

ESTUDO DE ANÁLISE DE RISCO - EAR

O objetivo da análise de riscos é a identificação dos eventos iniciadores dos possíveis cenários acidentais e respectivos desdobramentos, avaliando-se as consequências e tendo como foco principal o público externo.

Análise, Avaliação e Gerenciamento de Riscos

Analisar os riscos de importância relacionados ao empreendimento e avaliar seus efeitos sobre o meio ambiente e à saúde pública nas áreas adjacentes, considerando, no mínimo os seguintes aspectos:

Histórico de Acidentes

Levantamento quali-quantitativo de acidentes ocorridos na operação de instalações similares, com base em informações existentes em banco de dados nacionais e internacionais ou através da literatura especializada; descrevendo brevemente o evento, as causas, substâncias envolvidas, nível de afetação, bem como das ações realizadas para atendimento;

Caracterização do Empreendimento, Processos e Região

a. Caracterização da região, população entorno e áreas vulneráveis presentes na Unidade

Apresentar os dados gerais sobre a região, incluindo mapas e plantas de localização, em escala, indicando o tipo de ocupação presente e todas as instalações próximas à área a ser ocupada pelo empreendimento, à quantificação da ocupação (matriz de ocupação), etc; em especial, as ocupações sensíveis (residências, creches, escolas, cadeias, presídios, ambulatórios, casas de saúde, hospitais e afins).

Apresentar os dados meteorológicos representativos para a região, e justificar o uso dos mesmos, devendo contemplar um período mínimo dos três últimos anos, relativos à direção e velocidade dos ventos, a classe de estabilidade atmosférica e aos demais parâmetros ambientais de interesse: temperatura ambiente, umidade relativa, pressão atmosférica, e outros.

b. Apresentação da relação de substâncias, inventário presente, propriedades das substâncias, condições operacionais

Deverão ser apresentadas em tabela, as informações de todas as substâncias envolvidas na operação das instalações das Unidades com potencial de dano ao ser humano, as quais seus riscos devem ser estimados e avaliados de forma quantitativa;

Apresentar as FISPQ's (Fichas de Informação de Segurança dos Produtos Químicos) de todas as substâncias, ou referenciar a fonte de informação para apresentação das propriedades e características das substâncias químicas analisadas.

As Fichas de Informação de Segurança dos Produtos Químicos devem conter:

- Nome ou marca comercial, composição (quando o produto for constituído por mais de uma substância), sinonímia, fórmula estrutural;

- Número da ONU (UN number) e do CAS (Chemical Abstracts Service dos EUA);
- Propriedades: peso molecular, estado físico, aparência, odor, pressão de vapor, densidade relativa, solubilidade;
- Reatividade: instabilidade, incompatibilidade com outros materiais, condições para decomposição e os respectivos produtos gerados;
- Dados de Inflamabilidade: limites de inflamabilidade, ponto de ignição, ponto de fulgor;
- Dados de Toxicidade: concentração de IDLH e concentração correspondente a 1% de letalidade.

Cálculo do Índice de Risco

A definição da necessidade de realizar estudo quantitativo de risco será pelo Índice de Risco (IR) calculado para cada substância perigosa, inclusive as intermediárias, segundo os critérios de classificação de periculosidade apresentados no Anexo I deste TR, existente no empreendimento ou atividade, a partir dos Fatores de Perigo (FP) e de Distância (FD), de cada subsistema considerado.

$$(1) \quad IR = FP / FD$$

Deverá apresentar o memorial de cálculo do Índice de Risco para cada substância, inclusive as intermediárias.

$$(2) \quad FP = MMLA / MR$$

FP – O Fator de Perigo representa uma medida da intensidade da fonte de risco, definido através do quociente entre Maior Massa Liberada Acidentalmente (MMLA) de um subsistema e a Massa da Referência (MR).

MMLA – Maior Massa Liberada Acidentalmente é a maior quantidade da substância perigosa capaz de participar de uma liberação acidental devido a vazamento ou ruptura de tubulações, componentes em linhas, bombas, vasos, tanques, entre outros, ou por erro de operação ou de reação descontrolada ou de explosão confinada, nos empreendimentos e atividades em questão. Substâncias perigosas que possam ter origem em outro tipo de acidente tais como produtos de decomposição em reação descontrolada ou gerados por combustão devem também ser devidamente considerados.

MR – Massa de Referência é a menor quantidade de uma substância perigosa capaz de causar danos a uma certa distância do ponto de liberação. A massa de referência é definida (em kg) para cada uma das substâncias perigosas conforme apresentado no Anexo I.

