

Planejamento territorial como instrumento do gerenciamento de riscos de acidentes industriais maiores

Rafael Alexandre Ferreira Luiz
Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da FSP/USP

Adelaide Cassia Nardocci
Professora do Departamento de Saúde Ambiental da FSP/USP

Introdução

Acidentes industriais maiores são eventos extremos que envolvem grandes liberações repentinas de substâncias químicas perigosas (vazamentos, emissões) ou energia (explosões, incêndios), de forma isolada ou combinada, as quais podem provocar danos severos à saúde das pessoas, ao ambiente e à propriedade, de maneira direta ou indireta.

Estes acidentes são originados no universo dos riscos tecnológicos, ou seja, pertencentes a um contexto urbano-industrial, como os encontrados no transporte de materiais e de pessoas, no uso de maquinarias pesadas e de rápida movimentação, no uso de sistemas de altas temperaturas, pressões e de grande voltagem elétrica, na manufatura, armazenamento, utilização, disposição e transporte de materiais perigosos, dentre outros (WHO, 1999).

Eventos desta natureza estão relacionados com a crescente demanda por novos materiais e produtos químicos verificados desde a mudança da base produtiva do carvão para o petróleo, intensificando-se após a Segunda Guerra Mundial, e que deu grande impulso à indústria química. A maximização da produção inserida em um contexto de comércio globalizado de acirrada concorrência entre as corporações é outro fator que contribui para o aumento do armazenamento e transporte de substâncias e produtos nocivos ao homem e ao meio ambiente, acarretando no aumento da exposição, sobretudo nas comunidades próximas às instalações que manuseiam tais substâncias, além dos próprios trabalhadores destas unidades (Salvi e Debray, 2006).

Alguns exemplos de acidentes maiores com consequências severas podem ser citados:

- *Flixborough*, 1974: No Reino Unido, um vazamento de ciclohexano causado por um rompimento de tubulação em uma fábrica produtora de polímeros formou uma nuvem de vapor inflamável que entrou em ignição e gerou uma violenta explosão seguida de incêndio, destruindo completamente a planta industrial e causando danos catastróficos nas edificações próximas (situadas ao redor de 25 metros do centro da explosão), além de ter matado 28 pessoas e ferido gravemente outras 36 (CETESB, 2007).
- *Seveso*, 1976: Ocorrido na municipalidade de Meda, Itália, envolvendo a liberação de grande quantidade tetraclorodibenzoparadoxina (TCDD) de um reator, que produzia

triclorofenol (TCP), causando a intoxicação em 2000 pessoas, o desalojamento de 600 pessoas e a contaminação ambiental de uma grande área, sendo Seveso o local mais seriamente afetado. Embora não tenha provocado mortes imediatas, graves lesões e outros agravos importantes à saúde são observados ainda hoje na região. Este evento é considerado um marco importante para a regulamentação sobre prevenção e o controle desses acidentes no âmbito da Comunidade Europeia (CE) (EC 2007).

- *Bophal*, 1984: Mais de 40 toneladas de metil isocianato vazou de uma fábrica de pesticida em Bhopal, capital do estado de Madhya Pradesh, Índia matando cerca de 3800 pessoas. O governo indiano afirma que mais de meio milhão de pessoas foram expostas ao gás. Muitos estudos epidemiológicos feitos logo após o acidente mostram significativa morbidade e aumento da mortalidade na população exposta (Broughton 2005).
- *Vila Socó*, 1984: Em Cubatão, litoral de São Paulo, houve um vazamento de gasolina de um duto da PETROBRAS, o qual resultou em um incêndio que matou 93 pessoas, causou dezenas de feridos e a destruição parcial da vila. Após esse acidente, teve ênfase a preocupação com os acidentes ampliados em no estado de São Paulo (CETESB, 2007).
- *Enschede*, 2000: Uma série de explosões de uma fábrica de fogos de artifícios, na cidade holandesa de Enschede, matou 24 pessoas, sendo 4 bombeiros, feriu quase 1000 e causou prejuízos em uma grande área ao redor da fábrica, destruindo 350 casas no entorno da fábrica (Christou 2006a; HSE 2007).
- *Toulouse*, 2001: Uma explosão envolvendo nitrato de amônio granular fabricado em uma indústria de fertilizante, em Toulouse, França, matou 30 pessoas e causou danos às construções em um raio de 7 km da indústria, 1400 pessoas foram evacuadas, 600 casas e 2 escolas foram destruídas (Christou 2006a; HSE 2007).

Os acidentes industriais maiores diferem conceitualmente dos chamados “desastres naturais” principalmente pela origem (causa primária) do agente causador: *humano* ao invés de *natural*, embora ambos tenham grande potencial de destruição e danos.

Considerando a realidade complexa dos grandes centros urbanos onde a localização de instalações industriais geralmente está próxima às áreas densamente povoadas, sobretudo em países de economia periférica (Brasil, Índia, México, entre outros), um único episódio, dependendo da quantidade desprendida, das condições de liberação, da localização da planta e das características do entorno, pode alcançar grandes extensões e atingir um número elevado de pessoas, causando danos significativos para a saúde, o ambiente e o patrimônio público e privado.

