

RISCOS ASSOCIADOS AOS PRODUTOS PERIGOSOS

Por Edson Haddad

1. Introdução

Os incidentes envolvendo substâncias químicas perigosas requerem, sempre, cuidados e medidas específicas a serem desencadeadas para o controle das diferentes situações que podem ocorrer, razão pela qual é fundamental a intervenção de pessoas devidamente capacitadas e equipadas, para o sucesso dessas operações.

2. Classes de risco

O conhecimento dos riscos e das características específicas das substâncias químicas envolvidas é outro fator de suma importância, razão pela qual a *ONU - Organização das Nações Unidas* classificou e agrupou os produtos químicos, em nove classes de risco distintas:

- Classe 1 = Explosivos;
- Classe 2 = Gases;
- Classe 3 = Líquidos Inflamáveis;
- Classe 4 = Sólidos Inflamáveis; Substâncias Sujetas à Combustão Espontânea; Substâncias que, em Contato com Água, emitem Gases Inflamáveis;
- Classe 5 = Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos;
- Classe 6 = Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes;
- Classe 7 = Materiais Radioativos;
- Classe 8 = Substâncias Corrosivas;
- Classe 9 = Substâncias e Artigos Perigosos Diversos.

A seguir são abordados os principais aspectos a serem observados nos acidentes, de acordo com as classes de risco dos produtos químicos, exceto para os materiais radioativos e as substâncias infectantes.

2.1 Classe 1 – Explosivos

Os explosivos são substâncias que são submetidas a uma transformação química extremamente rápida, produzindo, simultaneamente, grandes quantidades de gases e calor.

Devido ao calor, os gases liberados, tais como *nitrogênio*, *oxigênio*, *monóxido de carbono*, *dióxido de carbono* e *vapor d'água*, expandem-se a altíssimas velocidades, provocando o deslocamento do ar e gerando sobrepressão, ou seja, um aumento de pressão, superior à pressão atmosférica normal.

Muitas das substâncias pertencentes a esta classe são sensíveis ao calor, choque e fricção, como por exemplo: *azida de chumbo* e *fulminato de mercúrio*.

Já outros produtos desta mesma classe, necessitam de um intensificador para explodirem. De acordo com a rapidez e a sensibilidade dos explosivos, podem ocorrer dois tipos de explosões:

- detonação: é o tipo de explosão onde a transformação química ocorre muito rapidamente, sendo que a velocidade de expansão dos gases é muito superior à velocidade do som, naquele ambiente;
- deflagração: é o tipo de explosão onde a transformação química é bem mais lenta, sendo que a velocidade de expansão dos gases é, no máximo, a velocidade do som, naquele ambiente. Neste caso, pode ocorrer a combustão.

A detonação é caracterizada por apresentar picos de pressão elevada, em um período extremamente pequeno de tempo, enquanto que, a deflagração comporta-se de maneira oposta. A sobrepressão, gerada a partir de uma explosão, pode atingir valores elevados, provocando danos destrutivos às edificações e às pessoas. A sobrepressão é, normalmente, expressa em *bar*. Na *Tabela 1*, são apresentados alguns valores de sobrepressão e os respectivos danos às estruturas.

Tabela 1 - Valores de sobrepressão, característicos de danos às estruturas.

Sobrepressão (bar)	Danos às estruturas
0,30	catastróficos
0,10	graves
0,03	100% de ruptura de vidros
0,01	10% de ruptura de vidros

Entende-se por danos catastróficos às estruturas, aqueles onde ocorre o seu colapso, deixando o local sem condições de uso.

Os danos graves não comprometem a estrutura como um todo, ou seja, tem-se a ocorrência de rachaduras, queda do telhado, portas danificadas ou arrancadas etc. É importante notar, que o valor de 0,30 bar representa 3 metros de coluna d'água, o qual é um valor que, normalmente, não provoca danos às pessoas. Isto significa que as pessoas são mais resistentes à sobrepressão que as estruturas, uma vez que o homem não é uma estrutura rígida, permitindo, desta forma, que o impacto seja absorvido pelo organismo. O dano mais comum, provocado por uma explosão ao homem, é a ruptura do tímpano, a qual ocorre a valores acima de 0,4 bar de sobrepressão.

2.1.1 Substâncias e Artefatos com Risco de Explosão em Massa

Estas substâncias geram explosões, do tipo *detonação*. Exemplo: *TNT* e *fulminato de mercúrio*.

2.1.2 Substâncias e Artefatos com Risco de Projeção

Estas substâncias geram explosões, do tipo *deflagração*. Exemplo: *granadas*.

2.1.3 Substâncias e Artefatos com Risco Predominante de Fogo

Estas substâncias apresentam *pequeno risco de explosão*. Exemplo: *artigos pirotécnicos*.

2.1.4 Substâncias e Artefatos que não Apresentam Riscos Significativos

Estas substâncias apresentam *pouquíssimo risco de explosão*. Exemplo: *dispositivos iniciadores*.

2.1.5 Substâncias Pouco Sensíveis

Estas substâncias são praticamente insensíveis; mas, apresentam *risco de explosão de massa*. Exemplo: *explosivos de demolição*.

Por ser a explosão um fenômeno extremamente rápido e incontrolável, as medidas a serem desencadeadas, durante o atendimento a acidentes com produtos deste tipo, deverão ser de caráter preventivo. Tais medidas incluem o controle dos fatores que podem gerar calor, tais como o aumento de temperatura, a fricção e o choque.

Em casos de incêndio, além do risco iminente de explosão, pode-se ter a emissão de gases tóxicos e/ou venenosos. Nestes casos, a proteção respiratória adequada que deve ser utilizada é o equipamento autônomo de respiração a ar comprimido, além de roupas de proteção especiais.

Nos incêndios envolvendo substâncias explosivas, esses equipamentos oferecem proteção limitada, devido à natureza do produto, ou seja, são eficientes apenas para a proteção contra os gases gerados pelo incêndio e não para os efeitos decorrentes de uma eventual explosão.

Outro aspecto importante, diz respeito ao atendimento quando e onde a explosão já tenha ocorrido.

De acordo com as características do produto envolvido, nem toda a carga envolvida no acidente pode ter sido consumida pela explosão, podendo, portanto, existirem produtos intactos nas imediações do local da ocorrência, razão pela qual a operação de remoção dos explosivos deve ser realizada sempre manualmente e com todo o cuidado requerido.

2.2 Classe 2 – Gases

Gás é um dos estados da matéria. No estado gasoso, a matéria tem forma e volume variáveis. A força de repulsão entre as moléculas é maior que a força de coesão.

Os gases são caracterizados por apresentarem baixa densidade e capacidade de se moverem livremente. Diferentemente dos líquidos e dos sólidos, os gases expandem-se e contraem-se facilmente, alterando-se a pressão e/ou a temperatura. Desta forma, esta classe abrange os gases, nas mais diversas condições.