A classificação de substâncias deverá ser obtida utilizando-se de critérios adequados, tais como os critérios de pressão de vapor, IDLH, ponto de fulgor e explosividade indicados no mesmo anexo.

$$(3) \quad FD = \text{Distância (m)} / 50$$

FD – Fator de Distância é uma medida de salvaguarda, definido como o quociente entre duas distâncias:

Distância (m) – A menor distância entre o ponto de liberação e o ponto onde estão localizados os recursos vulneráveis (pessoas da comunidade externa, seja industrial, comercial ou residencial), devendo ser considerado o mesmo subsistema utilizado para o cálculo do Fator de Perigo;

50 – A distância de referência de 50 metros.

Para a existência de pelo menos um Índice de Risco maior do que 1 ($IR > 1$) deverá ser realizado o Estudo de Análise de Risco e o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR), seguindo o escopo estabelecido neste anexo para as fases de Licença Prévia e de Licença de Instalação, se não apresentar o PGR no requerimento da Licença de Operação do empreendimento.

Identificação de Perigos

A etapa de identificação de perigos, que tem por objetivo definir as hipóteses acidentais, deverá ser realizada por meio da aplicação da técnica “APP-Análise Preliminar de Perigo”, sendo que para a sua elaboração deverá ter a participação de, ao menos, um representante do empreendedor com conhecimento dos perigos e experiência na instalação que é objeto da análise. A identificação de perigos não pode ser genérica e tem que demonstrar a situação real do empreendimento.

A APP deverá identificar os perigos, suas causas e efeitos, classificando-os segundo o nível de severidade, de acordo com o potencial de causar efeitos físicos às pessoas, ao meio ambiente e ao patrimônio público e privado. No caso das pessoas, os efeitos deverão ser avaliados considerando sempre a população externa às instalações analisadas. A APP deverá ser aplicada para a fase de operação do empreendimento.

Esta etapa deverá ser precedida da elaboração de uma análise histórica de acidentes a qual deverá subsidiar a identificação dos perigos na instalação em estudo.

Apresentar esta etapa em forma de planilhas, incluindo a lista com a identificação dos participantes, seus cargos ou funções. O escopo da planilha da APP deverá ser conforme o modelo do **Anexo II**.

As categorias de frequência e de severidade utilizadas para a realização da APP devem ser adequadas ao tipo do sistema e empreendimento analisado, devendo ser apresentados quadros, contemplando para cada Frequência a sua Categoria, Denominação, Faixa de Freqüência (anual) e sua Descrição e para as Classes de Severidade a sua Categoria, Denominação, Descrição/Características, bem como a Matriz de Classificação de Risco.

O erro humano deverá ser considerado durante a elaboração da APP, contemplando tanto as operações envolvendo sistemas de transferência, de monitoração e de supervisão, bem como as operações que utilizem dispositivos de segurança.

Análise de Consequências e Vulnerabilidade

Análise das Consequências. Deverão ser analisadas, as principais consequências decorrentes do desdobramento das hipóteses acidentais consideradas na etapa anterior, as distâncias para as principais consequências (maior inventário de cada substância), de modo a que se tenha uma visão global da magnitude dos efeitos adversos decorrentes de eventos indesejados;

Análise de Vulnerabilidade. Determinar os raios potenciais de afetação (ao meio ambiente e ao homem) e avaliação da vulnerabilidade; contemplando pessoas, instalações e meio ambiente; através da aplicação de modelos matemáticos de simulação, dos eventos prováveis dos riscos identificados.

Determinar o alcance para os níveis, a seguir relacionados, dos efeitos físicos decorrentes dos cenários submetidos à análise de vulnerabilidade. Esse cálculo deverá utilizar modelagens matemáticas conceituadas e as condições meteorológicas da região;

Os níveis a serem pesquisados são:

- Para nuvens tóxicas: a concentração imediatamente perigosa para a vida ou saúde humana (IDLH) e a concentração correspondente a 1% de letalidade (usar probit e referenciar a, b e n a tabela 15 do Bevi - Reference Manual Bevi Risk Assessments. Caso o a, b e n da substância analisada não esteja disponível deverão ser utilizadas as características da fase da substância analisada e o IDLH da mesma para identificação da substância de referência, (sendo apresentadas as informações utilizadas para a decisão tomada) e Inflamáveis: Limite Inferior de Inflamabilidade, (devido apresentar a referência da informação apresentada);
 - Explosão, para os níveis de sobrepressão correspondentes a 1% de quebra de vidros (0,05 bar) e aos Probits 1%, 50% e 99%
 - Incêndio em nuvem (flashfire) para a concentração correspondente ao limite inferior de inflamabilidade
 - Bola de fogo (Bleve), para os níveis de radiação correspondentes ao início dos efeitos irreversíveis (3 kW/m²) e aos Probits 1%, 50% e 99%
- Apresentar um mapa ou planta da região, em escala, indicando as curvas de igual magnitude dos níveis dos efeitos físicos pesquisados, e as ocupações sensíveis (residências, creches, escolas, cadeias, presídios, ambulatórios, casas de saúde, hospitais e afins) que estejam abrangidas pelas citadas curvas.