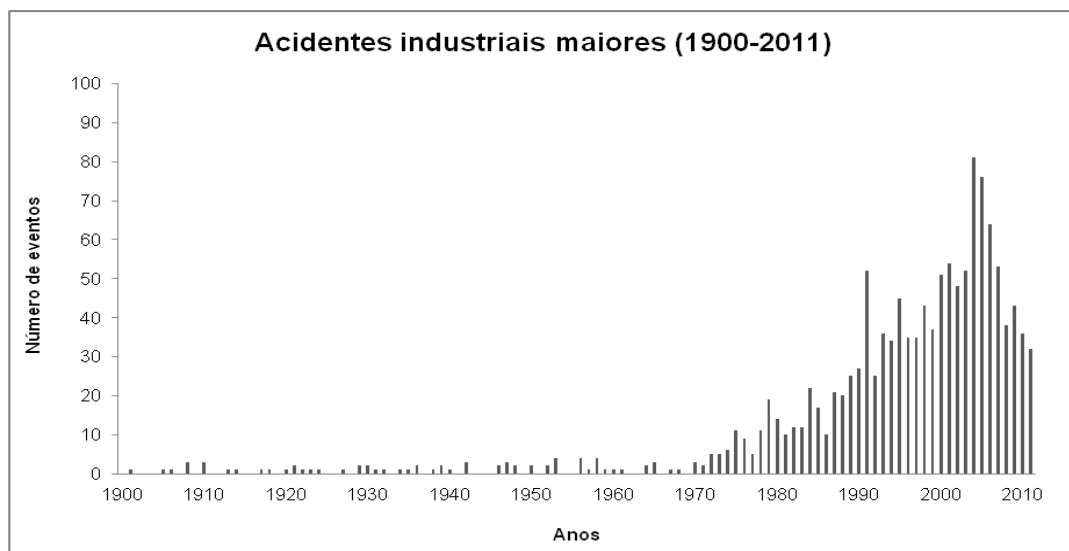
As possíveis consequências de acidentes dessa magnitude demandam atenção especial das autoridades, da indústria e da sociedade. A prevenção de eventos destes eventos é uma importante

preocupação de organismos nacionais e internacionais, e se configura também como um tema relevante na área ambiental e da saúde pública.

Aspectos quantitativos e qualitativos dos acidentes industriais maiores

Segundo dados do EM-DAT (*Emergency Disasters Data Base*), banco de dados internacional que contém registros de diversos desastres ao redor do mundo, nunca houve tantos registros¹ de acidentes industriais maiores como o que se tem observado nos últimos anos (Figura 1).

Figura 1. Acidentes industriais maiores relatados no mundo, no período de 1900 a 2011.



Fonte: EM-DAT: *The OFDA/CRED International Disaster Database* (disponível em: www.em-dat.net).

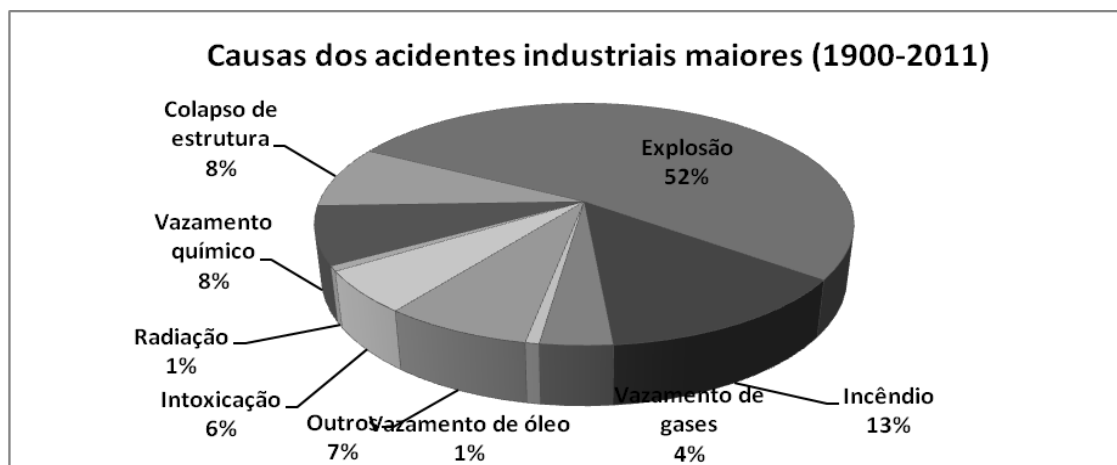
O número de eventos tem aumentado significativamente desde a década de 1970, onde a média é 7,8 acidentes. Na década seguinte (1980) a média sobe para 16,3; em relação à década de 1990, a média é de 36,9 e, por fim, na década de 2000, de 54,1 acidentes industriais maiores.

Embora uma parcela deste acréscimo esteja relacionada ao aperfeiçoamento do sistema de coleta de dados e da difusão da cultura de relato dos eventos (em parte devido à obrigatoriedade de fazê-lo imposta pelos governos), não há como desvincular o aumento ao surgimento e uso intensivo das novas tecnologias.

