



CETESB

PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE PRODUÇÃO DE CLÍNQUER

DOCUMENTOS

ARQUIVO TÉCNICO

6800
C338p
033907



25334



033907

CÂMARAS AMBIENTAIS

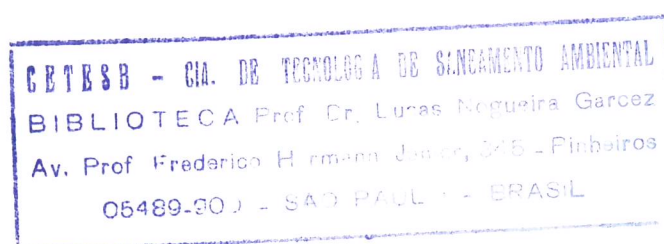
**CÂMARA AMBIENTAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS
MINERAIS NÃO METÁLICOS**

clínico
clínico

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Rogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 045 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

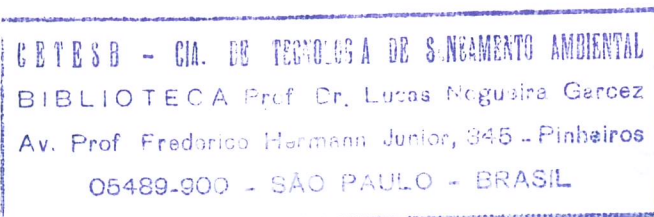
Procedimentos para utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer

PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE PRODUÇÃO DE CLÍNQUER



Documento Câmaras Ambientais

São Paulo, janeiro de 1998
Governo do Estado de São Paulo
Secretaria de Estado do Meio Ambiente
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental



PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE PRODUÇÃO DE CLÍNQUER

Documento Câmaras Ambientais

Publicação da
Secretaria do Meio Ambiente
Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Governador: *Mário Covas*
Secretário do Meio Ambiente: *Fabio Feldmann*
Presidente da CETESB: *Nelson Nefussi*

Impressão: Gráfica CETESB
Tiragem desta Edição: 500 exemplares

CÂMARAS AMBIENTAIS

Uma parceria do setor público com o setor privado para empreender o desenvolvimento sustentável

Este documento constitui uma demonstração de que o Governo do Estado de São Paulo está procurando implementar o desenvolvimento econômico de forma ambientalmente sustentada.

Objetivamente, a Secretaria de Estado do Meio Ambiente, através da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, ao criar as Câmaras Ambientais, tem tentado estabelecer uma parceria com o setor produtivo visando alcançar soluções para problemas ambientais.

Nesse fórum, reúnem-se empresários, especialistas em tecnologia de prevenção e controle da poluição e a agência ambiental paulista e, juntos, procuram equacionar de forma racional questões voltadas para a proteção do meio ambiente.

São diversos os aspectos de gerenciamento ambiental que precisam ser discutidos amplamente com os atores sociais, desde aspectos exclusivamente técnicos até mecanismos legais, institucionais e administrativos. Aliás, essa é uma tendência nas sociedades modernas onde, mais e mais, os administrados pelo governo são convidados a participar da elaboração e proposição das novas formas de relacionamento entre Estado e Sociedade.

As atribuições das Câmaras abrangem desde a avaliação e proposição de alterações em normas, procedimentos e instrumentos relativos à gestão ambiental, até o estabelecimento de planos ambientais que contemplam itens como o gerenciamento do uso e conservação das formas de matéria e energia, e a adoção de tecnologias produtivas limpas.

O espectro de possibilidades é propositadamente amplo, de forma a não inibir qualquer manifestação dos integrantes das respectivas câmaras. Cabe a cada um deles introduzir os problemas prioritários e negociar as alternativas.

Cada Câmara Ambiental é composta por quatro técnicos da CETESB e oito representantes do setor produtivo, sendo presidida por um representante do setor e secretariada por profissionais da CETESB. Participam também membros consultores através do IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, FUNDACENTRO - Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho, FIESP - Federação das Indústrias do Estado de São Paulo e SEBRAE - Serviço de Apoio às Micros e Pequenas Empresas de São Paulo.

Em 30 de setembro de 1996, foi criada a Câmara Ambiental da Indústria de Produtos Minerais não Metálicos. Após um ano de atividades, essa Câmara elaborou o Procedimento para Utilização de Resíduos em Fornos de Produção de Clínquer. Este documento é o resultado do encontro da vertente tecnológica com a necessidade de reincorporar ao ciclo produtivo o que até então era rejeito.

O diálogo franco, o comportamento pró-ativo do empresariado e o esforço de todos os parceiros ou integrantes da Câmara Ambiental foram decisivos para o surgimento da regulamentação ambiental que vai disciplinar o reprocessamento de resíduos sólidos como insumo energético.

Por tudo isso, a Diretoria da CETESB decidiu democratizar o acesso das informações a todos os segmentos interessados na questão, contando com o apoio da FIESP e da Associação Brasileira de Cimento Portland e de todos aqueles que, no Governo do Estado de São Paulo, buscam o desenvolvimento econômico ecologicamente sustentado.

Nelson Nefussi
DIRETOR-PRESIDENTE DA CETESB

APRESENTAÇÃO DA COMISSÃO DE TRABALHO

O Procedimento para Utilização de Resíduos em Fornos de Produção de Clínquer, aprovado pela Diretoria Plena da CETESB em 30/10/97, foi fruto do trabalho da Comissão de Co-processamento instituída no âmbito da Câmara Ambiental da Indústria de Produtos Minerais não Metálicos. Esta Comissão, de caráter consultivo, foi constituída por representantes do setor produtivo e do órgão ambiental do Estado de São Paulo - CETESB, nominados a seguir:

Setor Produtivo

ANTONIA JADRANKA SUTO

- Associação Brasileira de Cimento Portland - ABCP

VAGNER MARINGOLO - ABCP

EVERALDO MARCIANO JÚNIOR - ABCP

ANTONIO MAURO BARBOSA - Cimento Ribeirão Grande

MILTON CECÍLIO DOS SANTOS - Cimento Ribeirão Grande

CLÁUDIO XIOL MORAGAS - Cimento Maringá-

JÚLIO CEZAR M. ROCHA - Votorantim Cimentos

MARCELO CHAMMA - Sociedade de Cimentos do Brasil

MAURO CHAMMA - Sociedade de Cimentos do Brasil

SÉRGIO BANDEIRA - Camargo Corrêa Industrial S/A.

CETESB

MARIA CRISTINA POLI

MARTHA B. MAGANHA

EZIO MANTEGAZZA

EMÍLIO GRANDE GAGO

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Os trabalhos foram desenvolvidos no período compreendido entre 21/10/96 e 28/08/97, quando foram realizadas sete reuniões ordinárias. Como metodologia adotada pelo grupo, em todas as reuniões foram feitas apresentações técnicas contemplando tanto pontos relativos à produção de clínquer, quanto aspectos ambientais a ela relativos, promovendo assim um importante intercâmbio técnico entre os participantes.

Esta interação inédita entre o órgão ambiental e o setor produtivo permitiu a elaboração de um procedimento moderno nos conceitos, abrangente no escopo, e compatível com os avanços tecnológicos.

Pioneiro entre os estados da Federação, este procedimento certamente dará subsídios para a elaboração de uma legislação sobre co-processamento de resíduos em fornos de produção de clínquer de âmbito nacional, em futuro próximo.

Neste momento em que a proteção ao meio ambiente é uma questão que concerne a todos, e atua como fator mercadológico vital para a competitividade das indústrias, a implementação desta alternativa valiosa em termos de disposição de resíduos perigosos, que agrega à sua destruição o valor como combustível alternativo ou matéria-prima, vem alavancar o progresso no Estado de São Paulo.

YUSHIRO KIHARA - ABCP

Presidente da Comissão

JÚLIA ALICE FERREIRA

Secretária Executiva da Comissão

PROCEDIMENTO PARA UTILIZAÇÃO DE RESÍDUOS EM FORNOS DE PRODUÇÃO DE CLÍNQUER

1- Objetivo

Este documento visa fornecer suporte técnico para licenciamento das atividades de reaproveitamento de resíduos sólidos em fornos de produção de clínquer.

2- Documentos Normativos

As normas técnicas, os procedimentos de amostragem e análises e as legislações federal e estadual estão contidos no Anexo 4.

3- Definições

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Utilizam-se as seguintes definições:

Forno de produção de clínquer: cilindro rotativo inclinado e revestido internamente com material refratário, com chama interna, utilizado para converter matérias-primas (calcário, argila, minério de ferro, areia e outros), proporcionalmente misturadas, num composto de silicato dicálcico, silicato tricálcico, aluminato tricálcico, aluminoferrito tetracálcico e óxido de magnésio livre, denominado clínquer;

Resíduo Sólido: resíduos nos estados sólido e/ou semi-sólido, que resultam de atividades da comunidade, podendo ser de origem industrial, urbana (domiciliar, comercial e de varrição), de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde e agrícola. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas propriedades ou tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou corpos de água ou exijam soluções de tratamento técnica e economicamente inviáveis face à melhor tecnologia prática disponível. Para efeito deste procedimento, fica estabelecido que o termo resíduo sólido compreende um único tipo de resíduo ou mistura de vários, para fins de alimentação no forno;

Zona de Queima: local do forno onde normalmente o produto (clínquer) é descarregado e ocorre a queima do combustível, para completar as reações de clínquerização;

Unidade de "Blending": denomina-se unidade de "blending" (de manuseio ou de mistura) a instalação responsável pelo fornecimento de resíduos ou de misturas de resíduos, bem como as unidades que recebem, armazenam e processam os mesmos a fim de produzir combustível alternativo para os fornos;

Pré-Aquecedor: dispositivo onde a matéria-prima é alimentada e parcialmente calcinada pelos gases quentes provenientes do forno e;

Pré-Calcinador: dispositivo de queima onde ocorre uma pré-calцинаção da matéria-prima.

4- Aplicabilidade

Este procedimento aplica-se ao licenciamento de atividades de reaproveitamento do resíduo sólido em fornos rotativos de produção de clínquer, excetuando-se : resíduos domiciliares brutos, de estabelecimentos prestadores de serviços de saúde, radioativos e explosivos. Cancerígenos, organoclorados e praguicidas deverão ser estudados caso a caso.

5- Premissas

Adotam-se as seguintes premissas:

- a) a utilização de resíduos sólidos em fornos de clínquer não deverá gerar taxas de emissão maiores do que as devidas à destruição do mesmo resíduo em incineradores de resíduos sólidos perigosos;

- b) o resíduo deverá ser gerado e/ou estar estocado em quantidade suficiente para justificar sua utilização em um teste de queima e
- c) somente serão analisadas solicitações de licença de cimenteiras já instaladas, se devidamente licenciadas e regularizadas.

6- Critérios básicos para a utilização de resíduos

Só poderão ser aceitos resíduos que atendam a um dos seguintes critérios:

- a) reaproveitamento de energia
para que um resíduo seja utilizado como substituto de combustível, para fins de reaproveitamento de energia, seu poder calorífico inferior, na base seca, deverá ser superior a 11.620 kJ/kg (5000 BTU/lb ou 2775 kcal/kg).
Este critério não é aplicável a combustíveis alternativos que eventualmente possam ser utilizados, caso a CETESB autorize, tais como: bagaço de cana, serragem, casca de arroz, palha e lenha.
- b) reaproveitamento como substituto de matéria-prima
para que um resíduo seja utilizado como substituto de matéria-prima, deverá apresentar características similares às dos componentes normalmente empregados na produção de clínquer. Também estão contemplados os mineralizadores que facilitem as reações de clínquerização, tais como Zn, Ba, F, fosfatos, etc.

7- Licenciamento

As Licenças de Instalação e Funcionamento para utilização de resíduos sólidos em fornos de produção de clínquer poderão ser concedidas nas situações descritas abaixo.

7.1- Fontes Novas

Nesse caso, a planta ainda não está instalada, ou seja, passará obrigatoriamente por processo de licenciamento para o fim ao qual se destina (produção de clínquer), podendo também ser licenciada para a atividade de reaproveitamento de resíduos.

Assim sendo, poderão ser emitidas Licença de Instalação e Licença de Funcionamento que englobem as atividades de produção de cimento e co-processamento de resíduos em fornos de produção de clínquer.

Segundo a Resolução SMA 42, de 29/12/94, o processo de licenciamento terá início com a apresentação do Relatório Ambiental Preliminar (RAP) à Unidade Regional da CETESB responsável pelo controle da poluição da área onde se encontra inserido o empreendimento. Este RAP será entregue com a solicitação de Licença Ambiental para a atividade pretendida. Os técnicos da CETESB poderão acrescentar outras informações que julgarem necessárias para melhor instruir a análise do RAP. Estes documentos serão encaminhados à Secretaria do Meio Ambiente - SMA para manifestação quanto à necessidade ou não de apresentação de Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental (EIA/RIMA).