Tolerabilidade dos Riscos pela análise de vulnerabilidade:

- Os riscos proporcionados pelo empreendimento serão considerados toleráveis se nenhuma ocupação sensível estiver contida nas curvas relativas a 1% de letalidade e na curva correspondente ao limite inferior de inflamabilidade;
- No caso dos riscos apurados não serem toleráveis deve ser adotada uma das seguintes providências:

1. Pesquisar o que pode ser modificado nas instalações para que as ocupações sensíveis fiquem fora das curvas correspondentes a 1% de letalidade e da curva correspondente ao limite inferior de inflamabilidade. Neste caso deverão ser novamente simuladas as consequências considerando as medidas de redução dos riscos e reapresentar o novo estudo, apresentado recálculo dos riscos para comprovar que as mesmas propiciam a redução dos riscos a níveis toleráveis. Esse reestudo deverá constar do relatório. Ou,
2. Complementar o Estudo de Análise de Risco, determinando o risco individual e risco social.

Estimativa dos Riscos Individual e Social

Deverão ser estimados e avaliados os níveis de Risco Individual (RI) e de Risco Social (RS).

- a) **Risco Individual (RI)** – deverá ser representado na forma de curvas de iso-riscos. As curvas de iso-riscos deverão ser plotadas em imagens na escala apropriada para visualização;
A avaliação do RI deverá ser comparada com os critérios de tolerabilidade contidos no Anexo III.
- b) **Risco Social (RS)** – deverá ser apresentado na forma de Curva F-N, em escala log-log;

Para as instalações de superfície e gasoduto, caso existam núcleos populacionais no entorno, estes deverão ser identificados e a população estimada para o cálculo do risco social. O risco social deverá ser representado por meio de curva de distribuição acumulada complementar, em um gráfico FxN, sob critérios estabelecidos no **Anexo III**.

Quanto à densidade populacional deverão ser utilizados dados do IBGE disponibilizados por setor censitário e complementar com informações atualizadas de levantamento de campo, ou com base em fotos aéreas que sejam representativas da atualidade local.

Diretrizes para a Elaboração do Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) E do Plano de Ação de Emergência (PAE)

As diretrizes que devem compor o escopo do PGR e, conseqüentemente do PAE, deverão contemplar os seguintes itens:

- Caracterizações do empreendimento e do entorno;
- Identificação de perigos;
- Revisão do Estudo de Análise de Risco ou da identificação de perigos;
- Informações de segurança de processo;
- Revisão de riscos de processos;
- Gerenciamento de modificações;
- Manutenção e garantia da integridade dos sistemas críticos;
- Procedimentos operacionais;
- Capacitação de recursos humanos;
- Investigação de incidentes e acidentes;
- Plano de Ação de Emergência (PAE);
- Auditorias do PGR
- Cronogramas.

Medidas para Redução dos Riscos

Medidas para redução das frequências:

Deverão ser sugeridas medidas capazes de diminuir a probabilidade de ocorrência dos cenários acidentais e/ou magnitude de suas conseqüências para as comunidades envolvidas diretamente com o empreendimento e/ou meio ambiente;

Medidas para redução das conseqüências: redução de impactos físicos (redução da quantidade de massa envolvida, efeito dominó, etc); redução ou proteção da população exposta (redução dinâmica com adoção de Plano de Ação de Emergência - PAE, etc.). O PAE deverá conter as medidas/procedimentos a serem adotados para combater/reduzir os efeitos das conseqüências acidentais sobre as populações limítrofes e ao meio ambiente, com a utilização de pessoal treinado para o combate das emergências.

ANEXO II

Análise Preliminar de Perigos – APP								
Empreendimento:					Área:			
Elaborado por:					Referências:			Data:
Perigo	Causa	Salvuardas Existentes	Efeito	Categoria Frequência	Categoria Severidade	Categoria Risco	Recomendações e Sugestões	Nº do Cenário

(1ª Coluna) Perigo - Identificar todos os perigos para o sistema em estudo. De uma forma geral, os perigos são eventos acidentais que têm potencial para causar danos às instalações, aos operadores, ao público ou ao meio ambiente.

(2ª Coluna) Causa - As causas de cada perigo são discriminadas nesta coluna. Estas causas podem envolver tanto falhas intrínsecas de equipamentos (vazamentos, rupturas, falhas de instrumentação, entre outros) como erros humanos de operação e manutenção.

(3ª Coluna) Salvuardas existentes - Identificar as salvuardas existentes, relacionados tanto com as causas identificadas como com os efeitos relatados, que possam significar redução na frequência e severidade dos cenários em análise.

(4ª Coluna) Efeito - Identificar os efeitos ou as consequências esperadas em decorrência do perigo identificado.