¹ O EM-DAT considera acidente industrial todo evento que atende ao menos um dos seguintes critérios: a) 10 ou mais mortes; b) 100 ou mais pessoas feridas; c) declaração de estado de emergência; d) pedido por ajuda internacional (<http://www.emdat.be/criteria-and-definition>).

Dos eventos registrados no banco de dados do EM-DAT no período entre 1900 até 2011 (figura 2), verifica-se que, do total de 1315 acidentes industriais maiores registrados, 684 (52%) tiveram como principal causa uma explosão, seguidos respectivamente de 171 ocorrências cuja origem foi incêndio (13%), 118 referente a algum tipo de vazamento (8% químico e 1% de óleo, totalizando 9%), 105 relacionadas a colapsos de estruturas (8%), 92 de origens diversas (7%), 79 que dizem respeito às intoxicações (6%), 53 alusivas aos vazamentos de gases (4%) e 13 indicativas à radiação (1%).

Figura 2. Causas dos acidentes industriais maiores relatados no período de 1900 a 2011.



Fonte: EM-DAT: *The OFDA/CRED International Disaster Database* (disponível em: www.em-dat.net).

As explosões além de serem a causa mais frequente de acidentes são também responsáveis pelas consequências mais severas. As explosões, que envolvem a repentina liberação de energia podem ser seguidas por outros eventos, como incêndios e a liberação de substâncias tóxicas.

A ocorrência de grandes incêndios e a formação de nuvens tóxicas em vazamentos de produtos líquidos ou gasoso podem atingir longas distâncias, e mesmo outras cidades ou países, e também são complexos do ponto de vista de gerenciamento de riscos (Freitas et al, 2000).

Em relação aos incêndios, afóra a propagação da radiação térmica e da possibilidade de incêndios secundários, há também a possibilidade de que áreas distantes sejam atingidas por emissões de diversos gases e fumaças tóxicas. Outro agravante dos efeitos secundários de um incêndio químico são os resíduos em cursos d'água de contaminantes utilizados para o combate ao fogo, representando grandes fontes de risco não apenas para a população e animais que possam utiliza-las como abastecimento, mas também para a própria equipe de emergências.

As propriedades físico-químicas das substâncias envolvidas também irão determinar o grau de toxicidade, as vias de exposição, bem como a extensão das áreas atingidas. Os eventos envolvendo as substâncias sólidas têm menor capacidade de extrapolar os limites dos

empreendimentos, sendo sua ocorrência mais frequente em situações inadequadas de disposição de resíduos e armazenamento de substâncias (Freitas et al, 2000).

As emissões líquidas, advindas de vazamentos ou derramamento acidental de produtos químicos, podem atingir cursos d'água e barreiras (naturais ou artificiais), o que podendo ampliar as consequências da contaminação. Já as emissões gasosas, dependendo das propriedades físico-químicas e toxicológicas das substâncias químicas e das condições atmosféricas e geográficas, podem atingir grandes extensões e quantidade de pessoas.

Em relação aos agravos da saúde humana, os acidentes industriais maiores podem ocasionar um grande número de mortes diretas e indiretas; lesões graves (queimaduras, envenenamentos, mutilações, cegueiras, etc.); doenças nas comunidades que podem exceder a capacidade dos serviços de saúde locais e perdurar por gerações (doenças neurológicas, respiratórias, congênitas, carcinogênicas, etc.), aumento da incidência de outras patologias, como doenças cardiovasculares e psicossociais, decorrentes dos traumas provocados pelo desastre, entre outros (Noji, 2000).

Em termos ambientais, os prejuízos causados podem ser inestimáveis e muitas vezes irreversíveis, como a contaminação de cursos d'água, lençóis freáticos e do solo em virtude de emissões e vazamentos de produtos tóxicos, impactando severamente os ecossistemas; incêndios e formação de chuvas ácidas, acarretando em perdas expressivas de áreas florestadas levando à diminuição da biodiversidade, etc (Freitas et. al, 2000).