A Secretaria do Meio Ambiente analisará o RAP, podendo então:

- indeferir o pedido de licença por impedimento legal ou técnico,
- exigir a apresentação de EIA/RIMA ou
- dispensar a apresentação do EIA/RIMA.

Em caso de obrigatoriedade de apresentação de EIA/RIMA, deverá ser obedecida a tramitação prevista na Resolução SMA 42, de 29.12.94.

No caso do EIA/RIMA demonstrar a viabilidade ambiental do empreendimento e obtiver a aprovação do Conselho Estadual de Meio Ambiente - CONSEMA, a SMA emitirá a Licença Prévia para o mesmo. Com base nas exigências e recomendações estabelecidas na Licença Prévia, o interessado dará início ao processo de obtenção da Licença de Instalação e, posteriormente, da Licença de Funcionamento junto à CETESB.

Em caso de dispensa de apresentação de EIA/RIMA, se for de interesse do empreendedor, poderá ser solicitada a emissão de Licença Prévia para o empreendimento. Após este fato, o processo terá continuidade na CETESB, que analisará os pedidos de Licença de Instalação e Funcionamento para o empreendimento.

Para o licenciamento junto à CETESB, deverão ser apresentados, além do Memorial de Caracterização do Empreendimento (MCE) e seus respectivos anexos, os seguintes documentos:

- manifestação da SMA, quanto à análise do RAP ou EIA/RIMA;
- estudo de viabilidade de queima (item 8 deste procedimento) e
- estudo de análise de risco.

O estudo de análise de risco deverá ser elaborado de acordo com os seguintes documentos, constantes do Anexo 5:

- “Manual de Orientação para Elaboração de Análise de Risco”, que permitirá a avaliação dos riscos decorrentes de eventuais emissões acidentais e
- “Avaliação de Risco à Saúde Humana e Meio Ambiente”, que permitirá a avaliação dos riscos decorrentes de emissões não acidentais.

Após a aprovação, pela CETESB, dos estudos acima, deverá ser apresentado um plano de teste de queima em branco (sem resíduos), conforme descrito no item 9 deste procedimento.

Caso seja comprovada a viabilidade de implantação do empreendimento, deverá ser emitida a Licença de Instalação - LI.

Para a análise da solicitação de Licença de Funcionamento, deverá ser realizado o TESTE EM BRANCO e caso o empreendimento seja aprovado nesse teste, deverá ser apresentado um Plano de Teste de Queima com Resíduo (PTQ), conforme descrito no item 10 deste procedimento. Ainda que o PTQ seja passível de aceitação, o teste de queima só poderá ser realizado se as condições prévias (subitem 10.1) forem satisfeitas.

Realizado o teste de queima para as condições propostas e estando os seus resultados em conformidade com os padrões e limites estabelecidos, será emitida a Licença de Funcionamento (LF), específica para as condições do teste.

7.2 - Fontes Existentes

Entende-se por fontes existentes os empreendimentos anteriores à vigência do Regulamento da Lei nº 997/76 ou já licenciados anteriormente pela CETESB para a produção de clínquer.

- Primeira Licença para a atividade de reaproveitamento de resíduos

Neste caso, a solicitação de Licença de Instalação, instruída com a documentação citada no subitem 7.1, deverá ser acompanhada do RAP e os dois pedidos encaminhados ao mesmo tempo à CETESB, que analisará o pedido de Licença de Instalação e, ao mesmo tempo, enviará o RAP para análise da SMA. Saliente-se que deste passo em diante a tramitação dos citados documentos, tanto no âmbito da SMA quanto no da CETESB, ocorrerá de acordo com o descrito no subitem 7.1 - Fontes Novas.

- Pedido de alteração de Licença já concedida para o reaproveitamento de resíduos

Considerando-se que a instalação já tenha sido licenciada para utilizar resíduos sólidos e se deseje alteração da mesma, deverá ser apresentado à CETESB um novo pedido de Licença de Instalação e, com base nas alterações propostas, a CETESB fará consulta à SMA quanto à necessidade ou não de elaboração de RAP, para o caso em questão. No caso de necessidade de elaboração de RAP, o mesmo deverá ser apresentado para análise da SMA, devendo o processo seguir a tramitação já anteriormente descrita.

8 - Estudo de Viabilidade de Queima - EVQ

O interessado deverá apresentar à unidade regional da CETESB um plano de trabalho, de acordo com a legislação e normas vigentes, relativo ao resíduo que se pretende utilizar no forno, a fim de que seja avaliada a compatibilidade do mesmo com as características operacionais do processo e seja mantida a integridade do clínquer do ponto de vista ambiental. Deverão ser fornecidas as seguintes informações, considerando-se a situação atual da instalação, bem como as modificações e condições propostas para utilização dos resíduos:

a) Objetivo da utilização dos resíduos;

b) Resíduos

- descrição sucinta do processo gerador do resíduo e fluxograma simplificado com a indicação do ponto de geração do mesmo;
- quantidade gerada e estocada de resíduo;
- caracterização dos resíduos, incluindo estado físico, poder calorífico inferior, viscosidade (para líquidos) e composição centesimal aproximada e teores de poluentes. Os laudos de análises deverão estar devidamente assinados por técnicos responsáveis e apresentar as metodologias empregadas para amostragem e análise, bem como os limites de detecção dos métodos;
- descrição do sistema proposto de alimentação de resíduos;
- descrição do sistema de armazenamento de resíduos;

c) Forno selecionado para a queima de resíduos

- dados referentes à cimenteira (nome e endereço);
- características e especificações dos equipamentos utilizados na produção de clínquer;
- croqui detalhado dos equipamentos descritos em "b";
- descrição do processo de produção inerente ao forno e fluxograma do processo produtivo com indicação dos pontos de alimentação (matéria-prima e combustível), bem como perfil de temperaturas;
- tempo de residência para gases e sólidos, com memória de cálculo;
- características e especificações dos equipamentos que serão modificados ou adicionados em relação aos inicialmente existentes e
- croqui detalhado incluindo modificações, com indicação dos pontos de amostragem e parâmetros a serem monitorados;

d) Matéria-prima

- relação das matérias-primas empregadas na produção do clínquer e suas características físico-químicas;
- descrição dos sistemas de alimentação e homogeneização de matéria-prima;
- taxa de alimentação (t/h) e
- descrição do processo de realimentação/descarte do particulado retido nos equipamentos de controle da poluição atmosférica;

e) Combustível

- caracterização dos combustíveis (tipo, poder calorífico inferior e teor de enxofre para óleos) e consumo (t/h) e
- descrição dos sistemas de alimentação de combustíveis, bem como indicação da proporção dos combustíveis nos queimadores primário e secundário;

f) Equipamentos de controle de poluição (ECP)

- descrição dos ECPs para efluentes gasosos e
- descrição do sistema de monitoramento de emissões gasosas;

Observação: descrição dos procedimentos de amostragem e monitoramento, incluindo frequência e listagem de todos os parâmetros monitorados.

g) Condições operacionais

— fluxograma do processo produtivo com indicação dos pontos de alimentação (matéria-prima e combustível), bem como perfil de temperaturas, e

h) Outras informações que forem consideradas necessárias.

Caso o estudo seja aprovado, a CETESB autorizará a realização do teste em branco para fins de avaliação do desempenho do equipamento.

9- Teste em Branco

Refere-se às medições realizadas no forno em funcionamento normal, sem a utilização de resíduo, para a avaliação das condições operacionais da planta, bem como do atendimento às exigências técnicas e/ou aos parâmetros de condicionamento fixados pela CETESB. Os resultados destes testes permitem avaliar as emissões da planta de produção de cimento.

Deverá ser apresentado um plano de amostragem das emissões para o teste em branco, indicando metodologia de coleta e análise, e seus limites de detecção.

Durante o teste serão avaliados, no efluente gasoso, os seguintes poluentes: Material Particulado, SO_x , NO_x , HCl / Cl_2 , HF e substâncias inorgânicas classes I, II e III (descritas no item 12 deste procedimento). No pó do ECP deverá ser feita uma varredura a fim de determinar os metais presentes.

O teste deverá ser conduzido na capacidade máxima ou outra na qual se pretenda licenciar, devendo ser a mesma do Teste de Queima.

Observação: A planta deverá operar na capacidade adotada, a qual será mantida enquanto durarem os testes em branco e de queima de resíduo, de modo a assegurar a relação entre a emissão e a alimentação contemplada no período de amostragem para fins de avaliação, ou seja, o interessado deverá realizar os referidos testes com a planta operando exatamente na mesma carga, a fim de que não ocorram divergências entre os resultados dos testes.

As coletas deverão ser feitas em triplicatas. O tempo mínimo da coleta para material particulado deverá ser de 2 (duas) horas, sendo que o padrão de emissão estabelecido para este poluente é de 0,15 kg de material particulado por tonelada de matéria-prima alimentada no forno.

Durante o teste deverão também ser anotados os dados operacionais e de controle, tais como:

- registros dos monitores contínuos de gases (caso existam), temperatura e pressão interna do forno;
- registros dos parâmetros operacionais monitorados do processo, incluindo taxas de alimentação (combustível e matéria-prima) e parâmetros operacionais dos ECPs, e outros que se fizerem necessários.

A aprovação do teste em branco significa que a instalação atende às exigências do Órgão Ambiental como produtora de cimento, estando portanto apta a apresentar um plano de teste de queima. Salienta-se, contudo, que o interessado somente poderá realizar o teste de queima após a aprovação do citado plano.

Caso a instalação não atenda às exigências como produtora de cimento, fica proibida a queima de qualquer resíduo até que o equipamento apresente condições adequadas para o fim ao qual é destinado.

10-Teste de Queima

Refere-se às medições realizadas no forno em funcionamento normal, com a utilização de resíduos, para a avaliação das condições operacionais da planta, bem como do atendimento às exigências técnicas e/ou aos parâmetros de condicionamento fixados pela CETESB.

Durante o teste de queima, a fonte deverá operar nas mesmas condições verificadas durante o Teste em Branco.

Deverão ser amostrados no efluente gasoso, os mesmos poluentes realizados no Teste em Branco, além do PCOP - Principal Composto Orgânico Perigoso.

As coletas deverão ser realizadas em triplicatas. O tempo mínimo de coleta para o material particulado será de duas horas. Os limites de emissão para efluentes gasosos estão listados no item 12, deste documento.

Durante a campanha de Teste de Queima deverá ser testado o sistema de intertravamento para interromper automaticamente a alimentação de resíduos.

10.1- Condições prévias

São as seguintes:

- a) a fonte deverá estar aprovada no Teste em Branco, ou seja, deverá estar atendendo aos limites estabelecidos;
- b) o teste não deverá apresentar risco de qualquer natureza à saúde pública e/ou meio ambiente, além de garantir que a produção de clínquer não será afetada;
- c) ter instalados, calibrados e em condição de funcionamento, pelo menos, os seguintes monitores contínuos e seus registradores: CO, O₂, HC, temperatura do forno no ponto de alimentação, pressão interna, taxa de alimentação do resíduo e parâmetros operacionais do ECP;
- d) ter instalado e em condição de funcionamento um sistema de intertravamento para interromper automaticamente a alimentação, no mínimo, em caso de:
 - baixa temperatura de combustão;
 - pressão relativa positiva no forno;
 - falta de energia elétrica ou queda brusca de tensão;
 - queda do teor de O₂;
 - mau funcionamento dos monitores e registradores de O₂, temperatura, HC ou de CO e
 - interrupção do funcionamento (desarme) do ECP;

Observação: valores de intertravamento não estabelecidos deverão ser propostos pelo interessado.
- e) ter instalado e em funcionamento um sistema piloto de alimentação do resíduo, em condição de segurança e operabilidade.

10.2- Plano do Teste de Queima

Estando a planta com o EVQ (item 8) e Teste em Branco (item 9) aprovados, o interessado deverá apresentar o Plano de Teste de Queima - PTQ, contendo as seguintes informações:

- a) fluxograma do processo produtivo, com indicação dos pontos de alimentação (matéria-prima e combustível), bem como perfil de temperaturas;
- b) descrição detalhada do equipamento:
 - nome do fabricante;
 - tipo e descrição do forno e
 - capacidade máxima de projeto e capacidade nominal;
- c) descrição detalhada e capacidade do sistema de alimentação de: resíduos, combustíveis e outros;
- d) descrição de cada corrente de alimentação:

- *Matéria Prima*
 - relação das matérias-primas e suas características físico-químicas e
 - taxa de alimentação.
- *Resíduo/"Blend"*
 - poder calorífico inferior, origem, composição provável, composição elementar e identificação e quantificação das substâncias que constam das listagens 4, 5 e 6 da NBR-10004;
 - taxa de metais e teores de cloro total/cloreto, fluoretos, enxofre e cinzas;
 - viscosidade, no caso de líquidos;
 - seleção dos PCOPs, conforme item 10.3 deste documento e
 - descrição dos procedimentos de mistura de resíduos anteriores à queima;
- *Combustível*
 - tipo;
 - PCI;
 - teor de enxofre (para óleo) e
 - consumo (t/h).