(5ª Coluna) Frequência - Um cenário de acidente é definido como o conjunto formado pelo perigo identificado, suas possíveis causas e cada um dos seus efeitos. Cada cenário de acidente identificado é classificado de acordo com a sua categoria de frequência, a qual fornece uma indicação qualitativa da frequência esperada de ocorrência. Esta coluna deverá ser preenchida de acordo com as categorias de frequência estabelecidas e devidamente justificadas/referenciadas.

(6ª Coluna) Severidade - Os cenários de acidente são classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa do grau de severidade das consequências de cada um dos cenários identificados. Esta coluna deverá ser preenchida de acordo com as

categorias de severidade estabelecidas e devidamente justificadas/referenciadas.

(7ª Coluna) Risco - Combinando-se as categorias de frequência com as de severidade obtém-se a categoria de risco representada na Matriz de Aceitabilidade.

(8ª Coluna) Recomendações e Sugestões - Caberá à equipe fazer recomendações e/ou sugestões pertinentes aos perigos identificados, que promovam a redução da frequência e/ou severidade dos cenários se necessária, tanto para prevenção quanto para correção dos mesmos.

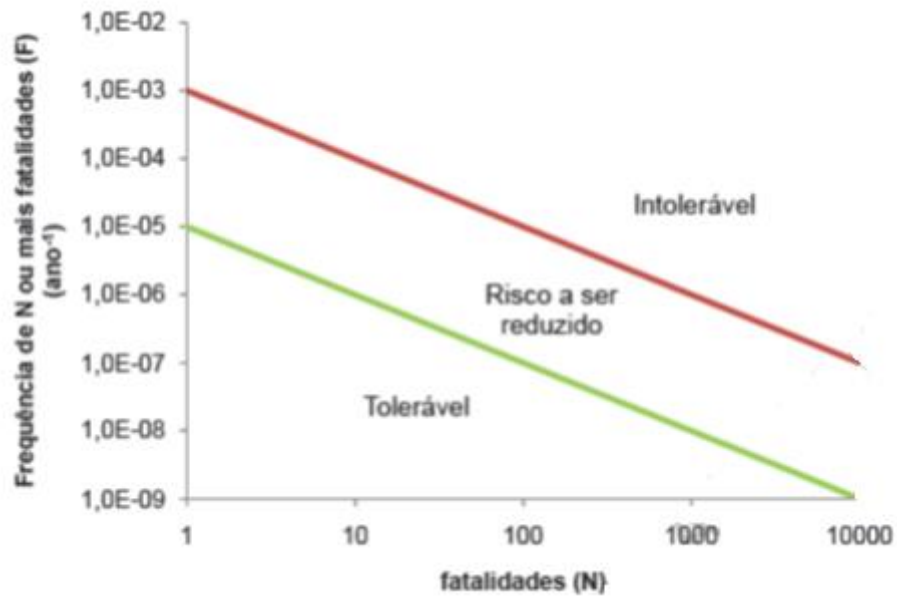
(9ª Coluna) Atribuir um número sequencial a cada um dos cenários, não só como referência no texto do Relatório, mas também para facilitar o seu desdobramento ou identificação nos estudos complementares.

Os perigos identificados deverão ter suas categorias de frequência, severidade e risco reavaliadas, considerando a implementação das recomendações indicadas na análise. A categoria do risco após a reclassificação, indicará a necessidade de outras análises, seguindo a mesma matriz utilizada anteriormente.

ANEXO III

Critério para avaliação dos riscos

Risco social



Risco individual

- Risco tolerável: $Rl < 1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1}$;
- Risco a ser reduzido: $1 \times 10^{-6} \text{ ano}^{-1} \leq Rl \leq 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$;
- Risco intolerável: $Rl > 1 \times 10^{-5} \text{ ano}^{-1}$

ANEXO I

CRITÉRIOS PARA DETERMINAÇÃO DA PERICULOSIDADE DAS SUBSTÂNCIAS E DAS SUAS MASSAS DE REFERÊNCIA

As listagens apresentadas a seguir não abrangem todas as substâncias perigosas. A classificação de substâncias não incluídas nestas listagens deverá, então, ser obtida utilizando-se os critérios apresentados de acordo com sua periculosidade.

1 Critérios para determinação das substâncias tóxicas

A determinação das substâncias tóxicas foi feita com base nos valores de dois parâmetros que têm grande influência sobre os níveis de risco impostos pela utilização das substâncias: um parâmetro físico-químico, a pressão de vapor da substância, e um parâmetro indicativo da toxicidade, o valor do seu IDLH.