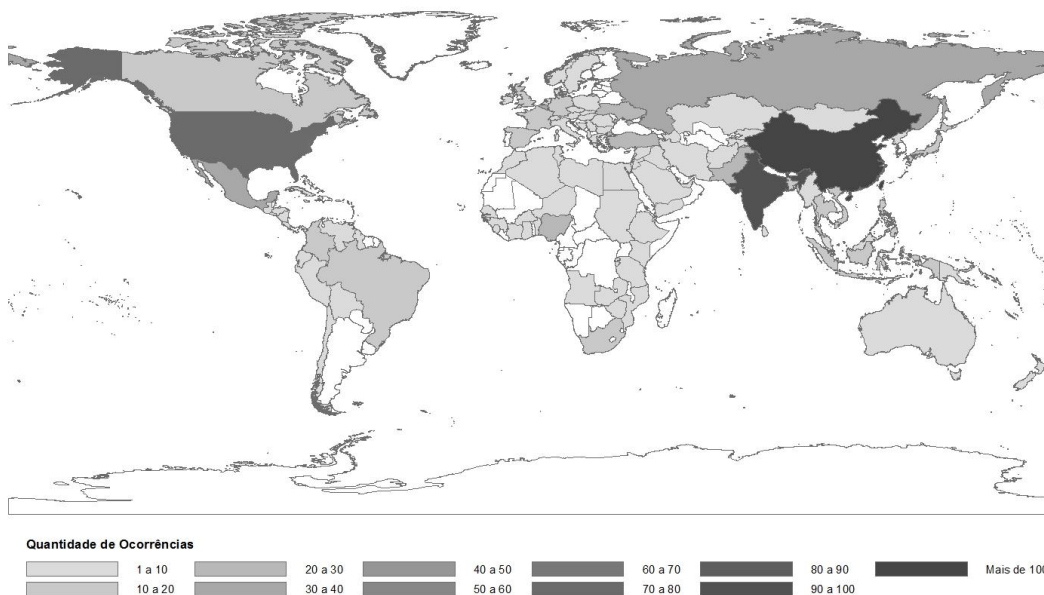
Os acidentes industriais maiores também podem comprometer ou destruir a infraestrutura do entorno, como estradas, redes de abastecimento de água e energia, instalações fundamentais em situações adversas (como hospitais e corpo de bombeiros, que, se atingidos, podem prejudicar ou mesmo impedir o atendimento às emergências), gerando diversos prejuízos ao patrimônio público; causar a interdição ou destruição de moradias, contribuindo para o *déficit* habitacional; podem ainda, em decorrência da perda de unidades fabris e de equipamentos, paralisar processos produtivos trazendo prejuízos financeiros à economia privada, entre outros.

Distribuição geográfica dos acidentes industriais maiores

Acidentes industriais maiores têm ocorrido em todo o mundo (figura 3), porém, a ocorrência destes no espaço e no tempo devem ser analisadas sob o contexto da economia globalizada, onde a divisão internacional do trabalho determina uma consequente divisão internacional dos riscos e benefícios intrínsecos das atividades perigosas.

Figura 3. Distribuição dos acidentes industriais maiores relatados no período de 1900 a 2011.

Distribuição dos Acidentes Industriais Maiores (1900 - 2011)



Fonte: EM-DAT: *The OFDA/CRED International Disaster Database* (disponível em: www.em-dat.net).

Observa-se na figura 3 que os acidentes industriais maiores ocorridos no período entre 1900 a 2011 foram relatados em todos os continentes, e que China, Índia e EUA apresentam maior número de ocorrências. Chama a atenção também, a grande presença de eventos na Europa, onde os acidentes reportados preenchem quase que inteiramente todos os países da região.

No entanto, deve-se levar em consideração que as condições existentes em países de economia periférica, como a inexistência de critérios rígidos de segurança industrial e proteção ambiental, favorecem a transferência de complexos industriais perigosos, fato que, quando combinados com o acelerado processo de urbanização desordenada presentes nestes países, os tornam ainda mais vulneráveis aos acidentes deste porte.

A tabela 1 resume os acidentes registrados por região do mundo e por décadas. Verifica-se que até a década de 1970, os acidentes industriais maiores acometiam, em sua maioria, os países de economia central. A partir de 1980, há uma grande difusão destes eventos em todas as regiões, com destaque para a Ásia, que, na série histórica analisada, acumulou mais da metade dos registros (53,3%), e que apresentou um acentuado aumento do número de eventos nas décadas de 1990 e 2000.

Tabela 1 – Distribuição dos acidentes industriais maiores relatados entre o período de 1900 a 2011 por região e décadas.

	África	América Central e Caribe	América do Norte	América do Sul	Ásia	Europa	Oceania	Oriente Médio
1900-1910					4	5		
1911-1920			3			2		
1921-1930						10		
1931-1940			2			8		
1941-1950			2		2	8		
1951-1960	2		7	1		7		
1961-1970	1		5		1	2		2
1971-1980	3	2	40	5	12	23	2	1
1981-1990	17	6	50	11	55	35	1	2
1991-2000	32	5	48	19	202	74	1	10
2001-2010	57	2	15	11	400	44	1	15
2011-	4		1	4	26	3	1	1
Total	116	15	173	51	702	221	6	31
	(9%)	(1,2%)	(13,2%)	(3,8%)	(53,3%)	(16,8%)	(0,5%)	(2,2%)

Fonte: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database.

A Tabela 2 apresenta os vinte maiores acidentes industriais registrados no EM-DAT em termos de números de fatalidades. Observa-se que, dos 20 maiores acidentes industriais em termos de fatalidades, 13 ocorreram em países de economia periférica, dentre eles, os acidentes de Bhopal, Índia (2500 mortes), Cubatão (Vila Socó), Brasil (508 mortes) e San Juan Ixtaheuepec, México (459 mortes), atingindo severamente a população pobre que ocupava as áreas do entorno destes empreendimentos.

Tabela 2 – Os 20 maiores acidentes industriais no mundo relatados entre o período de 1900 a 2011 segundo o número de fatalidades.