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

- e) condições operacionais propostas para o teste de queima, incluindo tempo de residência para gases e sólidos, com memória de cálculo;
 - f) descrição do sistema de controle de poluição do ar e suas condições operacionais, bem como a frequência de purga;
 - g) descrição do destino final dos resíduos gerados no Sistema de Controle de Poluição do Ar - SCPA. No caso do SCPA ser realizado em base úmida, gerando efluentes líquidos, descrever suas condições operacionais, bem como tempo de detenção na estação de tratamento de efluentes;
 - h) sistema de controle de qualidade e análise do produto acabado;
 - i) parâmetros a serem monitorados em todas as etapas envolvidas no processo, bem como descrição do sistema de monitoramento;
 - j) frequência de coleta (combustível, matéria-prima, resíduo/"blend", efluente gasoso e efluente líquido);
 - k) metodologias de coleta e análises do efluente gasoso, e seus limites de detecção de análise laboratorial;
 - l) tipos e características dos equipamentos utilizados na amostragem dos efluentes gasosos;
 - m) pontos e formas de coleta de todas as amostras citadas no subitem "i";
 - n) descrição do sistema de interrupção automática de alimentação de resíduos;
- Observação:** descrição do sistema propriamente dito, das condições em que ocorre a interrupção e em que condições a alimentação de resíduos será restabelecida.
- o) balanço dos níveis de emissão, devendo ser fornecido balanço de massa para avaliar os níveis de emissão da planta, contemplando dados de entrada (matéria-prima, combustível e resíduo) e de saída (clínquer, gases da exaustão, particulado retido no ECP e particulado nos gases limpos);
 - p) cronograma;
 - q) identificação das pessoas envolvidas no teste, incluindo responsabilidades e qualificações, e
 - r) outras informações necessárias.

Considerações

- caso o PTQ seja aprovado, o interessado poderá fixar a data para o Teste de Queima, em comum acordo com a CETESB. A unidade regional, responsável pela fiscalização da indústria geradora ou fornecedora dos resíduos, deverá inspecionar os lotes liberados para o teste;
- a liberação dos resíduos para local de destinação final adequada, nas quantidades estabelecidas no PTQ, será feita através de Certificado de Aprovação de Destinação de Resíduos Industriais (CADRI) ou por outro instrumento a ser instituído pela CETESB;

- estando o PTQ aprovado, os resíduos não poderão ser alterados por acréscimo de qualquer outro resíduo nem tampouco substituídos. Se for o caso, novos EVQ e PTQ, relativos à nova condição, deverão ser elaborados e
- todos os documentos apresentados deverão ser assinados pelo responsável designado na "cadeia de responsabilidades", conforme descrito no subitem "q" do PTQ.

10.3- Critérios para Seleção do PCOP - Principal Composto Orgânico Perigoso

Para a avaliação da EDR - Eficiência de Destruição e Remoção de 99,99%, do principal composto orgânico perigoso, o interessado deverá apresentar os PCOPs a serem testados para a manifestação da CETESB.

A seleção dos PCOPs deverá ser baseada no grau de dificuldade de destruição de constituintes orgânicos do resíduo, sua toxicidade e concentração. Os PCOPs selecionados para o teste de queima deverão ter grau de dificuldade de queima pelo menos igual ou superior àqueles dos compostos orgânicos presentes no resíduo.

11- Pré - teste de Queima

Se aprovado o plano, anteriormente ao teste de queima com resíduos, o interessado poderá realizar a queima experimental do resíduo por um período máximo de 30 (trinta) dias corridos a fim de que :

- a) sejam feitos os ajustes necessários referentes às condições de alimentação dos resíduos a serem testados e
- b) os profissionais da planta, envolvidos com a atividade, possam começar a se familiarizar com o processo modificado.

Ao término do período solicitado para o pré-teste, a CETESB deverá ser comunicada quanto a eventuais alterações no plano.

Durante o período do pré-teste não é necessário o acompanhamento dos técnicos da CETESB, ao contrário do que deverá ocorrer durante o período do teste de queima detalhado no plano aprovado.

12- Limites de Emissão para Efluentes Gasosos

A geometria da chaminé e as características fluidodinâmicas dos gases devem satisfazer as condições para amostragem estabelecidas na Norma CETESB L9.221. A velocidade dos gases efluentes da chaminé deve ser tal que permita realizar a amostragem dos mesmos.

Para a avaliação dos efluentes gasosos, deverão ser utilizadas as metodologias aprovadas pela CETESB, constantes do Anexo 4 deste procedimento.

De acordo com premissa estabelecida no item 5 deste procedimento, os resultados das coletas de efluentes gasosos obtidos no Teste de Queima, subtraídos dos verificados para os mesmos parâmetros no Teste em Branco, deverão atender ao estabelecido na tabela a seguir. Esta sistemática não se aplica para os parâmetros Material Particulado e PCOP

Poluente	Limite de Emissão
Material Particulado	0,15 kg/t de farinha seca alimentada no forno
SO _x	8 kg/h
Nox (a)	280 mg/h
Ácido Clorídico	0,60 kg/h
Ácido Fluorídico	43 g/h
Inorgânicos Classe I (b)	2,5 g/h
Inorgânicos Classe II (c)	12 g/h
Inorgânicos Classe III (d)	60 g/h
CO (e)	100 ppm

notas:

- Concentração expressa em mg/Nm³, corrigida a 11 % O₂.
- Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe I: cádmio (Cd), mercúrio (Hg) e tálcio (Tl).
- Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe II: arsênio (As), cobalto (Co), níquel (Ni), selênio (Se) e telúrio (Te).
- Taxa de emissão correspondente ao somatório das emissões das substâncias inorgânicas classe III: antimônio (Sb), chumbo (Pb), cromo (Cr), cianetos (CN), fluoretos (F), cobre (Cu), manganês (Mn), platina (Pt), paládio (Pd), ródio (Rh), vanádio (V) e estanho (Sn).
- Este padrão pode ser ultrapassado em algum intervalo inferior a 10 min, em qualquer período de 1 hora, desde que não seja ultrapassado o valor de 500 ppm, em qualquer instante.

Para comprovação de DRE deverá ser obtida uma eficiência de 99,99% de remoção e destruição do PCOP escolhido conforme item 10.3.

13- Monitoramento

Entende-se por monitoramento a avaliação constante das emissões provenientes dos fornos de produção de clínquer que utilizam resíduos, bem como da qualidade ambiental na área de influência do empreendimento.

A responsabilidade pela execução e cobertura dos custos do monitoramento serão da indústria, a qual deverá manter os registros à disposição da CETESB, bem como encaminhar relatórios com a frequência solicitada pelo referido órgão, que realizará periodicamente atividades de auditoria sobre o monitoramento implantado.

13.1- Monitoramento da fonte

Deverão ser monitorados, através de amostragens não contínuas, os seguintes parâmetros:

- Chaminé:
 - MP
 - SO_x
 - NO_x
 - PCOP
 - HCl/Cl₂
 - substâncias inorgânicas classes I, II e III
 - HF
- Alimentação (resíduo, matéria-prima, combustível) :
 - PCOP
 - substâncias inorgânicas classes I, II e III
 - enxofre
 - flúor
 - série nitrogenada
 - cloro

- Resíduos de ECPs do forno:
 - substâncias inorgânicas classes I, II e III
 - enxofre

Deverão ser monitorados, continuamente, pelo menos os seguintes parâmetros:

- CO
- O₂
- HC
- temperatura do forno
- pressão interna do forno
- alimentação do resíduo

13.2- Monitoramento Ambiental - Área do Entorno

No caso do estudo de análise de risco (a ser elaborado conforme descrito no item 7.1 deste procedimento) indicar risco decorrente de emissões não acidentais, será exigido do interessado o monitoramento de poluentes na área de influência das fontes emissoras. Esse monitoramento será definido caso a caso, com base nos resultados dos estudos realizados, e nas características da área e seu entorno, tais como: proximidade de residências, vegetação, culturas agrícolas, corpos de água, etc.

13.3- Monitoramento de Efluentes Líquidos Gerados no Processo de Queima

O monitoramento dos efluentes líquidos gerados no processo de queima deverá ser estudado caso a caso com base nos parâmetros constantes das legislações federal e estadual.

14- Plano de Análises dos Resíduos

Todos os resíduos recebidos pela unidade de "blending" e pela planta responsável por sua utilização deverão ser previamente analisados para determinação de suas propriedades físico-químicas. Portanto, deverá ser elaborado e apresentado um plano de análises, o qual descreverá:

- a) a origem e a caracterização do resíduo;
- b) métodos de amostragem utilizados, de acordo com as normas vigentes;
- c) os parâmetros que serão analisados em cada resíduo, justificando sua escolha, métodos e frequência de análise, limites de detecção e
- d) incompatibilidade com outros resíduos.

As análises deverão ser repetidas, sempre que necessário, para assegurar que as mesmas sejam precisas e atualizadas, ou nos seguintes casos:

- quando o interessado for avisado, ou tiver razões para acreditar, que o processo ou operação geradora dos resíduos foi alterado ou
- no caso de instalações que recebam resíduos de terceiros, quando na inspeção houver indício de que o resíduo não corresponde ao designado no manifesto.

15- Inspeção e Manutenção

O proprietário ou encarregado da operação da planta licenciada deverá inspecionar a instalação de modo a identificar e corrigir eventuais problemas que possam provocar a ocorrência de acidentes prejudiciais ao meio ambiente ou à saúde humana.

As inspeções para verificação da integridade dos componentes da planta deverão ter frequência suficiente para identificar os problemas a tempo de corrigi-los.

O plano de inspeção deverá ser enviado à CETESB, sendo que uma cópia deverá permanecer na instalação. Estabelecido o roteiro, deverão ser realizadas inspeções nos equipamentos de monitoramento, equipamentos de segurança e emergência, dispositivos de segurança e equipamentos operacionais e estruturais.

Deverão ser mantidos, na instalação, os seguintes registros:

- a) descrição do tipo, quantidade e data para cada resíduo recebido e/ou manuseado na instalação e data de queima. Os dados dos resíduos não aceitos (tipo e quantidade, gerador e data da devolução) também deverão ser registrados;
- b) registros de armazenamento, conforme NB 1183;
- c) registros de análise (laudos) e caracterização dos resíduos. Os laudos deverão estar devidamente assinados por técnicos responsáveis;
- d) registros dos monitores de emissões para CO, O₂ e HC;
- e) registros de todos os parâmetros operacionais monitorados do processo, incluindo: temperatura, pressão, taxas de alimentação, concentrações, vazão, taxa de produção e parâmetros operacionais do sistema de controle de poluição atmosférica;
- f) registros associados ao descarte de particulado retido nos ECPs;
- g) registros associados com inspeção, calibração e manutenção dos equipamentos, incluindo:
 - data e horário da inspeção;
 - nome do inspetor;
 - observações;
 - data e natureza de qualquer reparo ou outra ação corretiva;
- h) registro documentando datas, horários e razão de qualquer interrupção automática do sistema de alimentação de resíduos, bem como as instâncias nas quais a interrupção automática não foi acionada, ainda que tenham sido atingidos os níveis de interrupção, incluindo as razões e ações corretivas tomadas, e
- i) qualquer ocorrência, incluindo sinais de vazamento, derramamentos ou emissões provenientes de vazamentos do sistema de queima (ex: portas de acesso, juntas de expansão ou aberturas).

Essas informações, além de qualquer outra julgada necessária, deverão ser mantidas por um prazo mínimo determinado pela CETESB, por ocasião do licenciamento junto à este Órgão.

16- Plano de Treinamento de Pessoal

O responsável ou encarregado pela operação da planta deverá promover um treinamento específico do pessoal envolvido com a operação, de maneira que todos conheçam com exatidão os serviços que sejam de sua responsabilidade, tenham noção geral do funcionamento da planta e saibam exatamente como proceder em caso de acidentes e anormalidade no processo.

17- Revisão do Procedimento

O presente Procedimento deverá ser submetido à uma revisão num prazo máximo de até 3 anos, contados a partir de sua aprovação pela CETESB.