1.1 - Pressão de vapor

Para os efeitos deste critério, as substâncias ficam divididas em 7 (sete) TIPOS. Os cinco primeiros se baseiam em faixas de pressão de vapor (mm Hg) da substância correspondente a uma faixa de temperatura de 20 a 25°C. Os tipos 6 e 7 se referem ao estado físico em que se encontra a substância, isto é, gás liquefeito e substância no estado gasoso, respectivamente:

Tipo 1: $10 < P_v \leq 25$ mmHg

Tipo 2: $25 < P_v \leq 50$ mmHg

Tipo 3: $50 < P_v \leq 100$ mmHg

Tipo 4: $100 < P_v \leq 350$ mmHg

Tipo 5: $350 < P_v \leq 760$ mmHg

Tipo 6: gás liquefeito (GL)

Tipo 7: gás (G)

1.2 - IDLH

De acordo com o seu IDLH, as substâncias ficam divididas em 10 (dez) faixas de valores:

Faixa 1: $IDLH \leq 1$ ppm

Faixa 2: $1 < IDLH \leq 10$ ppm

Faixa 3: $10 < IDLH \leq 50$ ppm

Faixa 4: $50 < IDLH \leq 100$ ppm

Faixa 5: $100 < IDLH \leq 250$ ppm

Faixa 6: $250 < IDLH \leq 500$ ppm

Faixa 7: $500 < IDLH \leq 1000$ ppm

Faixa 8: $1000 < IDLH \leq 2000$ ppm

Faixa 9: $2000 < IDLH \leq 4000$ ppm

Faixa 10: $4000 < IDLH \leq 8000$ ppm

Substâncias com valores de IDLH acima de 8000 ppm possuem toxicidade muito baixa e estão excluídas da classificação acima.

1.3. - Categorias de perigo

Com base nos indicadores definidos nos itens 1.1 e 1.2 acima, as substâncias ficam divididas em 6 categorias de perigo, de acordo com a matriz apresentada na Figura 1.1.

Figura 1.1 - Matriz de Categorias de Perigo das Substâncias

4	3	3	2	2	2	1	1	1	1	G
4	4	3	3	2	2	2	1	1	1	GL
5	4	4	3	3	2	2	2	1	1	350-760
5	5	4	4	3	3	2	2	2	1	100-350
6	5	5	4	4	3	3	2	2	2	50-100
6	6	5	5	4	4	3	3	2	2	25-50
6	6	6	5	5	4	4	3	3	3	10-25
4000-8000	2000-4000	1000-2000	500-1000	250-500	100-250	50-100	10-50	1-10	0-1	Pvap (mmHg)
IDLH										

1.4. Massas de referência

A Tabela 1.1 mostra a massa de referência (MR) correspondente a cada uma das categorias de perigo determinadas de acordo com o item 1.3 acima

Tabela 1.1 - MR por categoria de perigo da substância tóxica

Categoria de Perigo	MR (Kg)
Categoria 1	50
Categoria 2	100
Categoria 3	250
Categoria 4	500
Categoria 5	750
Categoria 6	1.000

A Tabela 1.2 apresenta a MR de algumas substâncias perigosas e os respectivos indicadores (IDLH e Pv) utilizados para sua determinação. Quando o NIOSH Pocket Guide não fornecer um IDLH para a substância, o mesmo deverá ser calculado de acordo com as seguintes equações, em ordem decrescente de preferência:

1. IDLH estimado = $LC50 \times 0.1$; ou
2. IDLH estimado = LCLO; ou
3. IDLH estimado = $LD50 \times 0.01$; ou
4. IDLH estimado = LDLO $\times 0.1$

Sendo definido:

LC50

Concentração da substância, no ar, para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de inalação, para um tempo de exposição menor ou igual a 8 horas.

LCLO

A mais baixa concentração da substância, no ar, para a qual foi observada morte entre os mamíferos mais sensíveis, em testes de inalação.

LD50

Dose de substância para a qual 50% dos mamíferos mais sensíveis morrem em testes de absorção cutânea ou por ingestão oral.

LDLO

A mais baixa dose da substância, para a qual foi observada morte entre os mamíferos mais sensíveis, em testes de absorção ou por ingestão oral.

Quando não houver um dado de toxicidade disponível, o IDLH será igual a 500 vezes o limite permitido de exposição no ambiente de trabalho (*permissible exposure limit* – PEL da OSHA).

