e patogênicos.

É importante que o tubo de entrada mergulhe aproximadamente 30 centímetros no material séptico, para reduzir o turbilhonamento do líquido, que dificulta o processo de decantação, e o retorno dos gases resultantes do processo fermentativo.

Com a finalidade de evitar o arrastamento do material sobrenadante, o dispositivo de saída do tanque deve ser protegido por uma gincana, que mergulha aproximadamente 40 cm no meio líquido. A porção superior da câmara, limitada

pela gincana, abre-se para uma tubulação que permite o escapamento dos gases resultantes da metabolização dos materiais fecais.

Como os gases são inflamáveis, há que ter cuidado com a localização e com as dimensões da tubulação de ventilação.

O tubo de saída dos efluentes líquidos deve comunicar-se com uma fossa absorvente, que também recebe as outras águas servidas do domicílio.

Para evitar a rápida colmatação (bloqueio dos poros) da fossa absorvente, as mesmas devem ser precedidas de caixas de gordura, para receber as águas servidas, e de tanques sépticos, para receber as águas imundas.

Os tanques de *imnhoff* são tanques sépticos mais elaborados e complexos e dotados de câmaras superpostas. Neste caso, a câmara superior funciona como decantador e a câmara inferior funciona como digestor. A comunicação entre os dois compartimentos é feita por uma fenda que dá passagem ao lodo sedimentado.

As principais vantagens dos tanques de *imnhoff* sobre os tanques sépticos comuns são as seguintes:

- o tempo de retenção dos líquidos, na câmara superior, é sensivelmente reduzido;
- o processo de digestão, na câmara inferior, não é perturbado por correntes ascendentes;
- os tanques de *imnhoff* permitem soluções centralizadas e econômicas, para pequenas comunidades e para escolas.

2) Sistemas de Esgotos Sanitários Coletivos

Recomenda-se que os sistemas de esgotamento das águas pluviais sejam separados dos esgotos sanitários.

Alguns esgotos industriais devem ser previamente tratados antes de serem encaminhados aos esgotos sanitários.

Recomenda-se também um pré-tratamento dos esgotos sanitários dos hospitais, em tanques sépticos ou de *imnhoff*, antes que seus efluentes sejam despejados na rede de esgotos pública.

Os sistemas de esgotos sanitários são constituídos por:

- ramais domiciliares, que chegam às unidades domiciliares com a rede pública de esgotos;
- coletores terciários, secundários e primários, de diâmetros progressivamente crescentes;

- emissários, que transportam o material coletado até as estações elevatórias e, destas, até as estações de tratamento;
- estações elevatórias, que permitem vencer as dificuldades topográficas e facilitar o esgotamento de áreas de cotas menos elevadas;
- estações de tratamento, que permitem a aceleração dos processos naturais de autodepuração e facilitam o tratamento e a deposição fecal dos resíduos dos dejetos, sem poluir o meio ambiente.

Tratamento de Esgotos Sanitários

Os mecanismos básicos do processo de autodepuração relacionam-se com a oxidação da matéria orgânica existente no bolo fecal, pela interveniência de bactérias saprófitas aeróbias, em um caldo de cultura rico em oxigênio.

No tratamento biológico, um regime aeróbio dos esgotos sanitários depende do suprimento de oxigênio, que é introduzido no caldo de cultura, por meio da:

- aeração forçada do líquido, por turbilhonamento ou por injeção de ar comprimido;
- pulverização do caldo biológico, sob a forma de uma garoa, constituída por finas gotículas do material ou pela redução da mesma a uma fina camada, facilitando o processo de aeração;
- produção do oxigênio no próprio caldo de cultura, em decorrência da ação de organismos fotossintetizantes, como as algas verdes e os aguapés ou baronesas.

O tratamento dos esgotos é realizado em quatro fases:

1) Na primeira fase, o esgoto sanitário é processado com a participação dos seguintes equipamentos:

- grades separadoras de materiais grosseiros, como papéis, trapos de pano, absorventes íntimos, plásticos e pedaços de madeira;
- desintegradores ou trituradores mecânicos, que reduzem a matéria sólida transportada pelos esgotos e facilita a suspensão da mesma no meio líquido;
- caixas de areia ou desarenadores, que funcionam detendo areias, siltes e outros detritos sólidos ou inertes, como partículas metálicas e de carvão, provenientes de enxurradas ou de esgotos industriais;
- tanques ou caixas de remoção de gordura, que funcionam detendo as graxas e óleos que sobrenadam nas águas servidas provenientes de restaurantes, indústrias de alimentos e postos de gasolina.