Considerando a evolução tecnológica e a experiência adquirida em utilização de resíduos em fornos de produção de clínquer, a CETESB poderá aceitar proposta para alteração do limite de poder calorífico estabelecido no item 6 deste procedimento, desde que seja justificado tecnicamente o ganho energético do processo. Se considerado viável o valor proposto, será autorizada a realização de teste de queima, para as cimenteiras já licenciadas para co-processamento a fim de comprovar o ganho energético, nas novas condições.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ANEXO 1

Unidade de "BLENDING"

(COMBINAÇÃO DE RESÍDUOS)

Unidade de "blending" (combinação de resíduos)

As unidades de "blending" são passíveis de licenciamento e, para tanto, deverão apresentar as seguintes informações:

- a) nome (razão social), endereço e localização da instalação;
- b) descrição dos principais produtos ou serviços prestados;
- c) planta, em escala, mostrando a localização das áreas de recepção, laboratórios, estocagem, manuseio e/ou disposição de resíduos; caso haja, fotografia aérea da instalação, claramente delimitadas todas as estruturas existentes e locais destinados a futuras áreas de manuseio, estocagem e disposição;
- d) descrição dos procedimentos de recepção, amostragem e análises, estocagem, manuseio e disposição de resíduos gerados;
- e) caracterização e classificação dos resíduos recebidos, quantificação de cada resíduo e uma descrição geral dos procedimentos para cada um;
- f) laudos de análises químicas e físicas de cada resíduo e cópia do plano de análise, sendo que esses deverão estar devidamente assinados por técnico responsável;
- g) descrição dos procedimentos e equipamentos de segurança;
- h) cópia do roteiro geral de inspeção;
- i) plano de contingência;
- j) descrição dos procedimentos, estruturas ou equipamentos a serem usados na unidade para:
 - prevenir riscos em operações de descarregamento;
 - prevenir vazamentos das áreas de manuseio de resíduos perigosos para áreas adjacentes ou meio ambiente, ou para se prevenir contra enchentes;
 - prevenir efeitos ocasionados pelas falhas no equipamento e interrupção de fornecimento de energia elétrica;
 - prevenir exposição indevida de pessoal aos resíduos perigosos;
 - prevenir liberação de gases para o ambiente
- k) descrição das precauções para prevenção de ignição acidental ou reações de resíduos inflamáveis, reativos ou incompatíveis;
- l) descrição do transporte interno, inclusive a indicação em plantas, das vias de tráfego internas;
- m) plano de encerramento e, se aplicável, de pós-encerramento;
- n) os efluentes líquidos deverão, para serem lançados, atender aos limites legais vigentes, tanto federais quanto estaduais, e, obrigatoriamente, garantir o padrão e qualidade do corpo receptor. Os projetos dos sistemas de tratamento deverão ser previamente aprovados pela CETESB.

O responsável ou encarregado deverá registrar qualquer informação pertinente a qualquer escape de resíduos perigosos ou constituintes perigosos, bem como conduzir e fornecer os resultados de amostragem e análise de água superficial e subterrânea, qualidade do ar, camadas superficiais e sub-superficiais do solo, as quais podem incluir execução de poços em lugares a serem estabelecidos pelo órgão do meio ambiente, a fim de determinar se haverá necessidade de uma investigação mais completa.

As unidades de "blending" deverão apresentar locais de recebimento e inspeção onde os resíduos serão pesados e documentados através de registros de recebimento. A análise comprobatória deverá ser efetuada nesta fase.

As operações que constituem o preparo do resíduo incluem a mistura, moagem/trituração, peneiramento e segregação de alguns resíduos incompatíveis.

ANEXO 2

Orientação para o acompanhamento do teste de queima

Orientação para o Acompanhamento do Teste de Queima

Os parâmetros listados a seguir deverão ser monitorados durante o teste de queima e terão limites fixados na licença. Os mesmos foram divididos em dois grupos:

Grupo 1: Parâmetros continuamente monitorados, interligados à interrupção automática de alimentação de resíduos.

- a) temperatura mínima medida no ponto de alimentação do resíduo;
- b) máxima emissão de CO medida na chaminé;
- c) mínima emissão de O₂ medida na chaminé;
- d) máxima emissão de HC medida na chaminé;
- e) ausência de depressão no forno;
- f) taxa de alimentação de matéria prima no forno;
- g) condições operacionais e problemas no sistema de controle de poluição do ar que comprometam a eficiência dos mesmos.

Grupo 2: Os parâmetros abaixo não necessitam ser continuamente monitorados, porém, deverão constar dos registros da instalação.

- a) tamanho máximo do lote de resíduo;
- b) rotação do forno;
- c) taxa de alimentação de resíduo.

ANEXO 3

Restrição para alimentação
de resíduos perigosos em
outro local que não na
zona de queima

Restrição para alimentação de resíduos perigosos em outro local que não na zona de queima.

a- Temperatura Mínima

A temperatura do gás de combustão, previamente determinada, no ponto onde o resíduo será introduzido deverá ser mantida a, no mínimo, 950 °C. Se o resíduo estiver em recipientes e esses forem introduzidos no circuito do forno, o ponto de medida de temperatura é onde ocorre a exposição do resíduo aos gases de combustão.

Deverão ser listados e indicados cada ponto de alimentação de resíduo e as respectivas temperaturas mínimas em cada ponto, sendo que deverá ser apresentada também uma descrição de como foram determinadas as temperaturas nos referidos pontos.

Observação: nos casos de substituição de matéria prima, o ponto de alimentação será definido caso a caso, de acordo com a composição do resíduo.

b- Determinação da taxa de O_2 e CO

O interessado deverá demonstrar que o oxigênio presente é suficiente para queimar o resíduo, mantendo esta determinação documentada como registro, bem como que os níveis de CO estão em conformidade com os exigidos pela CETESB.

c- Tempo de Residência

O interessado deverá demonstrar que, do ponto de alimentação do resíduo até a extremidade onde os gases serão liberados, existirá um tempo de residência dentro do circuito do forno suficiente para garantir a completa destruição dos PCOPs.

d- Monitoramento de HC

Nos fornos de produção de clínquer, deverá ser monitorado o nível de HC, sendo que o limite máximo (na chaminé) é fixado em 20 ppmv.

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ANEXO 4

Normas, procedimentos e Leis Estaduais

Normas, Procedimentos e Leis Estaduais

Normas ABNT :

- NBR10004** — Resíduos Sólidos - Classificação
- PN 1:603.008** — Resíduos Sólidos — Classificação (revisão)
- NB 1265** — Incineração de Resíduos Sólidos Perigosos - Padrão de Desempenho
- NB 98** — Armazenamento e Manuseio de Líquidos Inflamáveis e Combustíveis
- NB 1183** — Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos
- NBR 13221** — Transporte de Resíduos
- NBR 9898** — Preservação e Técnica de Amostragem de Efluentes Líquidos e Corpos Receptores

Normas CETESB :

- L9.221** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação dos Pontos de Amostragem - Procedimento (julho/90).
- L9.222** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação da Velocidade e Vazão dos Gases - Método de Ensaio (maio/92).
- L9.223** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação da Massa Molecular Seca e do Excesso de Ar do Fluxo Gasoso - Método de Ensaio (junho/92).
- L9.224** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação da Umidade dos Efluentes - Método de Ensaio (agosto/93).
- L9.225** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação de Material Particulado - Método de Ensaio (novembro/90).
- L9.228** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação de Dióxido de Enxofre e de Névoas de Ácido Sulfúrico e Trióxido de Enxofre - Método de Ensaio (junho/92).
- L9.229** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação de Óxidos de Nitrogênio - Método de Ensaio (outubro/92).
- E16.030** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Calibração dos Equipamentos Utilizados na Amostragem de Efluentes - Método de Ensaio (maio/91).
- L9.213** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Determinação de Fluoretos pelo Método do Eletrodo de Ion Específico - Método de Ensaio (setembro/95).
- L9.232** — Dutos e Chaminés de Fontes Estacionárias - Amostragem de Efluentes para a Determinação de Compostos Orgânicos Semivoláteis- Método de Ensaio (agosto/90).

Procedimentos EPA:

Método 101 (EPA)-Determination of Particulate and Gaseous Mercury Emissions From Chlor - Alkali Plants -Air Streams.

Método 101-A (EPA) - Determination of Particulate and Gaseous Mercury Emissions from Sewage Sludge Incinerators.

Methodology for the Determination of Metals Emissions in Exhaust Gases from Hazardous Waste Incineration and Similar Combustion Processes (EPA)

Método 0030 - Volatile Organic Sampling Train (VOST) for Volatiles.

Método 0050 - Isokinetic HCl/Cl₂ Emission Sampling Train

Lei Estadual:

Lei 997, de 31/05/76, regulamentada pelo Decreto 8468, de 08/09/76.

CEPESB - CA. DE REG. E CONT. AMBIENTAL
BIBLIOTECA

ANEXO 5

Avaliação de Riscos à
Saúde Humana e ao Meio
Ambiente, CETESB/97

Manual de Orientação
para Elaboração de
Estudos de Análises de
Risco CETESB/94

Avaliação de riscos à saúde humana e ao meio ambiente

CETESB - Maio - 97

1. Introdução

As substâncias químicas entram no meio ambiente durante as operações de produção, distribuição, transporte e consumo dos produtos. Uma substância química pode ser considerada como um poluente perigoso se tiver as seguintes características:

- for produzida em grandes quantidades;
- houverem emissões ambientais;
- tiver tendência elevada à dispersão;
- tiver tendência a bioacumular;
- tiver alta toxicidade.

É portanto necessário que sejam realizados estudos com vistas a prever onde e como as substâncias químicas são transportadas no ambiente, considerando a quantidade e extensão de suas transformações, bem como os níveis de efeitos esperados nos organismos e nos processos ambientais.

Risco pode ser definido como a medida da probabilidade e gravidade de efeitos adversos. Na análise de riscos à saúde humana e ao meio ambiente devem ser estudadas informações da seguinte natureza:

- características químicas, físicas e toxicológicas das substâncias envolvidas;
 - quantidades e formas de distribuição das substâncias no meio ambiente;
 - concentrações tóxicas;
 - transporte das substâncias no ar, água, solo e biota;
 - transformações relacionadas à biodegradação, reações químicas e degradação no meio ambiente.
- Esses dados servem de base para o fornecimento de informações sobre o comportamento da substância de acordo com a sua mobilidade e persistência.

A avaliação de riscos é a caracterização do potencial de efeitos adversos na saúde decorrente da exposição a perigos ambientais. A avaliação dos riscos inclui vários elementos: descrição do potencial de efeitos adversos na saúde baseada na avaliação dos resultados de pesquisas epidemiológicas, clínicas, toxicológicas e ambientais; extrapolação desses resultados para previsão do tipo e estimativa da extensão dos efeitos na saúde humana em condições específicas de exposição; julgamento quanto ao número e características das pessoas expostas às várias intensidades de exposição e tempo; e, parecer sobre a existência e a magnitude dos problemas de saúde pública. A avaliação dos riscos também deve incluir a caracterização das incertezas no processo.

2. Etapas da avaliação de riscos

A avaliação de riscos pode ser dividida em quatro etapas principais:

- identificação dos perigos;
- avaliação de toxicidade;
- avaliação da exposição;
- caracterização dos riscos.

2.1 Identificação dos perigos

Essa etapa compreende a identificação dos contaminantes presentes no meio ambiente (ar, água e solo), de modo a se caracterizar a potencialidade de ocorrerem efeitos adversos à saúde humana.

Assim, nesta etapa deverão ser levantadas as seguintes informações:

- Substâncias
 - características físico-químicas e toxicológicas;
 - quantidades emitidas pelas diferentes fontes.

- Região no entorno das fontes:
 - informações meteorológicas;
 - características fisiográficas (topografia, dados hidrológicos, etc.)
 - dados populacionais.

2.2 Avaliação de toxicidade

Na avaliação de toxicidade devem ser considerados dados provenientes de pesquisas e testes de efeitos das substâncias químicas na saúde das pessoas e animais, de modo a se avaliar quais contaminantes identificados podem representar risco à saúde das pessoas expostas.

2.3 Avaliação da exposição

A avaliação da exposição é o processo de medida ou estimativa da intensidade, frequência e duração das exposições ao agente presente no ambiente. Na forma mais completa, esta avaliação deve descrever a magnitude, duração e via de exposição, bem como o tamanho, a natureza e as classes das populações expostas; e ainda, as incertezas nas estimativas realizadas.

Devem ser consideradas as seguintes variáveis: intensidade da exposição, padrão de exposição segundo a idade, e outras variáveis que podem afetar a resposta, tais como sexo, estilo de vida e outros fatores modificadores.