Tabela 1.2 - Massas de Referência das Substâncias Tóxicas Seleccionadas

Nº de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	Indicador de periculosidade		MR (kg)	Nº ONU
			IDLH (ppm)	Pvap (mm Hg)		
1	1,1-dicloroetano	75-34-3	3000.0	182	750	2362
2	1,1- dimetilhidrazina	57-14-7	15.0	103	100	1163
3	1,3-butadieno	106-99-0	2000.0	Gás Liquefeito	250	1010
4	2-butanona	78-93-3	3000.0	78	750	1193
5	Acetato de etila	141-78-6	2000.0	73	750	1173
6	Acetato de metila	79-20-9	3100.0	173	750	1231
7	Acetato de n-butila	123-86-4	1700.0	10	1000	1123
8	Acetato de sec-butila	105-46-4	1700.0	10	1000	1123
9	Acetona	67-64-1	2500.0	180	750	1090
10	Ácido cianídrico	74-90-8	50.0	630	100	1051
11	Ácido clorídrico	7647-01-0	50.0	Gás Liquefeito	50	1050
12	Ácido fluorídrico	7664-39-3	30.0	Gás	50	1052
13	Ácido nítrico	7697-37-2	25.0	48	250	2032
14	Ácido selênico	7783-07-5	1.0	Gás Liquefeito	50	2202
15	Ácido sulfídrico	7783-06-4	100.0	Gás Liquefeito	100	1053
16	Acilonitrila	107-13-1	85.0	83	250	1093
17	Acroleína	107-02-8	2.0	210	100	1092
18	Álcool alílico	107-18-6	20.0	17	250	1098
19	Amônia	7664-41-7	300.0	Gás Liquefeito	100	1005
20	Bromo	7726-95-6	3.0	172	100	1744
21	Ciclohexano	110-82-7	1300.0	78	750	1145
22	Ciclohexilamina	108-91-8	1.0	11	250	2357
23	Cloreto cianogênico	506-77-4	1.0	Gás Liquefeito	50	1589
24	Cloreto de etila	75-00-3	3800.0	Gás Liquefeito	500	1037

Nº de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	Indicador de periculosidade		MR (kg)	Nº ONU
			IDLH (ppm)	Pvap (mm Hg)		
25	Cloreto de metila	74-87-3	2000.0	Gás Liquefeito	250	1063
26	Cloreto de metileno	75-09-2	2300.0	350	500	1593
27	Cloro	7782-50-5	10.0	Gás Liquefeito	50	1017
28	Clorofórmio	67-66-3	500.0	160	250	1888
29	Clorometil éter	542-88-1	1.0	30	100	2249
30	Clorometil metil éter	107-30-2	1.0	192	50	1239
31	Crotonaldeído	4170-30-3	50.0	19	250	1143
32	Cumeno	98-82-8	900.0	8	750	1918
33	Diborano	19287-45-7	15.0	Gás	50	1911
34	Dicloromonofluorometano	75-43-4	5000.0	Gás Liquefeito	500	1029
35	Dióxido de cloro	10049-04-4	5.0	Gás	50	9191
36	Dióxido de enxofre	7446-09-5	100.0	Gás Liquefeito	100	1079
37	Dissulfeto de carbono	75-15-0	500.0	297	250	1131
38	Epicloridina	106-89-8	75.0	13	500	2023
39	Etanol	64-17-5	3300.0	44	1000	1170
40	Etilenodiamina	107-15-3	1000.0	11	750	1604
41	Etilenoimina	151-56-4	100.0	160	100	1185
42	Etil éter	60-29-7	1900.0	440	500	1155
43	Flúor	7782-41-4	25.0	Gás	50	1045
44	Formaldeído	50-00-0	20.0	Gás	50	1198
45	Formiato de metila	107-31-3	4500.0	476	750	1243
46	Fosfina	7803-51-2	50.0	Gás Liquefeito	50	2199
47	Fosgênio	75-44-5	2.0	Gás Liquefeito	50	1076
48	Gás liquefeito de petróleo (GLP)	68476-85-7	2000.0	Gás Liquefeito	250	1075
49	Hidrazina	302-01-2	50	10	250	2029

Nº de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	Indicador de periculosidade		MR (kg)	Nº ONU
			IDLH (ppm)	Pvap (mm Hg)		
50	Isocianato de metila	624-83-9	3.0	348	100	2480
51	Isopropanol	67-63-0	2000.0	33	750	1219
52	Isopropil éter	108-20-3	1400.0	119	500	1159
53	Metacrilonitrila	126-98-7	1.0	71	100	3079
54	Metanol	67-56-1	6000.0	96	1000	1230
55	Metil acetileno	74-99-7	1700.0	Gás Liquefeito	250	1060
56	Metil ciclohexano	108-87-2	1200.0	37	750	2296
57	Metil hidrazina	60-34-4	20.0	38	250	1244
58	Metil mercaptan	74-93-1	150.0	Gás Liquefeito	100	1064
59	Metilal	109-87-5	2200.0	330	750	1234
60	Mistura de metil-acetileno e propadieno	59355-75-8	3400.0	Gás Liquefeito	500	1060
61	Morfolina	110-91-8	1400.0	6	1000	2054
62	N-butanol	71-36-3	1400.0	6	1000	1120
63	N-hexano	110-54-3	1100.0	124	500	1208
64	N-pentano	109-66-0	1500.0	420	500	1265
65	Nafta (carvão)	8030-30-6	1000.0	<5	750	ND
66	Nafta (petróleo)	8002-05-9	1100.0	40	750	1256
67	Níquel carbonil	13463-39-3	2.0	315	100	1259
68	Octano	111-65-9	1000.0	10	750	1262
69	Óxido de etileno	75-21-8	800.0	Gás	100	1040
70	Óxido de mesitila	141-79-7	1400.0	9	1000	1229
71	Óxido de propileno	75-56-9	400.0	445	250	1280
72	Óxido nítrico	10102-43-9	100.0	Gás	50	1660
73	Perclorometilmercaptana	594-42-3	10	3	250	1670
74	Propano	74-98-6	2100.0	Gás Liquefeito	500	1075
75	Propilenoimina	75-55-8	100.0	112	100	1921
76	Propionitrila	107-12-0	1.0	35	100	2404
77	Tetrafluoreto de enxofre	7783-60-0	1.0	Gás	50	2418