Ano	País	Cidade	Sub-tipo	Local	Mortos
1956	Colômbia	Cali	Explosão	Explosivos	2700
1984	Índia	Bopal	Vazamento Gás	Planta pesticida	2500
1998	Nigéria	Atiworu (Jesse Town)	Explosão	Oleoduto	1082
1989	Iraque	Near Al-Hillah	Explosão	Instalação Militar	700
1989	Rússia	Acha-Oufa	Explosão	Gasoduto	607
1921	Alemanha	Oppau	Explosão	Planta de Nitrato	600
1947	EUA	Cidade do Texas	Explosão	Navio 'Grandcamps'	561
1984	Brasil	Cubatão	Explosão	Oleoduto	508
1972	Iraque		Envenenamento		459
1984	México	San Juan Ixtaheuepec	Explosão	Tanque Gás Natural	452
1950	Japão	Baía de Minamata	Envenenamento	Methyl Mercúrio	439
1981	Espanha	Madri	Envenenamento	Óleo Contaminado	340
1979	Rússia	Novosibirsk	Vazam. Químico	Planta Química	300
1992	Turquia	Near Zonduldak	Explosão	Mina Carvão	272
2006	Nigéria	Lagos	Explosão	Oleoduto	269
1956	Bélgica	Bois du Cazier	Incêndio	Mina Carvão	262
2000	Nigéria	Ajeje	Explosão	Oleoduto	260
2003	China P Rep	Gao Qiao, Chuandongbei	Explosão	Depósito de Gás	234
2005	China P Rep	Fuxin (Província Liaoning)	Explosão	Mina Carvão	214
1993	Tailândia	Puthamonthon	Incêndio	Fábrica	211

Fonte: EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database.

O aumento dos acidentes industriais maiores nas últimas décadas em regiões de economia periférica indica a vulnerabilidade destas regiões frente aos acidentes desta magnitude, regiões estas onde inexitem políticas eficazes de planejamento territorial.

Além de refletirem o modelo de desenvolvimento econômico adotado por estes países, com crescente participação de indústrias multinacionais no processo de industrialização, aliada e incentivada pela intervenção de Estados, muitas vezes, não democráticos e omissos quanto ao controle e prevenção dos riscos industriais.

Gerenciamento dos riscos de acidentes industriais maiores: avaliação quantitativa de riscos

Nas últimas décadas, a Avaliação Quantitativa de Riscos (AQR) ganhou destaque como uma das mais importantes ferramentas para o gerenciamento de riscos de acidentes industriais maiores.

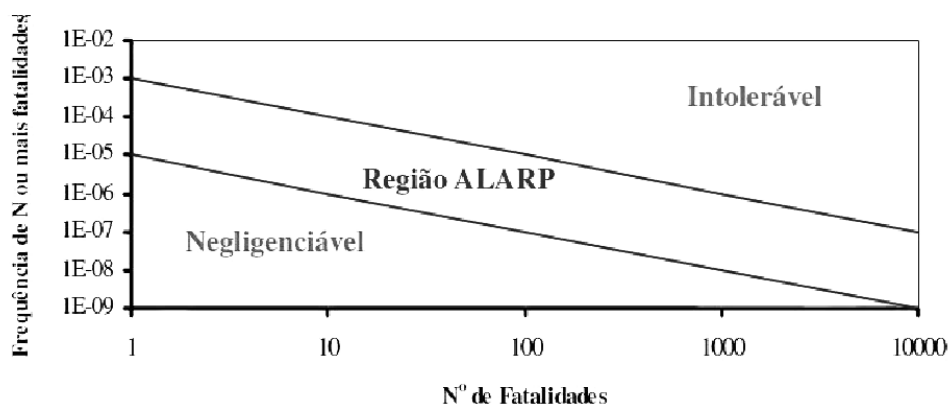
No Brasil, a AQR tem sido utilizada apenas como ferramenta de licenciamento ambiental, quando solicitada pelos órgãos responsáveis, diferentemente de outros países, principalmente os da Comunidade Europeia (CE) que já a adotam como elemento chave no zoneamento de áreas industriais com potenciais de causar eventos acidentais significativos no entorno.

A AQR é composta por um conjunto de métodos que permite identificar os possíveis cenários acidentais, estimar o número esperado de mortes e feridos graves, a frequência de ocorrência de cada cenário e, a partir da composição destes valores, estimar os riscos, calculados em termos de *risco individual* e *risco social*.

Risco individual pode ser definido como *a probabilidade de um indivíduo que está próximo a uma indústria (fonte de perigo) morrer como resultado de um acidente*. É expresso por meio de curvas de *isorisco* (contorno do risco) que permitem a visualização da distribuição geográfica do risco. (Oliveira Junior, 2008)

Como risco social, entende-se como *a medida do número de mortes esperadas, em função da frequência acumulada dos eventos acidentais*, ou seja, é uma medida do risco para um determinado número ou agrupamento de pessoas expostas aos danos (fatalidades) decorrentes de um ou mais cenários acidentais (CETESB, 2003). Normalmente é expresso por meio da curva F-N ou *frequência de ocorrência dos eventos – número esperado de mortes de pessoas* (figura 3) e, dependendo da região onde o risco social é alocado, este é tratado como intolerável, negligenciável, ou, como pertencente ao domínio da ALARP (*As Low As Reasonably Practicable*), devendo ser reduzidos (Papazoglou et al. 1999; Jonkman 2003; Young-Do 2005, CETESB, 2003).