2.4 Caracterização dos riscos

A caracterização dos riscos é o processo que tem por finalidade estimar a incidência dos efeitos na saúde sob várias condições de exposição, descritas na etapa anterior. Essa etapa é então realizada combinando-se as avaliações de toxicidade e de exposição.

Os riscos, caracterizados e estimados, devem ser comparados com valores de referência internacionalmente reconhecidos, de modo a subsidiar o julgamento quanto a sua tolerabilidade ou não, visando a adoção de medidas para a sua redução, caso necessário. Essas medidas para a redução dos riscos envolvem a implementação de ações contemplando alterações tecnológicas, redução da exposição, substituição de produtos e ações de remediação de locais contaminados, entre outras.

Para os riscos considerados toleráveis devem ser definidas ações voltadas ao *gerenciamento dos riscos*, de modo que as fontes de poluição mantenham suas operações dentro dos padrões requeridos ao longo de sua vida útil.

O fluxograma a seguir apresenta a sequência das etapas contempladas num estudo de avaliação de riscos à saúde humana e meio ambiente.

3. Referências bibliográficas

EPA. *Risk Assessment in Superfund: A Primer*; 1st ed.; USA, 1990.

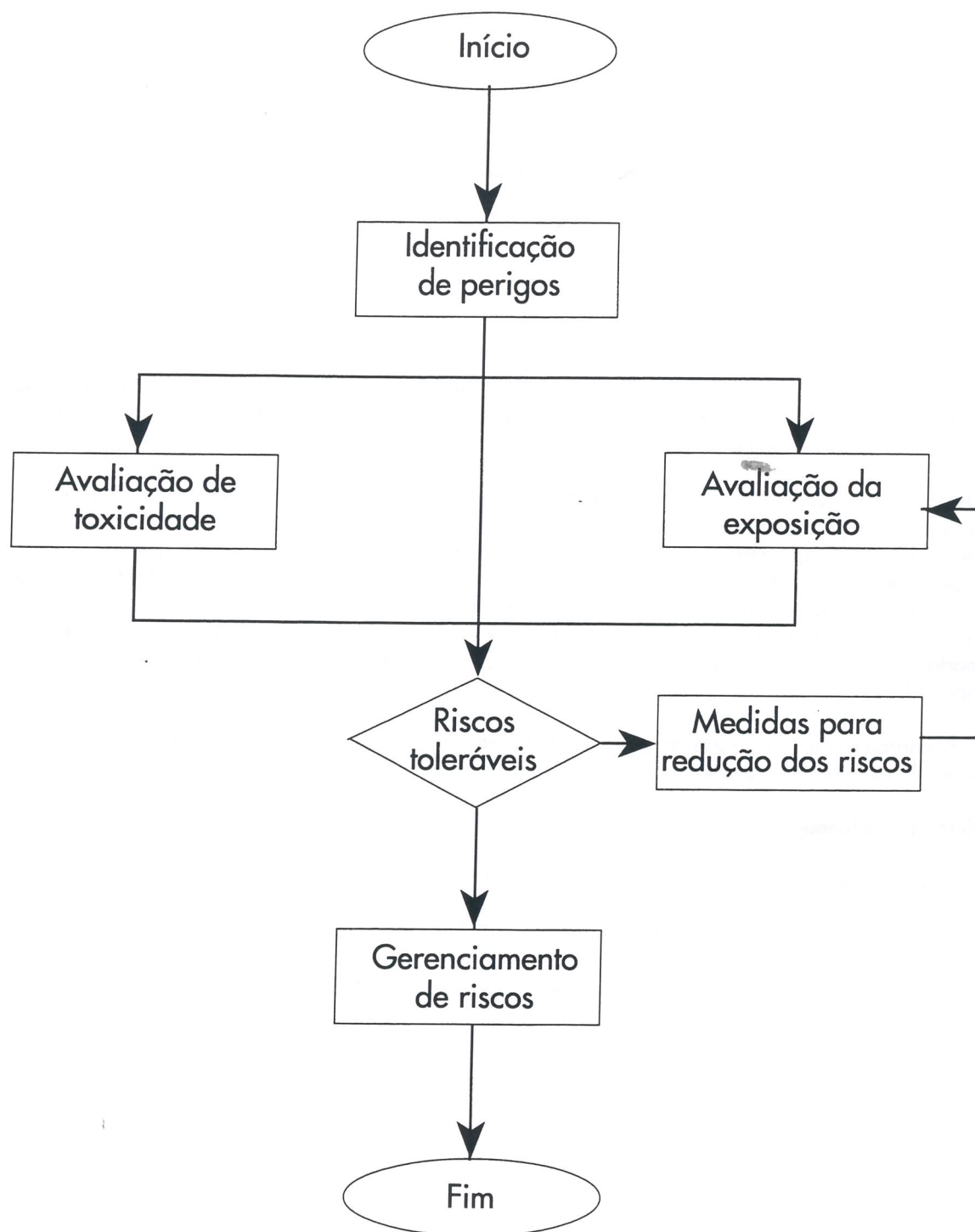
FERNÍCOLA, Nilda A. G. G. *Avaliação de risco*. CETESB, São Paulo, 1996.

CONWAY, R. A. *Environmental risk analysis for chemicals*. Van Nostrand Reinhold, USA, 1982.

4. Equipe técnica

- Divisão de Tecnologia de Riscos Ambientais
Ricardo Rodrigues Serpa
- Setor de Análise de Riscos
José Carlos de Moura Xavier
Nilda A. G. G. Fernícola

Etapas do Estudo de Avaliação de Riscos



CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Manual de orientação para a elaboração de estudos de análises de riscos CETESB - 1994

1. INTRODUÇÃO

Os constantes acidentes envolvendo o setor industrial nas áreas relacionadas ao transporte, armazenamento e processamento de substâncias químicas e petroquímicas, têm sido fonte permanente de preocupação dos profissionais ligados à segurança, saúde e meio ambiente, na busca de instrumentos cada vez mais eficazes para a prevenção e controle desses eventos.

O gerenciamento dos riscos de um empreendimento requer o desenvolvimento de estudos específicos, através da utilização de técnicas estruturadas, com o objetivo de identificar e analisar perigos e avaliar os riscos de acidentes e seus efeitos sobre o meio ambiente e a saúde pública, visando a implementação de medidas mitigadoras para o controle dessas situações.

De maneira geral, o *Risco* pode ser definido como função da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e das consequências ocasionadas pelo mesmo, em termos de danos ao homem, perdas financeiras e/ou impactos ao meio ambiente.

A existência de técnicas avançadas para a avaliação de riscos tem proporcionado ao governo e às indústrias a possibilidade de, em conjunto, gerenciarem soluções técnicas para a administração dos mesmos. Tais técnicas são importantes instrumentos para a previsão do comportamento de plantas industriais complexas, possibilitando a identificação de anomalias no funcionamento de seus sistemas, propiciando assim os subsídios necessários para a definição de alternativas para compatibilizar os aspectos de segurança e do meio ambiente com os objetivos de produção.

Desta forma, a CETESB, com base na experiência adquirida ao longo dos últimos anos na área de *Prevenção e Gerenciamento de Riscos*, desenvolveu este manual, procurando colocar à disposição dos interessados ou envolvidos com o assunto, um material técnico de teor informativo, contemplando as informações básicas para a elaboração de estudos de análise de riscos em atividades industriais.

Deve-se ressaltar que o material aqui apresentado não pretende esgotar o assunto, carecendo portanto de aperfeiçoamento, que só virá com a experiência e o conhecimento adquiridos ao longo do tempo e que está diretamente relacionado às condições específicas e peculiaridades dos sistemas a serem estudados, bem como das diferentes regiões onde os mesmos estiverem localizados.

2. OBJETIVO

O presente manual tem por objetivo fornecer as orientações básicas para a elaboração de estudos de análise de riscos em atividades industriais, propiciando um entendimento geral sobre o tema, e ainda, apresentar a visão da CETESB no tocante à interpretação e avaliação desses estudos.

Desta forma, a avaliação dos riscos por parte da CETESB ficará restrita aos danos à população e ao meio ambiente *externos* ao empreendimento em análise, não contemplando, por exemplo, riscos à saúde e à segurança dos trabalhadores ou danos aos bens patrimoniais das instalações analisadas.

Entende-se por consequências externas, os danos causados às pessoas (mortes e lesões) e os impactos ao meio ambiente nas áreas circunvizinhas, situadas além dos limites físicos da instalação envolvida.

O roteiro aqui proposto tem como base um termo de referência único, que poderá ser adotado independentemente do estágio em que se encontra um determinado empreendimento perante ao atual sistema de licenciamento ambiental vigente no Estado de São Paulo.

Deve-se ressaltar que, de acordo com as características do empreendimento, esse termo de referência poderá sofrer eventuais alterações em termos de detalhamento do estudo.

Cabe ainda lembrar que este manual não deve ser utilizado como um guia obrigatório a ser adotado quando da elaboração desses estudos, uma vez que cada empreendimento deve ser analisado de forma específica. Assim, um determinado estudo poderá ser elaborado através de uma outra estrutura e com a aplicação de técnicas diferenciadas, independentemente do proposto neste documento, o qual, como já comentado, deve ser utilizado como um manual básico de orientação.

3. ESTRUTURA DE ESTUDOS DE ANÁLISE DE RISCOS

Em geral, os estudos de análise de riscos, constituem-se de seis etapas, a saber:

- a) Caracterização do Empreendimento;
- b) Classificação do Perigo Potencial;
- c) Identificação de Perigos;
- d) Análise de Conseqüências e Avaliação de Vulnerabilidade;
- e) Estimativa de Frequências;
- f) Avaliação e Gerenciamento de Riscos.

A Figura 1, que segue, apresenta a seqüência de desenvolvimento dessas etapas.

3.1 Caracterização do Empreendimento e da Região

O primeiro passo para a realização de um estudo de análise de riscos é a compilação de dados relativos às características do empreendimento necessários para o desenvolvimento do trabalho.

Estes dados são de especial importância para que seja possível caracterizar o empreendimento, contemplando seus aspectos construtivos e operacionais, além das peculiaridades da região onde o mesmo se encontra ou será instalado.

A caracterização do empreendimento deverá incluir o levantamento dos seguintes dados:

- a) Localização e descrição física e geográfica da região, incluindo a proximidade a mananciais, áreas litorâneas, sistemas viários, cruzamentos e/ou interferências com outros sistemas existentes, etc.
- b) Distribuição populacional da região.
- c) Características climáticas e meteorológicas da região.
- d) Descrição física, lay-out da instalação.
- f) Substâncias envolvidas, incluindo quantidades, formas de movimentação e de manipulação, formas e condições de armazenamento, características físico-químicas e toxicológicas. Devem ser consideradas como *substâncias envolvidas* as matérias-primas, os produtos auxiliares, intermediários e finais, bem como os resíduos, insumos e utilidades.
- g) Descrição das operações, incluindo as rotinas operacionais, de manutenção e de segurança, bem como a apresentação de plantas baixas das unidades e fluxogramas de processos, de instrumentação e de tubulações.

Em se tratando de transporte, como por exemplo através de sistemas de dutos, uma vez que estes percorrem distâncias variadas, as interferências existentes no trajeto, bem como as características das áreas sob sua influência, deverão ser identificadas e descritas ao longo de todo o percurso.