Esta fase é também conhecida como fase de pré-tratamento e seus equipamentos podem ser descentralizados ao longo da rede de esgotos.

2) *Na segunda fase, também conhecida como fase de tratamento primário, o esgoto sanitário é processado com a participação dos seguintes equipamentos:*

- decantadores primários, que são tanques onde ocorre a sedimentação dos materiais sólidos, em suspensão, sob a forma de lodo orgânico;*
- canaletas superficiais, que permitem o lento escoamento dos líquidos sobrenadantes.*

Nesta etapa, ocorrem as seguintes operações, relacionadas com o processamento:

- precipitação química, mediante a adição de produtos químicos que facilitam a floculação dos detritos e aumentam a eficiência do processo de sedimentação;*
- digestão do lodo, mediante a ação das bactérias aeróbias, permitindo a estabilização e a mineralização da matéria orgânica;*
- secagem do lodo, mediante a circulação dos líquidos efluentes e a gradual evaporação dos líquidos retidos;*
- desinfecção do líquido efluente. Como o líquido efluente ainda é rico em microorganismos, é importante que o mesmo seja desinfectado, mediante a adição de cloro.*

3) *Na terceira fase, também conhecida como fase de tratamento secundário, o líquido, com materiais finos em suspensão passa pelos decantadores secundários onde o processo se reinicia e se apura. Nesta condição, antes da decantação final, o líquido é submetido a:*

- filtragem biológica*
- formação do lodo ativado*

Os filtros biológicos são constituídos por cascalhos de rochas finamente britadas, por onde passam os líquidos sobrenadantes do decantador primário, que são constituídos por água, matéria orgânica e compostos minerais em solução, juntamente com um imenso número de microorganismos saprófitos (bactérias, fungos e protozoários).

Durante o processo de filtração, ocorre a deposição do humos ou zoogeléia, constituído por um imenso volume de seres microscópicos, que formam um imenso sincício coloidal que ocupa os poros do filtro de cascalho e passa a atuar com um filtro biológico que:

- *absorve a água com partículas orgânicas em suspensão, sais e compostos orgânicos diluídos;*
- *alimenta-se deste caldo de cultura, transformando-o em água, gás carbônico e sais minerais, como consequência do metabolismo aeróbio.*

Formação do Lodo Ativado

Como já foi explicitado, o líquido do processo de decantação primária ainda carrega um grande volume de compostos orgânicos, sais minerais e microorganismos.

Se este líquido for aerado, por meio de bombas insufladoras ou de escovas rotativas, responsáveis pela formação de turbilhão, as proteínas coagulam e forma-se uma grande quantidade de corpúsculos de gelatina. Nesta condição, a matéria orgânica que se encontrava diluída no meio líquido, sob a forma “sol”, floclula e assume a forma “gel” que fica “suspensa” no meio líquido.

A sedimentação desses flocos gelatinosos, riquíssimos em organismos saprófitos, intensamente oxigenados, forma o chamado lodo ativado.

Como o lodo ativado é dotado de uma imensa atividade depuradora, quando misturado ao esgoto fresco, na presença de aeradores, esse produto incrementa o processo de autodepuração, ainda na fase de decantação primária.

O tratamento terciário completa os tratamentos anteriores, quando se exige uma maior depuração, o que pode ser conseguido por:

- *filtros intermitentes de areia;*
- *adição de lodo ativado e, em seguida, nova filtração biológica;*
- *deposição temporária do líquido em lagoas de estabilização e de oxidação enriquecidas por aguapés ou baronesas que metabolizam a matéria orgânica e adicionam oxigênio ao meio líquido, em função da fotossíntese.*

Nas lagoas de estabilização ocorre um processo de simbiose perfeita entre as bactérias saprófitas aeróbias e os organismos fotossintetizadores, constituídos pelas algas microscópicas e pelos aguapés.

Nesta condição, a matéria orgânica, que aflui dos esgotos, fornece a matéria prima que é metabolizada pelas bactérias aeróbias na presença do oxigênio, fornecido pelas algas e aguapés.

O gás carbônico e os sais minerais, liberados no meio líquido pelas bactérias aeróbias, é absorvido pelos organismos ricos em clorofila que realizam a fotossíntese, consumindo energia solar e liberando oxigênio.

Como os aguapés crescem numa velocidade muito grande, a produção de oxigênio é superior às necessidades das bactérias e contribui para melhorar as condições ambientais. O excesso de biomassa pode ser utilizado para produção de biogás por meio de biodigestores anaeróbios.

A combinação de lagoas de estabilização, com biodigestores anaeróbios é ideal nas pequenas comunidades disseminadas no meio rural.