Figura 3. Curva F-N de tolerabilidade para risco social.



Fonte: CETEB, 2003.

No Brasil, a avaliação de riscos tem sido utilizada como ferramenta de licenciamento ambiental e não tem sido empregada para subsidiar o zoneamento de áreas industriais com grande

número de instalações perigosas, tampouco como ferramenta de planejamento de ações emergenciais por parte das instituições públicas envolvidas nas ações de resposta a estes eventos.

O uso da AQR no Brasil teve início no estado de São Paulo, na década de 1980, como instrumento complementar aos Estudos de Impacto Ambiental (EIA) quando solicitada pelo órgão ambiental responsável, a Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB), no processo de licenciamento para as atividades industriais que se julgava serem potencialmente perigosas.

Estas atividades incluíam basicamente as indústrias químicas, petroquímicas e áreas de estocagem de produtos químicos perigosos, as quais apresentam maior potencial para a ocorrência de acidentes. Atualmente, o chamado Estudo de Análise de Riscos (EAR), que contempla a AQR, tem sido solicitado por todos os órgãos ambientais brasileiros como requisito ao licenciamento ambiental de um amplo conjunto de empreendimentos industriais.

A não inclusão da AQR como ferramenta de planejamento territorial está associada a várias limitações da gestão de acidentes industriais maiores no, dentre as quais podem ser destacadas:

1. Falta de uma política, em âmbito nacional, que defina as diretrizes gerais do gerenciamento de riscos de acidentes industriais maiores, evitando esforços e iniciativas isoladas por parte dos diferentes estados brasileiros. Neste caso, o planejamento do uso e ocupação do solo no entorno de áreas industriais é uma ferramenta essencial para a limitação das consequências de possíveis acidentes.
2. Falta de padronização do escopo, métodos e critérios a serem utilizados na elaboração dos estudos de riscos de forma a evitar que empreendimentos similares apresentem resultados completamente distintos;
3. Falta de uma abordagem para avaliação de riscos de grandes áreas industriais – o processo de licenciamento ambiental é individual e não considera os riscos de outros empreendimentos já existentes na área (sobreposição dos riscos). Muitos estudos internacionais demonstram que grandes áreas industriais devem ser analisadas de forma integrada e que a sobreposição dos riscos não pode ser desconsiderada.

A contribuição da Diretiva de Seveso

Na década de 1970 em particular, dois acidentes importantes ocorreram na Europa: Flixborough, em 1974 e Seveso, em 1976, na Itália, já mencionados anteriormente. Estes dois eventos foram responsáveis pela adoção de medidas e regulamentações com o objetivo de prevenir e controlar a ocorrência de tais acidentes, no âmbito da CE (Wetting, 1999).

Em 1982, a Comissão Europeia adotou a Diretiva de Seveso I, cujo foco era a obtenção de informações adequadas e suficientes sobre as instalações com riscos de acidentes maiores de forma que os diferentes atores pudessem desempenhar algum tipo de gestão sobre os riscos (Amendola, 1998). Motivadas pela ocorrência de acidentes importantes ocorridos na década de 1980, a Diretiva I foi revisada três vezes a fim de, entre outros, ampliar seu escopo e incluir as instalações de estocagem de substâncias perigosas e padronizar os relatórios de segurança das instalações.

A Diretiva I consolidou a AQR como ferramenta de gestão dos acidentes maiores, a qual já era utilizada com diferentes propósitos como, por exemplo, estabelecer a aceitabilidade de instalações industriais em Canvey Island, Inglaterra; examinar métodos e modelos de avaliação de riscos aplicados ao controle de instalações industriais na área de Rijnmond, Holanda. (Spadoni, 2000).

Em 1996, foi substituída pela *Diretiva de Seveso II* a qual dá ênfase às questões sócio-organizacionais e às políticas de prevenção, uma vez que as conclusões das análises dos acidentes ocorridos remetiam, em sua maioria, para as deficiências no sistema de gestão das organizações. Entre outros aspectos, esta Diretiva introduz a obrigatoriedade de uma política de prevenção de acidentes maiores, que considere tanto os aspectos técnicos como organizacionais e a introdução de Políticas de Planejamento do Uso do Solo (*Land Use Planning*) como ferramenta importante de gerenciamento dos riscos em empreendimentos industriais.

Dentre os aspectos técnicos, a Diretiva II enfatizou a necessidade de avaliação do chamado “efeito dominó” para a prevenção dos riscos entre estabelecimentos vizinhos e ampliou a lista de substâncias químicas reguladas. Entre os aspectos regulatórios a Diretiva incluiu a obrigatoriedade de divulgação pública dos relatórios de segurança dos empreendimentos e a participação da comunidade vizinha às instalações no planejamento de emergência.