2.2.1 Gases Permanentes

São aqueles que não podem ser liquefeitos à temperatura ambiente, ou seja, são produtos com temperatura de ebulição bastante baixa. Exemplo: *ar, argônio e dióxido de carbono*.

2.2.2 Gases Comprimidos Liquefeitos

São aqueles que podem se tornar líquidos, sob pressão e à temperatura ambiente. Exemplo: *amônia, cloro e GLP - Gás Liquefeito de Petróleo*.

2.2.3 Gases Dissolvidos sob Pressão

São aqueles que encontram-se dissolvidos, sob pressão, em um solvente. Exemplo: *acetileno*.

2.2.4 Gases Altamente Refrigerados

São aqueles gases que encontram-se armazenados, à sua temperatura de ebulição. Exemplos: *oxigênio*, cuja temperatura de armazenamento é de -183°C , e *nitrogênio*, cuja temperatura de armazenamento é de -196°C .

Independente do risco apresentado pela substância química, o seu estado físico representa, por si só, uma grande preocupação, uma vez que os gases expandem-se indefinidamente até ocuparem todo o recipiente que os contém. Em caso de vazamento, os gases tendem a ocupar todo o ambiente, mesmo quando possuem densidades diferentes da densidade do ar.

Além do risco inerente ao estado físico, os gases podem apresentar riscos adicionais, como por exemplo: inflamabilidade, toxicidade, poder de oxidação e corrosividade. Alguns gases, como, por exemplo, o *cloro*, apresentam odor e cor característicos, enquanto que outros, como é o caso do *monóxido de carbono*, não apresentam odor ou coloração, o que pode dificultar a sua identificação na atmosfera, bem como, as ações de controle, quando de um eventual vazamento.

Como foi visto no início deste texto, os gases sofrem grande influência quando expostos a variações de pressão e/ou temperatura. Os gases, em sua maioria, podem ser liqüefeitos, com o aumento da pressão e/ou a diminuição da temperatura. A *amônia*, por exemplo, pode ser liqüefeita, quando submetida a uma pressão de aproximadamente 8 kgf/cm^2 ou a uma temperatura de aproximadamente $-33,4^{\circ}\text{C}$. Quando liberados, os gases que são mantidos liqüefeitos por ação da pressão e/ou da temperatura tendem a passar para o seu estado natural nas condições ambientais, ou seja, para o estado gasoso. Durante a mudança do estado líquido para o estado gasoso, ocorre uma alta expansão do produto, gerando volumes gasosos, muito maiores que o volume ocupado pelo líquido. A isto se denomina *taxa de expansão*. O *cloro*, por exemplo, tem uma taxa de expansão de 457 vezes, ou seja, 1 volume de *cloro líquido* gera 457 volumes de *cloro gasoso*.

Com a finalidade de reduzir a taxa de evaporação do produto, poderá ser aplicada uma camada de espuma sobre a poça formada, desde que este material seja compatível com o produto vazado.

Em função do exposto acima, nos vazamentos de produtos liqüefeitos, deverá ser adotada a preferência ao vazamento na fase gasosa, ao invés do vazamento na fase líquida.

Uma propriedade físico-química relevante, a ser considerada no atendimento a vazamentos dos gases, é a densidade do produto em relação à densidade do ar. Os gases mais densos que o ar tendem a se acumular ao nível do solo e, conseqüentemente, terão a sua dispersão dificultada quando comparada à dispersão dos gases com densidade próxima ou inferior à densidade do ar.

Um outro fator, que também dificulta a dispersão dos gases, é a presença de grandes obstáculos como, por exemplo, as edificações nas áreas urbanas.

Alguns gases são considerados biologicamente inertes, ou seja, não são metabolizados pelo organismo humano mas, sob certas condições, podem representar riscos ao homem.

Todos os gases, exceto o *oxigênio*, são asfixiantes. Grandes vazamentos, mesmo de gases inertes, reduzem o teor de *oxigênio* nos ambientes fechados, causando danos que podem culminar na morte das pessoas expostas. Assim, em ambientes confinados, deve-se monitorar a concentração de *oxigênio*, constantemente.

Nas situações onde a concentração de *oxigênio* estiver abaixo de 19,5 % em volume, deverão ser adotadas medidas, no sentido de restabelecer o nível normal de *oxigênio*, ou seja, em torno de 21 % em volume. Essas medidas consistem, basicamente, na ventilação natural ou na ventilação forçada do ambiente em questão.

Em função das características apresentadas pelo ambiente envolvido no acidente, a proteção respiratória utilizada deverá, obrigatoriamente, ser do tipo autônoma. Nessas situações, é de fundamental importância, o monitoramento freqüente dos níveis de *oxigênio* e de outros gases possíveis de estarem presentes na atmosfera.

Especial atenção deve ser dada quando o gás envolvido for inflamável e, principalmente, se este estiver confinado. As medições constantes dos *Índices de Inflamabilidade (% do LII)* no ambiente, mediante a utilização de equipamentos intrinsecamente seguros e a eliminação das possíveis fontes de ignição no local, constituem ações prioritárias a serem adotadas.

De acordo com as características do produto envolvido e em função do cenário da ocorrência, pode ser necessária a aplicação de neblina d'água para se abater os gases e/ou os vapores emanados pelo produto. A operação de abatimento de gases e/ou vapores será tanto mais eficiente, quanto maior for a solubilidade do produto em água, como é o caso da *amônia* e do *ácido clorídrico*.

Vale lembrar, que a água utilizada para o abatimento dos gases e/ou dos vapores deverá ser contida e posteriormente recolhida, para que a mesma não cause poluição dos recursos hídricos existentes na região da ocorrência.

Já para os produtos com baixa solubilidade em água, o abatimento dos gases e/ou dos vapores com neblina d'água, também poderá ser realizado, sendo que, neste caso, a neblina d'água atuará com um bloqueio físico ao deslocamento da nuvem de gás e/ou de vapor.

Deve-se ressaltar, que a neblina d'água somente deverá ser aplicada sobre a nuvem e não sobre as eventuais poças formadas pelo gás liqüefeito derramado, uma vez que, a adição de água sobre as mesmas provocará uma intensa evaporação do produto, gerando um aumento dos vapores na atmosfera. Após o vazamento de um gás liqüefeito, a fase líquida do produto estará a uma temperatura próxima da sua temperatura de ebulição, ou seja, próxima a uma temperatura muito baixa e suficiente para que, caso ocorra o contato com a pele, provoque queimaduras.

Outro aspecto relevante nos acidentes envolvendo produtos gasosos é a possibilidade da ocorrência de incêndios ou explosões. Mesmo os recipientes contendo gases não

inflamáveis podem explodir, em casos de incêndio. A radiação térmica proveniente das chamas é, muitas vezes, suficientemente alta para provocar um aumento da pressão interna do recipiente, podendo causar sua ruptura, de forma catastrófica e, conseqüentemente, o seu lançamento a longas distâncias, causando danos às pessoas, estruturas e equipamentos próximos.