3.2 Classificação do Perigo Potencial

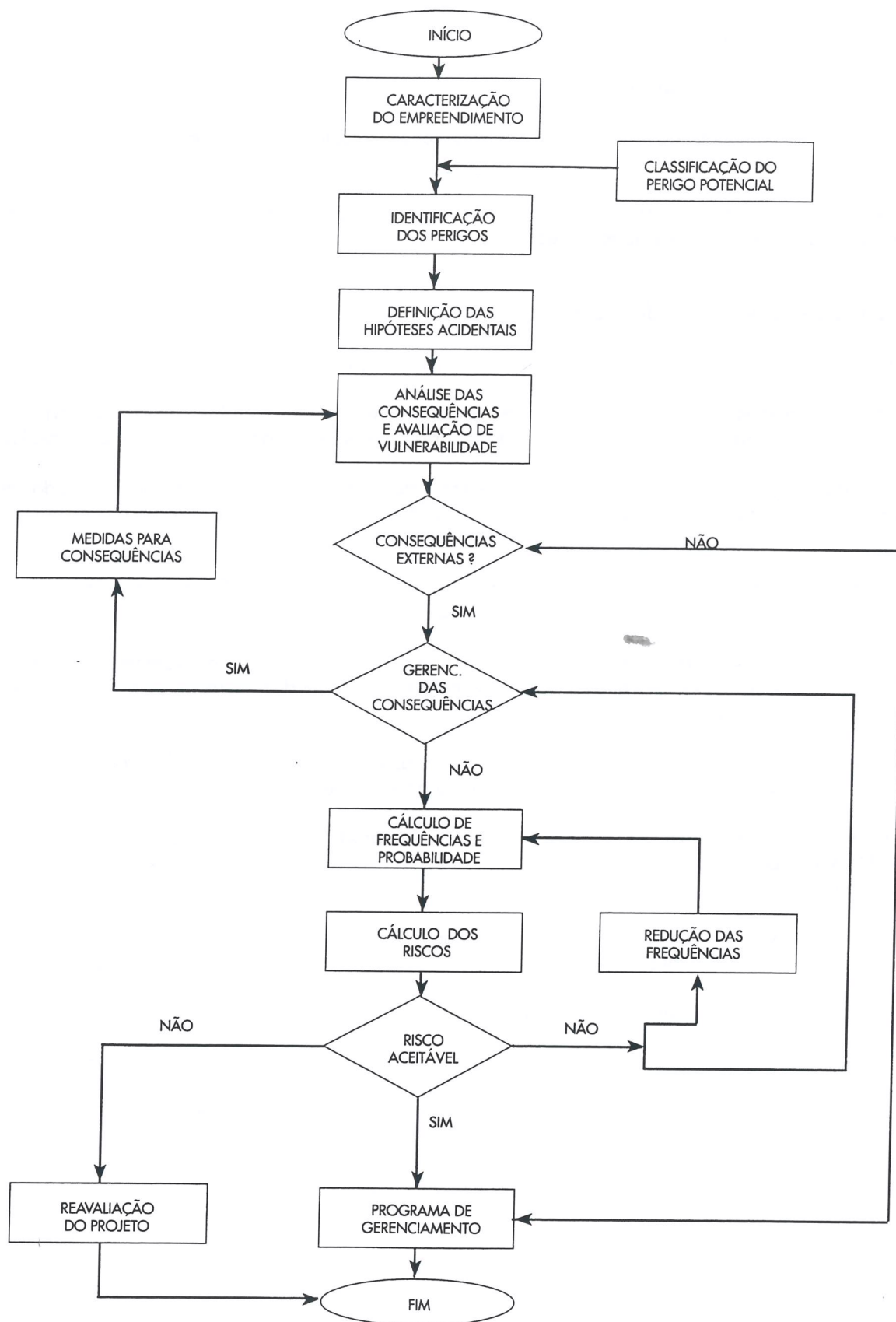
A classificação do perigo potencial constitui a segunda etapa para a realização do estudo e tem por finalidade classificar o nível de periculosidade do empreendimento ou da atividade a ser estudado.

Vale ressaltar que a realização desta etapa não é obrigatória em todos os estudos desse tipo, uma vez que, independentemente de uma avaliação prévia do perigo potencial do empreendimento, outros critérios podem nortear o escopo do estudo a ser elaborado.

Existem diversas metodologias para a classificação do potencial de geração de acidentes. Os métodos utilizados permitem graduar o nível de perigo, a partir dos principais fatores que intervêm no sistema, tais como:

- a) *Substâncias envolvidas, considerando:*
 - toxicidade;
 - inflamabilidade;
 - explosividade;
 - reatividade;
 - quantidades manipuladas, etc.

Figura 1 - Etapas para a elaboração de um Estudo de Análise de Riscos



b) *Condições de processo e/ou armazenamento:*

- vazão;
- pressão;
- temperatura, etc.

c) *Vulnerabilidade das áreas circunvizinhas.*

A partir da determinação do nível de perigo do empreendimento, torna-se possível estabelecer a abrangência e o tipo de estudo a ser realizado.

Entre os diversos métodos existentes para a caracterização do perigo potencial de um empreendimento pode-se destacar três internacionalmente reconhecidos:

3.2.1 Índice Dow de Incêndio e Explosão

O Índice Dow de Incêndio e Explosão fornece uma classificação relativa do perigo do empreendimento.

A base do método consiste na subdivisão das plantas em unidades, consideradas como partes de todo o processo, nas quais são aplicados determinados fatores para obtenção do Índice de Incêndio e Explosão.

Esse índice é obtido determinando-se primeiramente o Fator de Material. Esse fator é uma medida da intensidade da energia liberada por uma substância química ou mistura de substâncias, levando-se em consideração os riscos de inflamabilidade e de reatividade do material.

Tendo sido determinado o Fator de Material, o passo seguinte é calcular o Fator de Risco da Unidade, que é obtido através dos Riscos Gerais e dos Riscos Específicos do Processo.

Os Riscos Gerais do Processo relacionam-se com o tipo de processo, mais especificamente à operação química que é executada na unidade em análise, como tratamentos e mudanças de fase, reações contínuas ou descontínuas, multiplicidade de reações, etc.

Os Riscos Específicos do Processo relacionam-se com as condições particulares do processo, como pressão, temperatura, concentração, velocidade de reação, quantidade de combustível, etc.

O Índice de Incêndio e Explosão é então obtido através do produto entre o Fator de Risco da Unidade e o Fator de Material, fornecendo também o Raio de Exposição, ou seja, a área provável de exposição a um incêndio ou a uma explosão.

Com base no valor do Índice de Incêndio e Explosão é então possível classificar o empreendimento de acordo com o seu perigo potencial em cinco níveis: pequeno; moderado; intermediário; grande e severo.

3.2.2 Índice Mond de Incêndio, Explosão e Toxicidade

O Índice Mond está intimamente relacionado ao Índice Dow de Incêndio e Explosão, uma vez que é uma extensão deste. A diferença básica entre os dois métodos é que o Índice Mond inclui, além dos fatores inflamabilidade, de reatividade e a toxicidade da substância manipulada na unidade em análise.

O Índice Mond pode ser aplicado a todos os tipos de operações de processo (excluindo a fabricação de explosivos), além de terminais de estocagem e atividades similares. É particularmente aplicável às operações de carga e descarga e também pode ser utilizado para avaliar os perigos potenciais associados a falhas no transporte ou na transferência de substâncias por tubulações.

O primeiro passo para a determinação do índice é dividir a planta ou instalação em unidades.

Cada unidade é então examinada, a fim de se identificar todas as substâncias presentes e as operações realizadas.

Também devem ser selecionadas todas as substâncias ou misturas de substâncias que apresentam um perigo potencial, baseado nos graus de inflamabilidade e nas quantidades presentes.

A partir daí, uma substância é eleita como **substância-chave**, de acordo com sua potencialidade em gerar um perigo maior.

Os fatores inicialmente observados são: fator de material, perigos especiais dos materiais, perigos gerais do processo, perigos especiais do processo, quantidade da substância-chave, perigos relativos ao layout e à toxicidade.

Em seguida, uma série de fatores de compensação são avaliados, tomando-se por base as medidas de segurança existentes ou previstas para a unidade, bem como as rotinas de operação e de manutenção realizadas.

A combinação desses fatores de compensação com a quantificação inicial do risco permite uma avaliação representativa do potencial de perigo da unidade.

3.2.3 Diretriz de Seveso

A Diretriz Européia 82/501/CEE, conhecida como Diretriz de Seveso, é composta de 21 artigos e foi elaborada após a ocorrência de alguns acidentes industriais na Europa, dentre os quais pode-se destacar o de Flixborough (1974, Inglaterra) e o de Seveso (1976, Itália).

O critério básico da Diretriz de Seveso para a classificação do perigo potencial de uma instalação é a presença, na mesma, de substâncias tóxicas, inflamáveis e explosivas, em quantidades superiores a níveis pré-estabelecidos.

A Diretriz fornece uma lista de 178 substâncias e suas respectivas quantidades. Essas quantidades foram estabelecidas segundo um critério isotraumático, ou seja, baseado em danos equivalentes. Isto significa que, quanto mais uma substância for, por exemplo, tóxica, tanto menor deverá ser a quantidade a ser manipulada.

O Artigo 5 da Diretriz contém as informações que deverão ser obtidas para a sua aplicação, tais como: informações relativas às substâncias; dados da unidade em estudo e referentes a eventuais acidentes relevantes.

Nos anexos 1, 2, 3 e 4 da Diretriz encontram-se especificadas as instalações onde a mesma se aplica, bem como estão definidos os critérios para classificação da periculosidade das substâncias e as quantidades associadas a cada uma destas, a partir da qual uma instalação configura um alto perigo potencial.

Assim, a partir da aplicação de metodologias como os Índices Dow e Mond e a Diretriz de Seveso ou de outras similares, é possível classificar o potencial de perigo do empreendimento a ser estudado, possibilitando a definição da metodologia a ser utilizada no estudo.

3.3 Identificação de Perigos

A Identificação de Perigos é a terceira etapa a ser desenvolvida para a elaboração de um estudo de análise de riscos. Esta etapa consiste na aplicação de técnicas estruturadas para a identificação das possíveis seqüências de acidentes, de forma que possam ser definidas as hipóteses acidentais mais significativas a serem estudadas detalhadamente.

Muitos são os métodos e técnicas disponíveis e, dependendo do empreendimento a ser analisado e do detalhamento necessário, deve-se utilizar as metodologias mais adequadas para o caso em estudo.

Esta etapa poderá ser elaborada de quatro formas, distintas ou integradas, de acordo com a necessidade apresentada e a complexidade do empreendimento em análise. São elas:

a) Análise Crítica do Empreendimento

Consiste na realização de levantamentos em campo e na análise de normas e projetos, de modo que a equipe de trabalho se familiarize com a instalação a ser estudada, bem como com a estrutura organizacional do empreendimento, além de avaliar os procedimentos operacionais, de manutenção e de segurança, a fim de identificar os principais focos geradores de acidentes nas rotinas de trabalho.

b) Análise Histórica de Acidentes

Consiste na associação dos perigos identificados na análise crítica com os resultados de uma análise da casuística de acidentes ocorridos em instalações similares, normalmente desenvolvida através de consulta a banco de dados de acidentes ou a referências bibliográficas específicas.

c) Aplicação de Técnicas para Identificação de Perigos

Consiste na elaboração de um estudo analítico da instalação, através de técnicas estruturadas para a detecção de falhas e de eventos indesejados, que poderão ocorrer na instalação.

d) Definição de Hipóteses Acidentais

Consiste na associação dos perigos identificados quando da aplicação das técnicas estruturadas aos resultados obtidos na análise histórica de acidentes, de modo que possam ser definidos os principais eventos geradores de acidentes na instalação.

3.3.1 Análise Crítica do Empreendimento

A análise crítica do empreendimento compreende o entendimento de todos os processos de uma instalação, sua interdependência, os inventários e condições dos materiais. Esta análise deve descrever a instalação como ela realmente opera e pode ser obtida através de entrevistas com o pessoal operacional e de manutenção, bem como através de inspeções locais. Dessa forma, ela se aplica unicamente às instalações existentes.

A análise crítica é de fundamental importância, uma vez que orienta a equipe responsável pela elaboração do estudo para um conhecimento completo da instalação a ser analisada. As informações geralmente levantadas nessa análise constituem-se de:

- Normas de projeto;
- Química do processo: incluindo a sua descrição, parâmetros operacionais específicos e reações sob condições normais e anormais;
- Utilidades (vapor, refrigeração, ar de instrumentação e outros);
- Especificação de equipamentos, instrumentação e tubulações;
- Sistemas de tratamento de efluentes e resíduos;
- Sistemas de drenagem e de água para combate a incêndios;
- Normas e instruções de operação;
- Sistemas de operação (níveis dos inventários, esquemas de operação, partida e parada, treinamento de operadores e política de segurança);
- Equipamentos de segurança (proteção contra incêndios, alívios de emergência, sistemas de intertravamentos e alarmes, entre outros);
- Filosofia e programas de manutenção;
- Fontes de ignição (chamas abertas, fontes elétricas, superfícies quentes, efeitos de atritos, decomposições rápidas de materiais instáveis).

3.3.2 Análise Histórica de Acidentes

A Análise Histórica de Acidentes constitui-se numa avaliação da casuística de acidentes ocorridos na própria instalação em estudo ou em instalações similares.

A análise deve ser realizada através de consulta, a nível nacional e internacional, à literatura especializada e/ou a banco de dados específicos, contemplando a avaliação de acidentes em instalações congêneres.

Em muitos casos, a Análise Histórica de Acidentes é uma **ferramenta** importante para a identificação dos perigos, já que pode fornecer informações sobre:

- Acidentes envolvendo condições operacionais que levaram à perdas totais ou parciais do sistema;
- Acidentes com conseqüências relevantes, como danos às pessoas dentro ou fora da instalação e/ou danos ao meio ambiente.