A publicação destas Diretivas, portanto, desencadearam um amplo conjunto de ações e iniciativas por parte dos Estados membros e da própria CE a fim de definir métodos e critérios adequados à demanda das regulamentações, os quais têm variado entre os Estados-membros.

Muitos trabalhos foram desenvolvidos sobre este tema os quais objetivam responder adequadamente às solicitações da Diretiva (Cahen 2006, Hauptmanns 2005, Cozzani 2006, Ale 2002). Uma importante iniciativa por parte da CE, logo após a publicação da Diretiva de Seveso II foi o desenvolvimento de um projeto envolvendo 16 Estados membros, denominado *ARAMIS (Accidental Risk Assessment Methodology for Industries in the framework of Seveso II directive)*².

Concebido como uma ferramenta conceitual, o projeto teve como objetivo ser um elemento norteador para as indústrias, autoridades competentes e autoridades locais, a fim de se evitar que cada um desses atores abordasse o processo de gerenciamento de risco de forma unilateral,

² <http://mahb.jrc.it/index.php?id=412>

harmonizando as metodologias de avaliação de riscos, considerando as consequências dos cenários e a eficiência do gerenciamento da segurança dos empreendimentos e, ainda, estimando a vulnerabilidade ambiental (Salvi 2006, Kontié, 2006).

Desta forma, além de tentar equilibrar as diferenças entre as abordagens determinísticas e probabilísticas, o projeto ARAMIS também propôs uma metodologia de avaliação da vulnerabilidade no entorno das plantas industriais.

A avaliação de vulnerabilidade se esforça para caracterizar a vulnerabilidade do local independentemente do empreendimento perigoso. A avaliação da vulnerabilidade das áreas vizinhas aos empreendimentos industriais focaliza três aspectos ou *alvos*: pessoas (alvos humanos), ambiente (alvos ambientais) e material (alvos materiais) e sua aplicação consiste na identificação e quantificação destes alvos por meio de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), avaliando a contribuição de cada alvo com base em uma abordagem multicritério de decisão, como detalhado em Tixier et al (2006).

Planejamento territorial como principal instrumento na redução dos riscos de acidentes industriais maiores

Os grandes acidentes industriais ocorridos no mundo são, em sua grande maioria, resultados de uma decisão inicial de planejamento que permitiu a alocação de uma atividade tecnológica perigosa em um lugar inapropriado, onde a capacidade de controlar os diversos usos do seu entorno, sobretudo o residencial, foi deficiente ou simplesmente nula (Smith e Petley 2009).

Face à crescente ocorrência destes eventos, instalações de alto risco (*high-hazard*) como usinas nucleares, locais de disposição de rejeitos tóxicos, fábricas de produtos químicos e armazenamento de combustíveis, tendem a possuir, majoritariamente, grande rejeição por parte da população local. No entanto, existem locais onde, ainda hoje, é possível alocar muitas atividades perigosas sem grandes dificuldades.

Tal dicotomia ocorre, pois, a política de planejamento do uso do solo sofre influencia direta de aspectos sociais, econômicos e ambientais e a justificativa, nestes casos, é a propagação de um discurso onde a ênfase dada aos benefícios (geração de empregos, criação de infraestruturas e arrecadação de impostos) é sempre maior que os malefícios gerados.

Em suma, o propósito do planejamento do uso do solo é resolver este tipo de conflito, e, alguns dos seus objetivos mais relevantes são: proteger a população e o ambiente de riscos causados pelas atividades humanas e eventos naturais, proteger recursos naturais, e, em particular os ecossistemas (solo, água e clima); desenvolver o uso do solo com equilíbrio entre a capacidade econômica e ecológica; priorizar o interesse público em detrimento do privado; melhorar as

condições de vida da população criando uma estrutura balanceada entre os sistemas econômico e social; entre outros (Christou 1999, Christou 2006, Smith e Petley 2009).

No contexto de gestão de acidentes industriais maiores, o objetivo do planejamento do uso do solo é a redução dos riscos associados à localização de instalações perigosas e a limitação das consequências de possíveis cenários acidentais. Para conseguir esse propósito, procura, por instrumentos legais, um modo de separar áreas densamente povoadas dessas atividades nocivas ao homem, assim como as rotas de transportes a elas associadas.

Várias abordagens têm sido utilizadas para tentar garantir essa dissociação e, em geral, consistem na definição de zonas (*buffers*) no entorno de plantas industriais, com diferentes restrições de uso e ocupação do solo, de acordo com níveis de riscos e ou consequências toleráveis que devem ser respeitadas para que as consequências sejam minimizadas (Christou 2006; Cozzani et al 2006, Smith e Petley 2009).