Em muitos casos, dependendo da análise da situação, a alternativa mais segura pode ser a não extinção do fogo, mas, apenas, o seu controle, principalmente se não houver a possibilidade de eliminar a fonte do vazamento. Certas ocorrências, envolvendo produtos gasosos de elevada toxicidade ou inflamabilidade, exigem que seja realizada a evacuação da população próxima ao local do acidente. A necessidade, ou não, da evacuação da população, dependerá de algumas variáveis, tais como:

- o risco apresentado pela substância envolvida;
- a quantidade da substância vazada;
- as características físicas e químicas da substância, tais como densidade e taxa de expansão;
- as condições meteorológicas na região;
- a topografia do local;
- a proximidade de áreas habitadas.

2.2.5 Líquidos Criogênicos

Para serem liqüefeitos, alguns gases devem ser refrigerados a temperaturas inferiores a – 150 °C e são conhecidos por criogênicos. Alguns exemplos de líquidos criogênicos são mostrados na *Tabela 2*:

Tabela 2 – Alguns líquidos criogênicos e suas respectivas temperaturas de ebulição.

Substância	Temperatura de Ebulição (°C)
hidrogênio	- 253,0
oxigênio	- 183,0
metano	- 161,5

Devido à sua natureza fria, os líquidos criogênicos apresentam quatro riscos principais:

2.2.5.1 Riscos à Saúde

Os líquidos *criogênicos*, devido à sua baixa temperatura, poderão provocar severas queimaduras ao tecido, conhecidas por *enregelamento*, quando do contato com o líquido ou mesmo com o vapor.

A formação de uma nuvem, a partir de um líquido criogênico, sempre representará uma situação de risco, visto que a densidade do vapor será maior que a densidade do ar, uma vez que a temperatura é muito baixa, o que provocará o deslocamento do ar atmosférico e, conseqüentemente, a redução da concentração de *oxigênio*, no ambiente.

2.2.5.2 Efeitos sobre Outros Materiais

A baixa temperatura destes gases acarretará situações de risco, uma vez que o simples contato do produto com outros materiais poderá danificá-los. Por exemplo, se houver o contato de um líquido *criogênico* com tanques de armazenamento de substâncias químicas, estes se tornarão quebradiços, acarretando o vazamento do produto ali armazenado.

Outro efeito significativo é a capacidade que os líquidos *criogênicos* têm para solidificar e/ou condensar outros gases. Não devemos nos esquecer de que a temperatura de solidificação da água é de 0 °C, à pressão atmosférica.

Isso quer dizer, que a água presente na umidade atmosférica poderá congelar. Por exemplo, se isso ocorrer próximo a uma válvula, – que pode ser a do próprio tanque que apresente o vazamento –, esta, certamente, apresentará dificuldade para a realização de manobras.

Assim sendo, não se deve, jamais, jogar água diretamente sobre um sistema de alívio ou sobre as válvulas de um tanque que esteja armazenando um líquido *criogênico*.

Também, não se deve jogar água no interior de um tanque que esteja armazenando um líquido *criogênico*, pois, neste caso, a água atuará como um elemento superaquecido, uma vez que a sua temperatura poderá estar entre 15 °C e 20 °C; portanto, acima da temperatura interna do tanque, acarretando a formação de vapores e, por consequência, o aumento da pressão interna do tanque.

2.2.5.3 Intensificação dos Riscos do Estado Gasoso

Além dos riscos inerentes ao próprio estado gasoso, já abordados anteriormente, o vazamento de um líquido *criogênico* poderá intensificar tais riscos. Por exemplo, o vazamento de *oxigênio líquido* provocará o aumento da concentração deste produto no ambiente, o que poderá causar a ignição espontânea de certos materiais orgânicos. Por tal razão, não devem ser utilizadas roupas de material sintético, tais como roupas de *náilon*, e sim, roupas de algodão.

O aumento de 3% na concentração de *oxigênio* provocará o aumento de 100% na taxa de combustão de uma determinada substância. O *hidrogênio*, por sua vez, pode impregnar-se em vários materiais porosos, tornando-os mais inflamáveis que nas condições normais.

2.2.5.4 Alta Taxa de Expansão na Evaporação

Os líquidos *criogênicos*, quando expostos à temperatura ambiente, tendem a se expandir, gerando volumes gasosos muito superiores ao volume de líquido inicial.

No que se refere ao *nitrogênio*, 1 litro desta substância, na fase líquida gera 697 litros de gás, enquanto que, para o *oxigênio*, essa proporção é de 863 vezes.

Desta forma, fica claro que os recipientes contendo líquidos *criogênicos* jamais poderão ser aquecidos ou terem os seus sistemas de refrigeração alterados ou mesmo danificados, sob pena de ocorrer a superpressurização do tanque, uma vez que os sistemas de alívio poderão não suportar a demanda de vapores, acarretando a ruptura do tanque.

A nuvem gerada pelo vazamento de um líquido *criogênico* será fria e invisível – a parte visível da nuvem não indica a sua extensão total –, dificultará a visibilidade e tenderá a se acumular sobre o solo, pois a densidade do produto será maior que a densidade do ar, devido à baixa temperatura.

Desta forma, quando do atendimento a um acidente envolvendo um líquido *criogênico*, algumas regras básicas deverão ser seguidas rigorosamente, das quais destacam-se:

- aproximar-se com cuidado e trabalhar em áreas livres do derramamento;
- evitar entrar na nuvem do gás; se o fizer, utilizar roupas herméticas não porosas, máscara autônoma de respiração, luvas de amianto ou de couro e botas de borracha;
- utilizar neblina d'água, para conter a nuvem, e fortes jatos d'água, para resfriar os tanques que estejam expostos ao fogo e ao calor;
- não direcionar a água aos sistemas de alívio de pressão nem às poças de produto;
- evacuar grandes áreas, em até 600 metros, ao redor de um tanque contendo um líquido criogênico em chamas;
- não apagar o fogo, a menos que o fluxo do gás possa ser estancado;
- em caso de queimaduras, lavar o corpo com água morna, afrouxar as roupas e encaminhar a vítima ao hospital;
- atentar para que o vazamento seja estancado; porém, se houver qualquer dúvida, controlar a situação, até que um técnico da empresa fabricante do produto, com conhecimento mais especializado, compareça ao local.

Os assuntos abordados neste capítulo levaram em consideração apenas os riscos inerentes ao estado físico das substâncias, ou seja, os riscos intrínsecos das mesmas não foram considerados de maneira detalhada, como por exemplo: a inflamabilidade, a toxicidade e a corrosividade. As ações específicas, a serem desencadeadas de acordo com o risco apresentados pelas substâncias químicas, serão descritas nos respectivos capítulos, a seguir.

2.3 Classe 3 – Líquidos Inflamáveis

Os *líquidos inflamáveis* são líquidos, mistura de líquidos, ou líquidos contendo sólidos em solução ou em suspensão, que produzem vapores inflamáveis a temperaturas de até 60,5°C, em testes de vaso fechado.