Uma Análise Histórica de acidentes tem por objetivo:

- Identificar os perigos em atividades industriais;
 - Identificar as causas básicas dos acidentes;
 - Levantar tendências históricas e probabilidades de ocorrência de acidentes;
 - Aferir os resultados de simulações de modelos de cálculos;
 - Auxiliar no desenvolvimento de árvores de eventos.
- Da Análise Histórica poderão ser extraídas:

- As tipologias dos acidentes;
- As causas dos acidentes;
- A magnitude das conseqüências.

Os resultados obtidos deverão ser trabalhados estatisticamente, fornecendo como resultado final uma lista dos principais eventos iniciadores de acidentes.

É importante que o universo dos acidentes pesquisados seja o mais recente possível e, de preferência, abrangendo um período mínimo de dez anos, sendo relevante o fornecimento das fontes consultadas, bem como o critério adotado para a seleção dos acidentes considerados.

3.3.3 Aplicação de Técnicas para Identificação de Perigos

Várias são as técnicas e métodos que podem ser utilizados para a Identificação de Perigos. Cabe lembrar que cada caso deverá ser analisado de forma específica, razão pela qual esta etapa poderá ser realizada através das técnicas aqui apresentadas ou com base em outras metodologias; ou ainda, através de combinações destas.

As técnicas normalmente utilizadas para a identificação de perigos são:

- Listas de Verificação (Checklists);
- Análise "E Se ... ?" ("What If ... ?");
- Análise Preliminar de Perigos (APP)
- Análise de Modos de Falhas, Efeitos e Criticidade (AMFEC);
- Estudos de Perigos e Operabilidade (HazOp).

Essas técnicas serão sucintamente apresentadas nesse manual, razão pela qual, para um melhor entendimento sobre a aplicação das mesmas, deverão ser consultadas bibliografias específicas

3.3.3.1 Listas de Verificação - Checklists

As Listas de Verificação ou Checklists consistem na elaboração de uma seqüência lógica de perguntas, a fim de se avaliar as condições de segurança de um sistema, através das suas condições físicas e das rotinas praticadas.

O Checklist é útil em auditorias e pode ser usado em todas as fases de um projeto para uma identificação simples e rápida dos perigos envolvidos, bem como durante a fase de construção, para assegurar a qualidade do trabalho e a concordância com as especificações de projeto.

O método é particularmente útil para o acompanhamento dos procedimentos de partida e de parada de um sistema, e também para avaliar as condições em que se encontram instalações, equipamentos, materiais, matérias-primas ou produtos acabados.

A Lista de Verificação deve ser aplicada através da utilização de formulários elaborados especificamente para os fins a que se destinam. Tais formulários devem ser claros e ordenados, contendo perguntas objetivas, de modo a estimular o raciocínio de quem os está utilizando.

O item 5 apresenta um exemplo de uma Lista de Verificação (Checklist).

3.3.3.2 Análise "E Se ... ?" - "What If ... ?"

A Análise "E Se ... ?" tem por objetivo analisar criteriosamente a ocorrência de eventos inesperados que possam resultar em conseqüências adversas.

O método contempla o exame de possíveis anomalias no projeto, na construção, em alterações ou operações, através de perguntas que se iniciam pelo termo "E Se ... ". As perguntas sugerem, basicamente, um evento inicial, como por exemplo uma falha, a partir da qual uma seqüência de eventos indesejáveis possa ocorrer. Como exemplo, a seguinte pergunta pode ser formulada:

"E se a matéria-prima for adicionada na concentração errada ?"

A equipe deverá então determinar como o processo responderá e, a partir da resposta, sugerir a adoção de medidas de controle ou de proteção.

As perguntas podem referir-se a qualquer anomalia relacionada à planta e não apenas às falhas de componentes ou variações do processo.

A análise "E Se ... ?" pode ser empregada em plantas existentes, durante a fase de desenvolvimento de um processo ou na fase de pré-partida. Uma aplicação comum dessa análise refere-se às mudanças em plantas existentes.

No item 5 encontra-se um exemplo da planilha utilizada na Análise "E Se ... ?".

3.3.3.3 APP - Análise Preliminar de Perigos

A APP - Análise Preliminar de Perigos (PHA - Preliminary Hazard Analysis) é um método qualitativo para identificação de perigos que teve origem e que, ainda hoje, faz parte do programa de segurança militar do Departamento de Defesa dos EUA.

Trata-se de um procedimento que tem por objetivo realizar uma identificação prévia dos perigos de um empreendimento, durante as fases de desenvolvimento, implantação e operação.

A APP deve focalizar os materiais perigosos e os principais elementos do sistema, desde que estejam disponíveis alguns detalhes do projeto.

O método deve ser considerado como uma análise preliminar de uma avaliação mais detalhada a ser realizada posteriormente.

Assim, enquanto o projeto se desenvolve, os principais perigos podem ser identificados, eliminados, minimizados ou controlados praticamente desde o início.

Os resultados da APP são registrados numa planilha padrão (Anexo I) onde são apontados os perigos identificados, suas causas e seus respectivos efeitos, bem como as categorias de perigo correspondentes e eventuais medidas preventivas ou corretivas sugeridas.

As categorias de perigo normalmente utilizadas são apresentadas na Tabela I que segue:

Tabela I - APP - Categorias de Perigo

GRAU	CATEGORIA	EFEITOS
I	Desprezível	Falha que não irá resultar na degradação do sistema, nem irá produzir danos ou lesões aos funcionários.
II	Marginal ou Limitrofe	Falha que irá degradar o sistema numa certa extensão, porém sem comprometê-lo seriamente, nem causar lesões graves (danos controláveis).
III	Crítica	Falha que causará danos substanciais ao sistema, provocando lesões e resultando em risco inaceitável (ações preventivas e corretivas imediatas são requeridas).
IV	Catastrófica	Falha que produzirá severa degradação do sistema, resultando em sua perda total, ou ainda, em lesões graves e mortes (ações preventivas e corretivas imediatas são requeridas).

3.3.3.4 AMFEC - Análise de Modos de Falhas, Efeitos e Criticidade

A AMFEC (FMECA - Failure Modes, Effects and Criticality Analysis) é uma técnica desenvolvida para a análise de falhas de componentes. Permite analisar como podem falhar os componentes de um equipamento ou de um sistema, determinando os efeitos que poderão advir dessas falhas e, conseqüentemente, estabelecer as mudanças que deverão ser feitas para aumentar a probabilidade de que o sistema ou equipamento funcione de maneira satisfatória.

Trata-se de uma técnica de análise do tipo indutiva, consistindo na identificação de uma falha hipotética de um componente para avaliação do efeito resultante sobre o sistema em análise.

As informações geradas são, normalmente, apresentadas em forma de tabela (Anexo I), contendo uma descrição do componente, do modo de falha, suas causas e os efeitos sobre o sistema, bem como a classificação da criticidade dos efeitos gerados. Na Tabela II é apresentada a classificação de criticidade para a AMFEC.

A criticidade dos efeitos produzidos pelas falhas normalmente variam de **baixa**, para falhas que produzem um efeito não desejado que não esteja relacionado com a segurança, até **extrema**, para falhas que produzem efeitos que possam levar à conseqüências mais graves.

A natureza dos resultados obtidos na AMFEC é qualitativa, podendo também ser quantitativa, caso os dados de taxas de falhas estejam disponíveis.

A estimativa das taxas de falha é, em geral, feita através de consultas a bancos de dados de confiabilidade desenvolvidos a partir de testes realizados pelos fabricantes dos componentes ou pela comparação com equipamentos ou sistemas similares

Tabela II - AMFEC - Classificação de Criticidade

CRITICIDADE	EFEITOS
1	nenhum
2	Falhas pequenas no processo, perigos não significativos à planta e às pessoas. Necessária a paralisação do sistema
3	Falhas pequenas no processo, perigos não significativos à planta e às pessoas. Necessária a paralisação da operação.
4	Perigo imediato à planta e às pessoas; necessária paralisação de emergência.

Freqüentemente, surgem vários modos de falha para um único componente, sendo que uns poderão gerar acidentes, enquanto que outros não. A probabilidade de falha do sistema deverá então ser definida considerando a probabilidade total, ou seja, de todos os modos de falha identificados.

3.3.3.5 HazOp - Estudo de Perigos e Operabilidade

A palavra HazOp origina-se do inglês Hazard and Operability Study. É uma técnica para identificação de perigos projetada para estudar possíveis desvios (anomalias) de projeto ou na operação de uma instalação.

O HazOp consiste na realização de uma revisão da instalação, a fim de identificar perigos potenciais e/ou problemas de operabilidade por meio de uma série de reuniões, durante as quais uma equipe multidisciplinar discute metodicamente o projeto da planta. O líder da equipe orienta o grupo através de um conjunto de *palavras-guias* que focalizam os desvios dos *parâmetros* estabelecidos no processo ou na operação.

O estudo HazOp requer a divisão da planta em pontos de estudo (nós) entre os quais encontram-se seus componentes, como bombas, vasos, trocadores de calor, etc.

A equipe deve começar o estudo pelo início do processo, prosseguindo a análise no sentido do seu fluxo natural, aplicando as palavras-guias em cada nó de estudo, de forma a identificar os problemas potenciais nesses pontos.

A equipe deve identificar as causas de cada desvio e, caso surja uma consequência de interesse, devem ser avaliados os sistemas de proteção para determinar se estes são suficientes. A técnica é repetida até que cada seção do processo e equipamento de interesse tenha sido analisado.

Em novos empreendimentos o HazOp deve ser aplicado na fase em que o projeto se encontra razoavelmente consolidado, pois o método requer consultas a desenhos de fabricação, P&ID's e plantas de disposição física da instalação, entre outros documentos.

Alguns exemplos de palavras-guias, parâmetros de processo e desvios, estão apresentados na Tabela III.

O item 5 apresenta um exemplo de planilha para aplicação de HazOp.

Tabela III - Palavras-Guias, Parâmetros e Desvios de Processo

DESVIO	PALAVRA-GUIA	PARÂMETRO
mais	pressão	mais pressão
menos	temperatura	menos temperatura
nenhum	fluxo	nenhum fluxo

3.3.4 Definição de Hipóteses Acidentais

A partir da aplicação das técnicas para identificação de perigos é possível obter-se um número razoável de eventos indesejáveis, passíveis de ocorrerem no empreendimento em estudo. Tais eventos podem ser divididos em:

- Eventos menores, que produzem efeitos localizados, restritos à uma área específica do empreendimento;
- Eventos significativos, que produzem efeitos consideráveis em uma ou mais partes do empreendimento, porém restritos aos limites deste;
- Eventos maiores, que produzem efeitos graves, externos ao empreendimento, atingindo a comunidade e o meio ambiente.

De maneira geral, grande parte dos eventos identificados não têm um valor significativo em termos de consequências, não necessitando assim de uma avaliação posterior.

Desta forma, a definição das hipóteses acidentais auxilia na redução do tempo e, conseqüentemente, dos gastos, uma vez que consiste em selecionar os eventos identificados limitando-os a um número adequado para a realização das avaliações posteriores.

A definição das hipóteses acidentais se dá através da revisão de todos os eventos anteriormente listados, a fim de identificar aqueles que, por suas características, não necessitam ser avaliados detalhadamente. Da mesma forma, eventos redundantes ou muito similares devem ser reduzidos à uma única hipótese acidental. Através dessa

triagem e comparando os eventos selecionados com os dados obtidos na análise histórica de acidentes, é possível elaborar uma segunda lista reduzida de hipóteses, porém significativa. Vale ressaltar que, embora alguns eventos possam parecer insignificantes, estes devem ser avaliados quanto ao eventual desencadeamento de outros eventos maiores, que possam acarretar a ocorrência de reações em cadeia do tipo *Efeito Dominó*. Portanto, eventos desta espécie deverão também ser definidos como hipóteses acidentais.

3.4 Análise de Conseqüências e Avaliação de Vulnerabilidade

Esta etapa tem por objetivo analisar as possíveis conseqüências decorrentes das hipóteses acidentais identificadas na etapa anterior.

Para a identificação das seqüências acidentais e definição das tipologias dos acidentes, normalmente emprega-se a técnica Análise de Árvore de Eventos.

Também a utilização de modelos que simulem as conseqüências de liberações acidentais de produtos químicos no meio ambiente é condição fundamental para uma adequada avaliação dos danos.

Os resultados obtidos são então analisados em termos de vulnerabilidade da área circunvizinha à instalação, observados fatores como, população, tipos de edificações e proximidade a corpos d'água, entre outros.

Assim, esta avaliação deverá ser realizada de três formas distintas, conforme segue:

3.4.1 AAE - Análise de Árvore de Eventos

A Análise de Árvore de Eventos é uma técnica indutiva utilizada para avaliar as seqüências acidentais (vazamentos, incêndios, explosões) de um evento denominado *Evento Inicial*, que pode ser gerado devido a uma falha específica num equipamento de um sistema, no colapso de um processo ou mesmo devido a erros operacionais.