N° de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	Indicador de periculosidade		MR (kg)	N° ONU
			IDLH (ppm)	Pvap (mm Hg)		
				Liquefeito		
78	Terahidrofurano	109-99-9	2000.0	132	500	2056
79	Tetranitrometano	75-74-1	40	23	250	1510
80	Tricloreto de fósforo	7719-12-2	25.0	100	100	1809
81	Trifluoreto de boro	7637-07-2	25.0	Gás	50	1008
82	Vinil acetato	108-05-4	1.0	83	100	1301

Fonte: Os valores do IDLH das substâncias selecionadas foram extraídos do NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, setembro de 2007.

2 - Critério para Determinação das Substâncias Inflamáveis

Para fins do estabelecimento das MRs, as substâncias inflamáveis foram subdivididas em 4 categorias de perigo, em função do Limite Inferior de Inflamabilidade (para gases) e Ponto de Fulgor - PF (para líquidos), conforme Tabela 2.1.

Tabela 2.1 - Categorias de perigo de substâncias inflamáveis e combustíveis

▪ Categoria 1	▪ Gás inflamável	▪ LII < 13 %	▪ MR = 2.500
	▪ Líquido combustível Classe I (inflamável)	▪ PF < 37,7 °C	
▪ Categoria 2	▪ Líquido combustível Classe I (inflamável)	▪ 37,7 °C ≤ PF < 70 °C	▪ MR = 5.000
▪ Categoria 3	▪ Líquido combustível Classe II	▪ 70 °C ≤ PF < 93,3 °C	▪ MR = 10.000
▪ Categoria 4	▪ Líquido combustível Classe III e IV	▪ PF ≥ 93,3 °C	▪ MR = 25.000

Fonte: OSHA 1910.1200 (c)

A Tabela 2.2 mostra a massa de referência (MR) de algumas substâncias perigosas de acordo com as categorias de perigo determinadas acima. Observando-se que os gases estão identificados com um (*) para os quais são apresentados os Limites Inferiores de Inflamabilidade - LII.

Tabela 2.2 - Massas de Referência de Substâncias Inflamáveis Selecionadas

Nº de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	PF (°C) ou LII (%)*	MR (kg)	Nº ONU
1	1,3-Butadieno*	106-99-0	2,0	2.500	1010
2	1,3-Pentadieno	504-60-9	-43,0	2.500	ND
3	1-Buteno*	25167-67-3	1,6	2.500	1012
4	1-Cloropropileno	590-21-6	-6,1	2.500	ND
5	1-Penteno	109-76-1	-18,0	2.500	1108
6	2-Buteno*	107-01-7	1,8	2.500	1055
7	2-Cloropropileno	557-98-2	-20,0	2.500	2456
8	2-Metil-1-buteno	563-46-2	-20,0	2.500	2459
9	2-Metilpropeno	115-11-7	-10,0	2.500	1055
10	3-Metil-1-buteno	563-45-1	-7,0	2.500	2561
11	Acetaldeído	75-07-0	-37,8	2.500	1089
12	Acetileno*	74-86-2	2,5	2.500	1001
13	Benzeno	71-43-2	-11,1	2.500	1114
14	Butano	106-97-8	1,9	2.500	1011
15	Cianogênio*	460-19-5	6,6	2.500	1026
16	Ciclopropano*	75-19-4	2,4	2.500	1027
17	Cis-2-Buteno	590-18-1	1,7	2.500	1055
18	Cis-2-Penteno	646-04-8	-18	2.500	ND
19	Cloreto de etila	75-00-3	-50,0	2.500	1037
20	Cloreto de isopropila	75-29-6	-32,0	2.500	2356
21	Cloreto de vinila	75-01-4	-8,0	2.500	1086
22	Cloreto de vinilideno	75-35-4	-18,9	2.500	1303
23	Dimetilamina*	124-40-3	2,8	2.500	1032
24	Etano*	74-84-0	3,0	2.500	1035
25	Etanol	64-17-5	13,1	2.500	1170
26	Eter etílico	60-29-7	-45,0	2.500	1155
27	Eter metílico*	115-10-6	3,4	2.500	1033
28	Eter vinil etílico	109-92-2	-45,6	2.500	1302
29	Eter vinil metílico	107-25-5	-56,0	2.500	1087
30	Etil acetileno	107-00-6	2,0	2.500	2452
31	Etil mercaptan	75-08-1	-18,0	2.500	2363