Via de regra, as substâncias pertencentes a esta classe são de origem orgânica, como por exemplo: *alcoóis*, *aldeídos*, *cetonas* e *hidrocarbonetos*, entre outros.

Para uma resposta mais segura às ocorrências envolvendo *líquidos inflamáveis*, faz-se necessário o pleno conhecimento de algumas propriedades físicas e químicas dessas substâncias, antes da adoção de quaisquer ações.

Essas propriedades físicas e químicas e as suas respectivas aplicações, são descritas a seguir.

2.3.1 Ponto de Fulgor (*Flash Point*)

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

Por exemplo, considerando-se que, em um determinado local, a temperatura ambiente seja de 25 °C e que esteja ocorrendo o vazamento de uma substância cujo ponto de fulgor seja de 15 °C, isto significa que, nessas condições, essa substância estará liberando vapores inflamáveis, bastando, apenas, uma fonte de ignição para que haja a ocorrência de um incêndio ou de uma explosão.

Por outro lado, se o ponto de fulgor de uma outra substância que também esteja vazando for de 30°C, isto significa que essa substância não estará liberando vapores inflamáveis.

Então, conforme descrito, o conceito de ponto de fulgor está diretamente associado à temperatura do ambiente.

2.3.2 Limites de Inflamabilidade

Para que um gás ou um vapor inflamável queime, é necessário que, além da fonte de ignição, exista uma mistura, chamada *ideal*, formada pelo *oxigênio* do ar atmosférico e pelo *gás combustível*.

A quantidade de *oxigênio* no ar é praticamente constante, em torno de 21% em volume.

Já, a quantidade de *gás combustível*, necessária para a queima, varia para cada produto e está dimensionada através das seguintes constantes:

- LII - Limite Inferior de Inflamabilidade: este limite é a mínima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir do contato com uma fonte de ignição. Concentrações de gás, abaixo do LII, não são combustíveis pois, nesta condição, tem-se excesso de *oxigênio* e pequena quantidade do produto para a queima. Esta condição é denominada *mistura pobre*;
- LSI – Limite Superior de Inflamabilidade: este limite é a máxima concentração de gás que, misturada ao ar atmosférico, é capaz de provocar a combustão do produto, a partir de uma fonte de ignição. Concentrações de gás, acima do LSI, não são combustíveis, pois, nesta condição, tem-se excesso de produto e pequena quantidade de *oxigênio* para que a combustão ocorra. Esta condição é denominada *mistura rica*.

Os valores do LII e do LSI, geralmente, são expressos em *porcentagens em volume*, tomadas a aproximadamente 20 °C e a 1 atmosfera de pressão. Para qualquer gás, 1% em volume representa 10.000 ppm (partes por milhão).

Pode-se então concluir, que os gases e os vapores combustíveis somente queimam quando a sua porcentagem em volume estiver entre o *LII - Limite Inferior de Inflamabilidade* e o *LSI - Limite Superior de Inflamabilidade*. Esta condição é denominada *mistura ideal*, para que a combustão ocorra. Esquematizando esta condição, na *Tabela 3*, temos:

Tabela 3 – Limites de inflamabilidade de gases e/ou vapores combustíveis.

	0%	LII	LSI	100%
CONCENTRAÇÃO (% EM VOLUME)	“MISTURA POBRE”	“MISTURA IDEAL”	“MISTURA RICA”	
	não ocorre combustão	pode ocorrer combustão	não ocorre combustão	

Conforme já mencionado, os valores de *LII* e *LSI* variam de produto para produto. Alguns exemplos podem ser observados na *Tabela 4*:

Tabela 4 – Limite inferior e limite superior de inflamabilidade de alguns produtos.

PRODUTO	LII (% em volume)	LSI (% em volume)
acetileno	2,5 %	80 %
benzeno	1,3 %	79 %
etanol	3,3 %	19 %

Atualmente, existem equipamentos capazes de medir a porcentagem em volume de um gás ou de um vapor combustível no ar. Estes equipamentos são conhecidos como *explosímetros*.

Estes equipamentos são blindados e, portanto, à prova de explosões; isto vale dizer que, tanto a combustão que ocorre em seu interior, como um eventual curto-circuito que ocorra em suas partes eletrônicas, não provocam explosões, mesmo que o *LII* do gás tenha sido ultrapassado.

Nas operações de emergência envolvendo gases e/ou vapores combustíveis, que exijam a utilização de um explosímetro, é importante que o operador do equipamento tome algumas precauções básicas quanto ao seu uso adequado, tais como:

- aferir o aparelho, sempre, em uma área que não esteja contaminada pelo gás vazado;
- realizar medições freqüentes, em diversos pontos da região atingida, levando-se em conta as propriedades do gás e fatores tais como a localização e a direção do vento, entre outros;
- em locais onde existam grandes quantidades de gás combustível, é sempre conveniente que o equipamento seja aferido após cada medição, evitando-se, assim, a sua saturação, o que nem sempre é percebido pelo operador do equipamento.

Além do ponto de fulgor e do limite de inflamabilidade, um outro fator relevante a ser considerado, é a presença de possíveis fontes de ignição.

Nas situações emergenciais, na maioria das vezes, estão presentes diversos tipos de fontes que podem ocasionar a ignição de substâncias inflamáveis. Dentre elas, merecem destaque:

- chamas-vivas;
- superfícies quentes;
- automóveis, os caminhões e outros veículos automotores;

- cigarros acesos;
- interruptores de força e luz;
- lâmpadas
- reatores;
- motores elétricos;
- faíscas, produzidas por atrito;
- eletricidade estática.

Especial atenção deve ser dada à eletricidade estática, uma vez que a mesma é uma fonte de ignição de difícil percepção, tratando-se, na realidade, do acúmulo de cargas eletrostáticas que, por exemplo, um caminhão-tanque adquire durante o seu deslocamento.

Se, por algum motivo, a substância inflamável que esteja sendo transportada – seja ela um líquido ou um gás –, tiver que ser transferida para outro veículo ou recipiente, será necessário que os dois veículos sejam aterrados e conectados entre si, de modo a evitar que ocorra uma diferença de potencial que poderá gerar uma faísca elétrica, ou seja, uma situação de alto potencial de risco.

É importante lembrar que, assim como os equipamentos de medição, todos os demais instrumentos, tais como lanternas e bombas elétricas, também deverão ser intrinsecamente seguros.

Por questões de segurança, muitas vezes não é recomendável realizar a contenção de um produto inflamável próximo ao local do vazamento, de modo a evitar a formação de altas concentrações de vapores, principalmente em locais com grande movimentação de pessoas e/ou equipamentos.