No que se refere ao planejamento do uso do solo, seu objetivo principal é a limitação das consequências para as pessoas e meio ambiente dos possíveis cenários acidentais. Na Comunidade Europeia, de acordo com Christou (2000), várias abordagens para a definição dos critérios de zoneamento têm sido adotadas, dependendo das condições nacionais e locais e os Estados. As principais são:

- Adoção de distâncias genéricas baseadas no impacto ambiental provocado pelo empreendimento industrial;
- Abordagem determinística, orientada pelas consequências estimadas para o pior cenário acidental previsto para cada empreendimento;
- Abordagem probabilística, orientada pela análise de riscos.

Embora alguns aspectos da vulnerabilidade do entorno sejam levados em consideração, como o grau de preparação frente a situações emergenciais e as características sociais da comunidade local, o contexto espacial é fator primordial na questão do planejamento do uso solo e acidentes industriais maiores. (Cozzani 2006)

Referências

Ale, B. Risk assessment practices in The Netherlands. *Safety Science*, 40, 2002; p. 105-126.

Amendola, A. Approach to risk analysis in the European Union in risk assessment and management in the context of Seveso II Directive. Amsterdam: Elsevier, 1998.

Broughton, E. The Bhopal disaster and its aftermath: a review. *Environmental Health: A Global Access Science Source*. 2005, 4:6. Disponível em: <http://www.ehjournal.net/content/4/1/6>. Acesso 12 Set. 2007.

Cahen, B. Implementation of new legislative measures on industrial risks prevention and control in urban areas. *Journal of Hazardous Materials* 130, 2006;p: 293-299.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Manual de orientação para elaboração de Estudos de Análise de Riscos: Norma P4. 261. São Paulo: CETESB, 2003.

[CETESB] Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Gerenciamento de risco. Disponível em :<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/historico.asp>. Acesso em 02 Out. 2007.

Christou, M. Industrial and Environmental Risks. Joint Research Centre. European Commission, 2006a.

Christou, M.D., Struckl, M, Biermann, T. Land-Use Planning Guidelines in the context of article 12 of the Seveso II Directive 96/82/EC as amended by Directive 105/2003/EC. Joint Research Centre. Of European Commission; 2006b.

Christou, M. D., Porter, S. Guidance on land Use Planning as required by council directive 96/82/EC (SEVESO II), Institute for Systems Informatics and Safety, 1999.

Cozzani, V. et al. Application of land-use planning criteria for the control of major accident hazards: A case-study. *Journal of Hazardous Materials*, A 136, 2006; p170-180.

[EC] European Commission. Chemical Accidents (Seveso II) - Prevention, Preparedness and Response. Disponível em <http://ec.europa.eu/environment/seveso/index.htm>. Acesso em 12 Out. 2007.

Freitas, C. M.; Porto, Machado, J. M. H. Acidentes químicos ampliados: desafios e perspectivas para o controle e a prevenção. Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000.

[HSE] Health and Safety Executive. HSC consults on amended major accident hazards regulations. Disponível em <http://www.hse.gov.uk/press/2004/c04031.htm> Acesso 22 Out. 2007.

- Hauptmanns, U. A risk-based approach to land-use planning. *Journal of Hazardous Materials*, A125, 2005; p.1-9.
- Jonkman, S. N.; Van Gelder, P.H.A.J.M.; Vrijling, J.K. An overview of quantitative risk measures for loss of life and economic damage. *Journal of Harzardous Materials*. A99; 1-30, 2003.
- Kontié, D. Kontié, B.; Gerbec, M.. How powerful is ARAMIS methodology in solving land-use issues associated with industry based environmental and health risks?. *Journal of Hazardous Materials*, 130, 2006; p271-275.
- Oliveira Junior, M.A. Geoprocessamento como ferramenta de análise integrada de riscos de acidentes industriais. 2008. 119 p. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Noji, E.K(Ed.). *Impacto de los desastres en la salud pública*. Bogotá: Organización Panamericana de la Salud, 2000. 484p.
- Papazoglou, I.A. et al. Technical modeling in integrated risk assessment of chemical installations. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 15: 545–554, 2002.
- Salvi, O., Debray, B. A global view on ARAMIS, a risk assessment methology for industries in the framework of the SEVESO II directive. *Journal of Hazardous Materials*, 130, 2006; p187-199.
- Smith, K.; Petley, D. N. *Enviromental hazards: assessing risk and reducing disaster*. London: Routledge, 2009.
- Spadoni, G., Egidi, D., Contini, S. Trough ARIPAR-GIS the quantified area risk analysis supports land-use planning activities. *Journal of Hazardous Materials*, 71, 2006; p.423-437.
- Tixier, J. et AL. Environmental vulnerability assessment in the vicinity of an industrial site in the frame of ARAMIS European project. *Journal of Hazardous Materials*, 130, 2006;p-251-264.
- Wetting, J. Porter, S.; Kirchsteiger, C. Major industrial accidents regulation in the European Union. *Journal of Loss Prevention of Process Industries*, 12; 1999; p.19-28.
- [WHO] World Health Organization. *Community emergency preparedness: a manual for managers and policy-makers*. Geneva, 1999.
- Young-Do, J.; Ahn, B.J A method of quantitative risk assessment for transmission pipeline carrying natural gas. *Journal of Hazardous Materials*. 123; 1-12, 2007.