Nº de ordem	SUBSTÂNCIA	CAS	PF (°C) ou LII (%)*	MR (kg)	Nº ONU
32	Etilamina	75-04-7	-18,0	2.500	1036
33	Etileno*	74-85-1	2,7	2.500	1962
34	Fluoreto de vinila*	75-02-5	2,6	2.500	1860
35	Fluoreto de vinilideno*	75-38-7	5,5	2.500	1959
36	Formiato de metila	107-31-3	-19,0	2.500	1243
37	Gás liquefeito de petróleo (GLP)*	68476-85-7	2,2	2.500	1075
38	Gasolina	8006-61-9	-45,6	2.500	1203
39	Hexano	110-54-3	-23,0	2.500	1208
40	Hidrogênio*	1333-74-0	4,1	2.500	1049
41	Isobutano*	75-28-5	1,9	2.500	1075
42	Isopentano	78-78-4	-51,1	2.500	1265
43	Isoprene	78-79-5	-53,9	2.500	1218
44	Isopropilamina	75-31-0	-37,2	2.500	1221
45	Metano*	74-82-8	5,3	2.500	1971
46	Metanol	67-56-1	12,2	2.500	1230
47	Metilamina*	74-89-5	4,95	2.500	1061
48	MTBE	1634-04-4	-27,8	2.500	2398
49	Nafta	8030-30-6	37,8	5.000	2553
50	Nitrito de etila	109-95-5	-35,0	2.500	1194
51	Óleo Diesel	-	< 70	5.000	ND
52	Oxissulfeto de carbono*	463-58-1	12	2.500	2204
53	Pentano	109-66-0	-49,4	2.500	1265
54	Propano*	74-98-6	2,3	2.500	1075
55	Propileno	115-07-1	-107,8	2.500	1077
56	Propino*	74-99-7	1,7	2.500	1060
57	Querosene	-	96	25.000	ND
58	Tetrafluoroetileno*	116-14-3	11	2.500	1081
59	Tolueno	108-88-3	-4,4	2.500	1294
60	trans-2-Penteno	646-04-8	-18,0	2.500	ND
61	Triclorosilano	10025-78-2	-28,0	2.500	1295
62	Trimetilamina*	75-50-3	2,0	2.500	1083
63	Tetrametilsilano	75-76-3	-6,7	2.500	2749
64	Vinil acetileno	689-97-4	2,0	2.500	ND

Fonte: 1) Dangerous properties of industrial materials, 7th ed., 1988.

2)NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, setembro de 2007.

3 - Critério para Determinação das Substâncias Explosivas

A relação das substâncias explosivas selecionadas está apresentada na Tabela 3.1, a qual consiste na listagem de todas as substâncias explosivas listadas pelo Departamento dos Transportes dos EUA (US DOT) na Divisão 1.1 da Tabela de Materiais Perigosos (Table of Hazardous Materials and Special Provisions) do 49 CFR 172.101.

A massa de referência (MR) de todas as substâncias foi fixada em 50 kg, que é a massa de TNT que causa uma sobrepressão de 1 psi a cerca de 50 metros do centro da explosão. Este valor de sobrepressão, embora resulte em quebra de vidros de algumas janelas, não é suficiente para causar danos significativos aos edifícios residenciais situados à distância de 50 metros, não resultando, portanto, em dano às pessoas presentes no seu interior.

Tabela 3. 1 - Massas de Referência de Substâncias Explosivas Selecionadas

SUBSTÂNCIA	MR (kg)	Nº da ONU
5-Nitrobenzotriazol	50	0385
Ácido pícrico	50	1344
Azida de bário	50	0224
Dinitrofenol	50	0076
Dinitroglucoluril	50	0489
Dinitroresorcinol	50	0078
Estifanato de bário	50	0473
Fulminato de mercúrio	50	0135
Goma nitrada	50	0146
Nitrato de amônio	50	0222
Nitrobenzeno	50	0385
Nitrocelulose	50	0341
Nitroglicerina	50	0143
Nitromanita	50	0133
Nitrotriazolona	50	0490
Octol	50	0266
Octonal	50	0496
Pentaeritritol	50	0150
Pentolita	50	0151

Perclorato de amônio	50	0402
Picrato de amônio	50	0004
Pólvora negra	50	0027
Sulfeto de dipicrila	50	0401
Tetranitrato de pentaeritritol	50	0150
Trinitrotolueno	50	1356