2.4 Classe 4 – Sólidos Inflamáveis ; Substâncias Sujeitas à Combustão Espontânea; Substâncias que, em Contato com Água, emitem Gases Inflamáveis

Esta classe abrange todas as substâncias sólidas, que podem se inflamar na presença de uma fonte de ignição ou em contato com o ar e/ou com a água, e que não são classificadas como explosivos.

De acordo com o estado físico das substâncias desta classe, a área atingida em decorrência de um acidente é, normalmente, bastante restrita, uma vez que sua a mobilidade no meio ambiente é muito pequena, quando comparada à mobilidade dos gases e dos líquidos, facilitando, assim, as operações a serem desencadeadas para o controle da emergência.

Em função da variedade das características das substâncias desta classe, as mesmas estão agrupadas em três subclasses distintas, a saber:

- sólidos inflamáveis;
- substâncias sujeitas à combustão espontânea;
- substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis.

2.4.1 Subclasse 4.1 – Sólidos Inflamáveis

Os produtos perigosos desta subclasse podem se inflamar, quando expostos ao calor, ao choque ou ao atrito, além, é claro, de chamas-vivas. A facilidade de combustão das mesmas será tanto maior quanto mais finamente dividida estiver a substância.

Os conceitos de ponto de fulgor e de limites de inflamabilidade, que foram apresentados no capítulo anterior, também são aplicáveis para os produtos desta classe de risco. Como exemplos destas substâncias, podemos citar o *enxofre* e o *nitrato de uréia*.

2.4.2 Subclasse 4.2 – Substâncias Sujeitas à Combustão Espontânea

Nesta subclasse, estão agrupadas as substâncias que podem se inflamar em contato com o ar, mesmo sem a presença de uma fonte de ignição. Devido a esta característica, essas substâncias são transportadas, em sua maioria, em recipientes com atmosferas inertes ou totalmente submersos em *querosene* ou em *água*.

Quando da ocorrência de um acidente envolvendo essas substâncias, a perda da fase líquida poderá propiciar o contato das mesmas com o ar, motivo pelo qual a estanqueidade do vazamento deverá ser adotada, imediatamente. Outra ação a ser desencadeada em caso de acidente é o lançamento de água sobre a substância, de forma a mantê-la constantemente úmida, desde que a mesma seja compatível com água, evitando, assim, a sua ignição espontânea.

O *fósforo branco*, o *fósforo amarelo* e o *sulfeto de sódio* são exemplos de substâncias químicas que se ignizam espontaneamente, quando em contato com o ar.

2.4.3 Subclasse 4.3 – Substâncias que, em Contato com Água, emitem Gases Inflamáveis

As substâncias pertencentes a esta classe, por sua interação com a água, podem tornar-se inflamáveis espontaneamente ou produzir e emitir gases inflamáveis, em quantidades perigosas.

Por exemplo, quando em contato com a água, o *sódio metálico* reage de maneira vigorosa, liberando *hidrogênio*, o qual é um gás altamente inflamável. Outro exemplo é o *carbeto de cálcio*, o qual, por sua interação com a água, gera e libera *acetileno*.

De uma maneira geral, as substâncias desta subclasse, principalmente as das *Subclasses 4.1 e 4.2*, liberam gases tóxicos e/ou irritantes, quando entram em combustão. Pelo exposto, e associado à natureza dos eventos, as ações preventivas são de suma importância, pois, quando se iniciam, as reações decorrentes destas substâncias ocorrem de maneira rápida e praticamente incontrolável.

2.5 Classe 5 – Substâncias Oxidantes e Peróxidos Orgânicos

Esta classe está dividida em duas subclasses distintas, a saber:

- substâncias oxidantes;
- peróxidos orgânicos.

2.5.1 Subclasse 5.1 – Substâncias Oxidantes

Os *oxidantes* são substâncias químicas que liberam *oxigênio*, rapidamente, sustentando a combustão dos materiais orgânicos. Outra definição semelhante afirma que os *oxidantes* são substâncias químicas que geram oxigênio, à temperatura ambiente, ou quando levemente aquecidas. Assim, pode-se verificar que ambas as definições afirmam que o *oxigênio* é sempre liberado por uma substância oxidante.

Devido à facilidade de liberação do *oxigênio*, as *substâncias oxidantes* são relativamente instáveis e reagem, quimicamente, com uma grande variedade de produtos.

Apesar da grande maioria das *substâncias oxidantes* não serem inflamáveis, o simples contato das mesmas com outras substâncias e/ou materiais combustíveis pode gerar um incêndio, mesmo sem a presença de fontes de ignição no ambiente.

Outro aspecto importante a considerar é a grande reatividade dos *oxidantes* com *compostos orgânicos*. Geralmente, essas reações são vigorosas, ocorrendo grandes liberações de calor, podendo acarretar fogo ou explosão. Mesmo pequenos traços de um oxidante podem causar a ignição de alguns materiais, tais como *enxofre*, *carvão vegetal* e *terebentina*, entre outros.

Com o aumento da concentração de *oxigênio*, além do aumento da taxa de combustão de uma substância, a quantidade necessária para a queima da mesma será menor, ou seja, o *LII - Limite Inferior de Inflamabilidade* é reduzido, podendo ocorrer a ignição espontânea da substância.

Quando aquecidas, algumas substâncias dessa subclasse, como, por exemplo, os *nitratos* e os *percloratos*, entre outros, liberam gases tóxicos, os quais se dissolvem na mucosa do trato respiratório dos indivíduos, produzindo líquidos corrosivos.

Como exemplo de substância oxidante, podemos citar o *peróxido de hidrogênio*, comercialmente denominado *água oxigenada*. Esta substância é um poderoso agente oxidante que, em altas concentrações, reage com a maioria dos metais, tais como *chumbo*, *cobre*, *cobalto*, *ferro* e *magnésio*, entre outros, o que, rapidamente, acarretará a sua decomposição, com risco de incêndio e/ou explosão.

Mesmo sem a presença de uma fonte de ignição, as *soluções de peróxido de hidrogênio* com concentrações acima de 50% em peso, equivalente a 200 volumes, entrando em contato com substâncias ou materiais combustíveis, podem causar a ignição dos mesmos.

2.5.2 Subclasse 5.2 – Peróxidos Orgânicos

Os *peróxidos orgânicos* são agentes químicos de alto poder oxidante, sendo que, destes, a maioria é irritante aos olhos, à pele, às mucosas e à garganta.

As substâncias dessa subclasse apresentam a estrutura “ – O – O – ” e podem ser consideradas *derivadas do peróxido de hidrogênio* (H_2O_2), onde, um ou os dois átomos de *hidrogênio* (H_2) foram substituídos por radicais orgânicos.

Assim como os *oxidantes*, os *peróxidos orgânicos* são termicamente instáveis e podem sofrer decomposição exotérmica auto-acelerável, criando o risco de explosão. Esses produtos também são sensíveis ao choque e ao atrito.

Nos Estados Unidos, antes de um *peróxido orgânico* ser aceito para carregamento, seja em caminhão ou em trem, o *DOT - Departamento de Transporte* daquele país exige a realização de uma série de testes de sensibilidade, tais como as determinações do ponto de fulgor, da taxa de queima e da decomposição térmica e, ainda, a realização de testes de impacto, entre outros. Assim, somente após a realização desses testes e a diluição do produto, é que o *DOT - Departamento de Transporte* permite o seu carregamento e transporte.

Algumas substâncias químicas podem formar *peróxidos orgânicos*, durante a sua estocagem, caso as mesmas estiverem expostas ao *Hidrogênio* ou a substâncias oxidantes, sendo que essa formação ocorrerá com maior facilidade, caso essas substâncias estejam no estado líquido.

Devido ao risco de formação de *peróxidos orgânicos*, é sugerido um período máximo de estocagem de três meses, para alguns compostos, como por exemplo *amido de sódio*, *cloreto de vinilideno*, *divinil acetileno*, *éter isopropílico* e *potássio metálico*, entre outros. Já, para outras substâncias, é sugerido um período máximo de estocagem de doze meses, como por exemplo *acetato de vinila*, *ciclohexeno*, *cumeno*, *diciclopentadieno*, *dioxano*, *éter etílico*, *éter dimetílico de etilenoglicol*, *eteres vinílicos*, *metilacetileno*, *metildiclopentano*, *metilisobutilcetona*, *tetrahidrofurano* e *tetrahidronaftaleno*.

Outras substâncias químicas também apresentam risco de formação de *peróxidos orgânicos*, caso haja polimerização. Para estas substâncias, o período de estocagem máximo sugerido é de doze meses, como por exemplo: *acetato de vinila*, *butadieno*, *cloreto de vinila*, *clorobutadieno*, *estireno*, *tetrafluoretileno*, *vinil acetileno*, *vinilpiridina*, entre outros. Porém, quando estocados no estado líquido, o potencial para formação de *peróxidos* aumenta para alguns produtos, principalmente *butadieno*, *clorobutadieno* e *tetrafluoretileno*, podendo, assim, para esses casos, ser considerado o período máximo de estocagem, de três meses.

Caso haja a suspeita da formação de *peróxido* no interior dos recipientes, alguns procedimentos básicos devem ser adotados, tais como:

- isolar a área em todas as direções e inspecionar os recipientes, visualmente;
- não tentar movimentar os recipientes;
- verificar se há corrosão, ferrugem ou ondulações nos recipientes, inclusive nas suas tampas;
- se houver corrosão, ferrugem ou ondulações nos recipientes e nas tampas, considerar e assumir a existência de *peróxidos* no interior das embalagens;
- verificar se há formação de cristais brancos ou de pó;
- verificar se os selos e os lacres das tampas estão rompidos;
- se os selos e os lacres estiverem rompidos, considerar e assumir que o material é potencialmente explosivo;
- se houver suspeita de estar ocorrendo formação de *peróxidos*, não abrir os recipientes e acionar o fabricante do produto;
- se houver necessidade de abrir os recipientes, girar as tampas no sentido anti-horário, vagarosamente, e atentar para que não haja atrito;
- se as tampas apresentarem resistência para girar e abrir, interromper imediatamente a operação e considerar e assumir que o produto é explosivo.

As explosões de *peróxidos* causam danos significativos às edificações e danos letais ao homem, inclusive a grandes distâncias. As distâncias e os respectivos danos provocados por explosões de *peróxidos*, conforme os volumes envolvidos são mostrados na *Tabela 5*.

Tabela 5 – Danos provocados por explosões de peróxidos.

	DISTÂNCIA PARA DANOS (metros)			
VOLUME DE PERÓXIDO (litros)	Algumas janelas quebradas	Maioria das janelas quebradas	Estruturas seriamente danificadas	Danos letais ao homem
0,5	75	11	5	3
1	96	14	6	4
3,6	150	21	9	6
18	250	37	15	10
200	-	82	33	21
1.800	-	175	71	45
9.900	-	300	120	76

Fonte: *Blasters Manual*

2.5.3 Contenção e Absorção

Quando houver a necessidade de conter ou de absorver *substâncias oxidantes* e *peróxidos orgânicos*, deverá ser considerado que a maioria deles poderá reagir com matéria orgânica. Portanto, nas ações de contenção e nas ações de absorção, não poderá ser utilizada terra, serragem ou qualquer outro material incompatível com essas substâncias. Nesses casos, recomenda-se a utilização de materiais inertes e umedecidos, como por exemplo: areia. Muitas substâncias aqui classificadas necessitam de equipamentos cativos para as operações de transbordo. Isto se deve à alta instabilidade química de certas substâncias desta classe.

2.5.4 Redução dos Riscos

Um dos métodos mais utilizados e eficientes para a redução dos riscos oferecidos pelas *substâncias oxidantes* e pelos *peróxidos orgânicos*, é a sua diluição em água, desde que a substância seja compatível com a mesma. A diluição de *substâncias oxidantes* e de *peróxidos orgânicos* tem por objetivo reduzir o poder oxidante e a sua instabilidade; porém, devido à solubilidade de algumas dessas substâncias, as águas de diluição deverão ser armazenadas, adequadamente, de modo a se evitar poluição ambiental.

2.5.5 Casos de Fogo

Nos casos de fogo, envolvendo *oxidantes* e *peróxidos orgânicos*, a água é o agente de extinção mais eficiente, uma vez que a mesma retira o calor do material em questão. Já, a espuma e o *dióxido de carbono* (CO₂) serão ineficazes, pois atuam com base no princípio da exclusão do *oxigênio atmosférico*, o que não é necessário em um incêndio envolvendo *substâncias oxidantes*.

2.6 Classe 6 – Substâncias Tóxicas e Substâncias Infectantes

Esta classe está dividida em duas subclasses distintas, a saber:

- substâncias tóxicas;
- substâncias infectantes, que não serão abordadas.

2.6.1 Subclasse 6.1 – Substâncias Tóxicas

As *substâncias tóxicas* são aquelas capazes de provocar a morte ou danos à saúde humana, se ingeridas, inaladas ou por contato com a pele, mesmo em pequenas quantidades. As formas, pelas quais as substâncias químicas podem entrar em contato com o nosso organismo, são três:

- inalação;
- absorção cutânea;
- ingestão.

2.6.1.1 Inalação

A inalação é a forma mais rápida e comum de entrada de substâncias para o interior do nosso corpo.

A superfície dos alvéolos pulmonares que, em um homem adulto, representam de 80 m² a 90 m², facilita a absorção de gases e de vapores, os quais podem passar à corrente sanguínea e serem distribuídos a outras regiões do organismo.

2.6.1.2 Absorção Cutânea

Com relação à absorção cutânea, podemos dizer que existem duas formas das substâncias tóxicas agirem:

- como tóxico localizado: a substância tóxica, em contato com a pele, age na superfície da mesma, provocando uma irritação primária e localizada;
- como tóxico generalizado: a substância tóxica reage com as proteínas da pele, ou mesmo, penetra no organismo através dela, atinge o sangue e é distribuído para o nosso organismo, podendo atingir vários órgãos.

Apesar da pele e da gordura atuarem como uma barreira protetora do corpo, algumas substâncias químicas, tais como *ácido cianídrico*, *mercúrio* e alguns *defensivos agrícolas*, têm a capacidade de penetrar no organismo através da pele.

2.6.1.3 Ingestão

Quanto à ingestão, esta é considerada uma via de ingresso secundário, uma vez que tal fato somente ocorrerá de forma acidental. Os efeitos gerados pelo contato com substâncias tóxicas relacionam-se com o seu grau de toxicidade, com as doses e com o tempo de exposição.

2.6.2 Utilização de Equipamentos de Proteção Respiratória

Em função do alto risco apresentado pelas substâncias desta classe de risco, durante as operações de atendimento a emergências é necessária a utilização de equipamentos de

proteção respiratória. Dentre esses equipamentos, pode-se citar as máscaras com filtros químicos e os conjuntos autônomos de respiração a ar comprimido. Deve-se sempre ter em mente, que os filtros químicos apenas retêm os poluentes atmosféricos, não fornecendo *oxigênio*, e que, dependendo das concentrações das substâncias, os mesmos podem saturar rapidamente.

Quanto à escolha do filtro mais adequado para o trabalho, é indispensável que a substância química presente na atmosfera seja previamente identificada. Já os conjuntos autônomos de respiração com ar comprimido deverão ser utilizados em ambientes confinados, nas situações onde o produto envolvido não esteja identificado e em atmosferas com altas concentrações de poluentes.

Comumente, associa-se a existência de uma substância química em um ambiente, com a ocorrência de um odor. No entanto, como já mencionado, nem sempre isso ocorre. Algumas substâncias são inodoras, enquanto que outras têm a capacidade de inibir o sentido olfativo, podendo conduzir o indivíduo a situações de risco. Por exemplo, o gás *sulfídrico* apresenta um odor característico, em baixas concentrações; porém, em altas concentrações, o mesmo pode inibir a capacidade olfativa.

2.6.3 Monitoramentos

Assim sendo, é fundamental que, nas operações de emergência, nas quais substâncias desta natureza estejam presentes, sejam realizados monitoramentos da concentração das substâncias na atmosfera, constantemente. Os resultados obtidos nestes monitoramentos poderão ser comparados com valores de referência conhecidos, tais como:

- LT - Limite de Tolerância: é a concentração da substância, à qual, uma pessoa pode ficar exposta, durante oito horas diárias, ou quarenta e oito horas semanais, sem sofrer efeitos adversos à sua saúde;
- IDLH: é a concentração da substância, imediatamente perigosa à vida ou à saúde, à qual, uma pessoa pode ficar exposta, durante trinta minutos, sem sofrer danos irreversíveis à sua saúde.

2.6.4 Contenção de Vazamentos

Dado o alto grau de toxicidade das substâncias da *Classe 6*, faz-se necessário lembrar que a operação de contenção dessas substâncias é de fundamental importância, já que, normalmente, as mesmas são, também, muito tóxicas para a vida aquática, representando, portanto, um alto potencial de risco para a contaminação dos corpos d'água, devendo ser dada atenção especial àquelas utilizadas como recreação, irrigação, dessedentação de animais e abastecimento público.

2.7 Classe 8 – Substâncias Corrosivas

As substâncias corrosivas são aquelas que apresentam alta taxa de corrosão aos materiais, inclusive o aço, e, evidentemente, que também são capazes de provocar danos aos tecidos humanos.

Basicamente, existem dois grupos principais de substâncias químicas que apresentam essas propriedades, ou seja, as *substâncias ácidas*, também denominadas *ácidos* e as *substâncias alcalinas*, também denominadas *bases*:

- ácidos: são substâncias químicas que, em contato com a água, liberam íons H^+ , provocando alterações de pH, na faixa de 0 (zero) a 7 (sete);
- bases: são substâncias químicas que, em contato com a água, liberam íons OH^- , provocando alterações de pH, na faixa de 7 (sete) a 14 (catorze).

Como exemplo de substâncias desta classe de risco, pode-se citar o *ácido clorídrico*, o *ácido nítrico*, o *ácido sulfúrico*, o *hidróxido de sódio* e o *hidróxido de potássio*, entre outros. Muitas das substâncias pertencentes a esta classe de risco reagem com a maioria dos metais, gerando *hidrogênio*, o qual é um gás inflamável, acarretando, assim, um risco adicional.

Certas substâncias também apresentam, como risco subsidiário, um alto poder oxidante, enquanto que outras podem reagir vigorosamente com a água ou com outros materiais, como por exemplo, os *compostos orgânicos*. O contato dessas substâncias com a pele e com os olhos pode causar severas queimaduras, motivo pelo qual, sempre deverão ser utilizados equipamentos de proteção individual compatíveis com o produto envolvido.

Durante as operações envolvendo substâncias corrosivas, o monitoramento ambiental pode ser realizado, de acordo com as substâncias envolvidas, por meio de diversos parâmetros, dentre os quais vale destacar, as medições de pH e da condutividade. Nas ocorrências, envolvendo substâncias ácidas ou alcalinas que atinjam corpos d'água, uma maior ou menor variação do pH natural da água poderá ocorrer, dependendo de diversos fatores, como por exemplo: a concentração e a quantidade da substância vazada e as características do corpo d'água atingido, entre outras. Um dos métodos, que pode ser aplicado em campo para a redução dos riscos, é a neutralização da substância química derramada. Esta técnica consiste na adição de uma outra substância química, de modo a levar o pH da água próximo ao natural.

No caso dos *ácidos*, as substâncias comumente utilizadas para a neutralização são *barrilha* e *cal hidratada*, ambas com características alcalinas. A utilização da *cal virgem* não é recomendada, apesar da mesma ser alcalina, uma vez que a sua reação com *ácidos* é extremamente vigorosa.

Antes que a neutralização seja efetuada, deverá ser recolhida a maior quantidade possível do produto químico derramado, de modo a se evitar o excessivo consumo da substância neutralizante e, conseqüentemente, a geração de grande quantidade de resíduos. Os resíduos provenientes da operação de neutralização deverão ser totalmente recolhidos, removidos e dispostos, de forma e em locais adequados.

No final deste capítulo, é apresentada a *Tabela 6*, na qual estão relacionados fatores matemáticos, que permitem calcular as quantidades de algumas substâncias neutralizantes, necessárias para a neutralização das substâncias mais comuns desta classe.

Como dito anteriormente, a neutralização é apenas uma das técnicas que podem ser utilizadas para a redução dos riscos nas ocorrências envolvendo *substâncias corrosivas*. Outras técnicas, tais como absorção, remoção e diluição, deverão, também, ser consideradas, de acordo com o cenário apresentado. Desta forma, a seleção do método mais adequado a ser utilizado na operação deve sempre levar em consideração os

aspectos de segurança e de proteção ambiental. No caso de se optar pela neutralização da substância, deve-se considerar que a operação consiste, basicamente, no lançamento de outra substância química no ambiente já contaminado, e que, portanto, também poderão ocorrer outras reações químicas, paralelas àquela necessária para a neutralização.

Outro aspecto a ser ponderado, é a característica do corpo d'água, o que, às vezes, direciona os trabalhos de campo para o monitoramento do mesmo, de forma a se aguardar uma diluição natural do produto. Esses casos, normalmente, ocorrem em águas correntes, onde o controle da situação é mais difícil, devido à mobilidade da substância no meio.

Se, durante a neutralização, ocorrer um descontrole, poder-se-á ter uma inversão brusca na escala do pH, o que ocasionará efeitos muito mais danosos aos ecossistemas que resistiram à primeira variação do pH. De modo geral, nos corpos d'água onde exista a presença de vida, não é aconselhável o lançamento de substâncias químicas sem o acompanhamento de especialistas.

Durante as reações de neutralização, quanto mais concentrada estiver a substância derramada, maior será a liberação de energia, em forma de calor, além da possibilidade de ocorrência de respingos, motivo pelo qual, cabe reforçar, a necessidade de os técnicos envolvidos nas ações utilizarem roupas de proteção química adequadas, durante a realização destas atividades.

A técnica da diluição somente deverá ser utilizada, se não for possível a contenção da substância derramada e se o seu volume for bastante reduzido. Isto se deve ao fato de que, para se obter concentrações seguras, utilizando-se este método, o volume de água necessário sempre será muito grande, ou seja, na ordem de 1.000 a 10.000 vezes o volume da substância vazada.

Vale ressaltar, que se o volume de água, adicionado à substância, não for suficiente para diluí-la a níveis seguros, ocorrerá o agravamento da situação, devido ao aumento do volume da mistura. Como se pôde observar nos comentários anteriores, a absorção e o recolhimento são as técnicas mais recomendadas, quando comparadas com a neutralização e com a diluição.

Esta classe de substâncias representa, provavelmente, o segundo maior volume no transporte rodoviário, perdendo apenas, em quantidades manipuladas, para os *líquidos inflamáveis*.

Este dado é muito importante pois, devido às características desses produtos, o potencial de risco apresentado ao ambiente, e conseqüentemente ao homem, obrigam que ações de controle sejam adotadas imediatamente, quando da ocorrência de acidentes.

Na *Tabela 6*, são mostrados dados e fatores que auxiliam o cálculo para se determinar o volume da *substância neutralizante*, que tenha sido escolhida para ser utilizada na neutralização do volume conhecido de algumas *substâncias corrosivas*.

Tabela 6 – Neutralização de substâncias químicas

Substância Neutralizante (Fator K)	HCl 30%	HCl 33%	HCl 36%	H ₂ SO ₄ 70 %	H ₂ SO ₄ 98 %	Cal hidratada 100% Ca(OH) ₂	Carbonato de sodio (soda ASH)	NaOH 50 %	NaOH 98%	Sulfito de sodio 100% Na ₂ SO ₃
Substância a ser neutralizada										
ácido clorídrico 30%	N	N	N	N	N	0,31	0,44	0,66	0,33	N
ácido clorídrico 33%	N	N	N	N	N	0,36	0,50	0,73	0,36	N
ácido clorídrico 36%	N	N	N	N	N	0,40	0,55	0,80	0,40	N
ácido nítrico 98%	N	N	N	N	N	0,60	0,80	1,25	0,65	N
ácido sulfúrico 70%	N	N	N	N	N	0,42	0,76	1,44	0,57	N
ácido sulfúrico 98%	N	N	N	N	N	0,80	1,10	1,60	0,80	N
cloro 100%	N	N	N	N	N	1,10	1,50	1,80	0,90	N
hipoclorito de sódio 12%	N	N	N	N	N	N	N	N	N	0,28
soda cáustica 50%	1,51	1,39	1,27	0,89	0,63	N	N	N	N	N
soda cáustica 98%	3,03	2,77	2,50	1,75	1,25	N	N	N	N	N

Fonte: CARBOCLORO S/A Indústrias Químicas

O cálculo para se determinar o volume da substância neutralizante, que tenha sido escolhida para ser utilizada na neutralização do volume conhecido de uma substância, é realizado mediante a seguinte fórmula:

$$V1 = V2 \times K$$

onde:

- (V1) = volume, em quilos, da substância neutralizante escolhida;
- (V2) = volume, em quilos, da substância a ser neutralizada;
- (K) = fator de correção mostrado na confluência das colunas da tabela.

Dois exemplos desses cálculos são mostrados na página seguinte.

Exemplos de cálculos, utilizando-se a tabela de neutralização de substâncias químicas:

- ✓ **Exemplo 1:** Determinação do volume (V1) de solução de hidróxido de sódio a 50%, necessário para a neutralização de 1.000 quilos (V2) de ácido sulfúrico 98%.

$$V1 = V2 \times K$$

$$V1 = 1.000 \times 1,60$$

$$V1 = 1.600 \text{ quilos}$$

Portanto, para a neutralização de 1.000 quilos de *ácido sulfúrico 98%*, são necessários 1.600 quilos de *solução de hidróxido de sódio a 50%*.

- ✓ **Exemplo 2:** Determinação do volume (V1) de cal hidratada 100%, necessário para a neutralização de 3.000 quilos (V2) de cloro líquido 100%.

$$V1 = V2 \times K$$

$$V1 = 3.000 \times 1,10$$

$$V1 = 3.300 \text{ quilos}$$

Portanto, para a neutralização de 3.000 quilos de *cloro líquido 100%*, são necessários 3.300 quilos de *cal hidratada 100%*.

2.8 Classe 9 – Substâncias e Artigos Perigosos Diversos

Esta classe engloba as substâncias que apresentam riscos, mas que não são abrangidos pelas demais classes apresentadas.

Para as substâncias dessa classe, são aplicados todos os procedimentos básicos que foram descritos neste trabalho, além de outros procedimentos, específicos para cada caso, de acordo com o tipo da substância envolvida e com o local da ocorrência.

3. Bibliografia

- Schieler, L & Pauze, D.: Hazardous Materials. Van Nostrand Reinhold Company, Nueva York, 1976.
- Meyer, E.: Chemistry of Hazardous Materials. Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1977.
- National Fire Academy: The Chemistry Hazardous Materials. National Emergency Training Center. Student Manual, Estados Unidos, 1983.
- U. S. Environmental Protection Agency: Hazardous Materials Incident Response Operations. Emergency Response Division: Student Manual, 1990.
- Stutz, D. R.; Ricks, R. C.; Olsen, M. F.: Hazardous Materials Injuries: a Handbook for Pre-Hospital Care. Bradford Communications Corporation, Maryland, 1982.