A técnica pode ser utilizada na fase de projeto para avaliar um acidente potencial resultante de um evento inicial postulado. Também pode ser aplicada durante a fase de operação para a avaliação da eficiência dos sistemas de segurança existentes.

As Árvores de Eventos descrevem a seqüência dos fatos que se desenvolvem a partir do evento inicial escolhido, prevendo situações de *sucesso* ou *falha*, de acordo com as interferências existentes, até a conclusão da mesma com a determinação das possíveis conseqüências. As interferências referem-se às ações, situações ou mesmo equipamentos existentes no sistema, as quais se relacionam com o evento inicial, podendo acarretar diferentes *caminhos* para o desenvolvimento da ocorrência, gerando portanto diferentes conseqüências.

É importante ressaltar que a Árvore de Eventos não deverá ser desenvolvida isoladamente, uma vez que a mesma utiliza dados de entrada de etapas anteriores de um estudo de análise de riscos e produz como resultados informações que deverão ser analisadas posteriormente.

Para o desenvolvimento de uma Árvore de Eventos, quatro estágios devem ser desenvolvidos, a saber:

- a. Identificação do Evento Inicial;
- b. Identificação das Interferências;
- c. Construção da Árvore;
- d. Descrição das Conseqüências.

Os resultados fornecidos pela árvore de eventos são, em geral, qualitativos, podendo, no entanto serem quantitativos, caso os dados probabilísticos estejam disponíveis. A quantificação da árvore é útil para a determinação das freqüências de ocorrência das conseqüências.

Deve-se ressaltar que, como em cada ramificação da árvore só existem duas possibilidades, *sucesso* ou *falha*, as probabilidades de cada ramo são sempre complementares, isto é, somam 1.0 (100%).

Em geral, as Árvores de Eventos conduzem a caminhos bastante precisos entre o evento inicial e os eventos finais, analisando as diversas interferências ou contribuições existentes ao longo dos diferentes percursos. No item 5 está apresentado um exemplo de Árvore de Eventos.

3.4.2 Análise de Conseqüências

A Análise de Conseqüências consiste na aplicação de modelos matemáticos para a representação dos fenômenos decorrentes das hipóteses acidentais definidas na etapa anterior.

Os modelos utilizados devem simular a ocorrência de incêndios, explosões ou liberações de substâncias tóxicas e/ou inflamáveis, quando do vazamento de uma substância química no ambiente, de acordo com as possíveis tipologias acidentais.

Para avaliar as conseqüências de uma hipótese acidental, seja de um produto inflamável ou tóxico, é fundamental o conhecimento das condições nas quais a mesma ocorre, tais como:

- a) Tipo de vazamento (líquido, gasoso ou bifásico);
- b) Duração do vazamento (contínuo ou instantâneo);
- c) Quantidade de produto envolvida;
- d) Condições climatológicas da região;
- e) Características do produto envolvido;
- f) Condições de transporte, processo ou armazenamento.

O estudo deverá conter, de maneira clara, todos os pressupostos assumidos; tais como, o tempo de ocorrência do fenômeno em função dos sistemas de controle e segurança existentes ou previstos, além de parâmetros como a massa e/ou energia liberadas e as premissas utilizadas para a determinação destas, devendo também ser estudada a possibilidade de ocorrência de *Efeito Dominó*.

3.4.3 Avaliação de Vulnerabilidade

Os danos ao homem e às propriedades dependem das conseqüências físicas dos acidentes e da capacidade de resistência dos corpos expostos.

Desta forma, deverá ser realizada uma avaliação dos efeitos das hipóteses acidentais simuladas pelos modelos de conseqüências, devendo os resultados serem apresentados na forma de mapeamentos, contendo:

- a) Intensidades das radiações térmicas de incêndios;
- b) Intensidades das sobrepressões decorrentes de explosões;
- c) Intensidades das concentrações de vazamentos tóxicos;
- d) Níveis de concentração de poluentes no solo e na água.

Deverão também ser aplicados modelos e padrões de referência, como por exemplo funções probabilísticas do tipo *PROBIT*, considerando a real situação de distribuição populacional, instalações físicas, direção e velocidades de ventos, além de outros fatores peculiares a cada cenário.

Os resultados deverão ser na forma de curvas concêntricas, a partir do epicentro do evento estudado.

Além dos impactos causados ao homem, deverão também ser analisados os ecossistemas envolvidos, em termos de poluição do ar, do solo e da água.

3.4.4 Redução das Conseqüências

As conseqüências de um acidente com substâncias químicas variam de acordo com a intensidade, podendo gerar não só prejuízos internos ao empreendimento, como também prejuízos externos, como destruição de casas ou de outras instalações, mortes ou ferimentos na população, além de impactos ao meio ambiente.

Desta forma, além de uma previsão dos tipos das conseqüências, deve-se também adotar medidas para reduzi-las.

Para efeito deste manual, de acordo com a visão da CETESB, deverão ser consideradas de interesse as conseqüências que extrapolem os limites do empreendimento, seja por efeito direto ou através de *Efeito Dominó*.

A redução dos efeitos causados por um evento acidental pode ser conseguida através de medidas que se apliquem para a redução do impacto físico e para a proteção da população exposta.

Assim, dentre outras medidas, podem ser listadas as que seguem:

- Redução das quantidades das substâncias envolvidas;
- Eliminação ou minimização de *Efeitos Dominó*, como por exemplo através de alterações das distâncias relativas entre instalações;
- Previsão de sistemas de contenção e limitação dos danos provocados por incêndios, explosões ou vazamentos de gases tóxicos, como por exemplo através de confinamento e revestimento térmico, entre outros;
- Reforço de estruturas;
- Definição de distâncias suficientemente seguras de agrupamentos urbanos, estradas, ferrovias, portos ou outras áreas vulneráveis.

Cabe lembrar que, definidas as medidas para redução das conseqüências, os cálculos para a quantificação destas deverão ser revisados, a fim de se comprovar que, após a adoção de tais medidas, as conseqüências ficarão restritas aos limites do empreendimento e são plenamente controláveis.

Caso as conseqüências continuem extrapolando os limites do empreendimento, as hipóteses acidentais deverão ser analisadas em termos de suas freqüências de ocorrência.

3.5 Estimativa das Freqüências

Para aquelas hipóteses acidentais cujas conseqüências tenham sido consideradas relevantes e extrapolem os limites do empreendimento, deverão ser estimadas suas freqüências de ocorrência.

Em alguns casos, a informação necessária quanto à freqüência de ocorrência de um evento poderá ser obtida diretamente da análise histórica, onde o número de eventos registrados pode ser dividido pelo tempo de exposição (por exemplo: anos de uma planta, km/ano de uma tubulação, etc).

Em geral, uma técnica bastante utilizada para o cálculo das freqüências das hipóteses é a Análise de Árvore de Falhas; já, para a estimativa das freqüências das diferentes seqüências acidentais, utiliza-se a Árvore de Eventos quantificada.

Os resultados obtidos poderão ser em termos de unidades de freqüência ou probabilidades. As unidades de freqüência constituem o número de eventos esperados por unidade de tempo. Já as probabilidades são adimensionais e são utilizadas para descrever a possibilidade de um evento ocorrer.

3.5.1 AAF - Análise de Árvore de Falhas

A Análise de Árvore de Falhas é uma técnica dedutiva que permite identificar as causas potenciais de acidentes e de falhas num determinado sistema, além de possibilitar também a estimativa da freqüência com que uma determinada falha pode ocorrer.

A técnica pode ser aplicada tanto durante a fase de projeto, como durante a operação de uma instalação.

Deve-se construir uma Árvore de Falhas individual para cada falha específica do sistema a ser analisado.

Para iniciar o desenvolvimento de uma árvore de falhas deve ser escolhido um evento indesejado (hipótese acidental considerada), a ser denominado de *evento-topo*, por localizar-se na parte superior do diagrama.

A partir daí deverão ser analisadas as falhas dos equipamentos, sistemas de controle ou procedimentos inseguros, procedendo-se no sentido descendente da árvore, utilizando-se a lógica dedutiva até que todas as *causas básicas* contribuintes para a ocorrência do evento-topo tenham sido identificadas.

O resultado dessa análise é uma representação gráfica de todas as possíveis causas básicas e os modos pelos quais elas podem se combinar para gerar o evento-topo.

Para a quantificação das árvores deverão ser empregadas taxas de falhas ou probabilidades em seus diferentes ramos para que possam ser estabelecidas relações matemáticas, de modo a se obter a freqüência de ocorrência final do evento-topo, fazendo-se assim necessário o uso das relações de *Álgebra Booleana*.

Os técnicos que forem realizar a análise devem ter um conhecimento profundo da instalação, das modalidades de falha dos equipamentos e dos dados de taxas de falha, além de dispor de diversas informações técnicas,

como especificações de equipamentos, procedimentos operacionais, fluxogramas de processo, diagramas de instrumentação, etc.

As Árvores de Falhas são *ferramentas* analíticas úteis porque auxiliam na identificação das diversas maneiras pelas quais pode ocorrer uma falha num sistema; auxiliam no processamento dos dados de falha dos componentes para produzir uma estimativa quantitativa das probabilidades de ocorrerem falhas específicas no sistema; e auxiliam também na determinação dos efeitos que a mudança ou adição de componentes a um sistema causam no seu desempenho global.

No item 5 encontra-se um exemplo de Árvore de Falhas.

3.5.2 Redução das Frequências

A partir dos cálculos das frequências de ocorrência das hipóteses acidentais cujas conseqüências externas aos limites do empreendimento foram consideradas inaceitáveis, o passo seguinte é a análise do valor obtido, objetivando a redução.

De modo geral, a frequência de ocorrência de uma hipótese acidental está diretamente ligada às taxas de falhas de cada componente do sistema.

Muitos são os fatores que influenciam nas taxas de falhas e, em geral, tais fatores já são previstos no projeto, fabricação, instalação, partida, operação e manutenção, de forma que suas influências sejam controladas ou eliminadas.

Vários são os procedimentos que podem ser efetuados para a redução das frequências.

Entre eles poderão ser considerados:

- Melhoria da configuração dos sistemas, por exemplo, através da introdução de redundâncias;
- Melhoria da qualidade dos componentes individuais do sistema;
- Melhoria da disponibilidade dos sistemas de proteção;
- Inclusão de equipamentos de segurança e de proteção (sprinklers, válvulas de bloqueio, etc);
- Aumento da frequência de inspeções;
- Melhoria da qualidade dos serviços de manutenção;
- Aperfeiçoamento do treinamento de operadores;
- Instalação de sistemas de supervisão e controle de operações críticas.

3.6 Avaliação dos Riscos

A avaliação dos riscos de um empreendimento depende de uma série de variáveis pouco conhecidas e cujo resultado apresenta um nível razoável de incerteza. Este fato decorre principalmente de que não se pode determinar todos os riscos existentes ou possíveis de ocorrer numa instalação e também da escassez de informações neste campo.

De acordo com a visão da CETESB, os riscos a serem avaliados devem contemplar o levantamento de possíveis vítimas fatais, bem como os danos à saúde da comunidade existente nas circunvizinhanças do empreendimento, além dos impactos agudos causados ao meio ambiente.

A partir da definição de *risco*, o qual deve ser entendido como uma função matemática que relaciona as frequências de ocorrências das hipóteses acidentais identificadas e suas respectivas conseqüências, em termos de danos ao homem, pode-se, com base nos resultados quantificados das etapas anteriores do estudo, calcular o risco de um empreendimento, expresso na forma de vítimas fatais por ano, forma esta que não se aplica para a quantificação de impactos ao meio ambiente (solo, ar, água, fauna e flora)

Assim, o risco de ocorrência de vítimas/ano, pode ser calculado conforme segue:

$$R = f [f(i), C(i, j)]$$

$$R = \sum_{\substack{i=1, n \\ j=1, m}} f_i \cdot C_j$$

R = risco (mortes/ano);

f_i = frequência de ocorrência do evento acidental i (ano⁻¹);

C_j = consequência(s) gerada(s) pelo evento i (mortes).

Dessa forma, considerando somente os danos ao homem, pode-se obter uma estimativa numérica que permita, através de análise adequada comparar diferentes situações de risco, subsidiando a tomada de decisão quando da implantação de um novo empreendimento ou mesmo para o gerenciamento dos riscos decorrentes de uma instalação existente.

A análise comparativa de riscos implica necessariamente no estabelecimento de níveis de riscos (limites aceitáveis ou não), como referências que permitam comparar situações diferenciadas.

O estabelecimento desses limites para os riscos envolve também a discussão da aceitabilidade desses riscos, que depende muito de um julgamento, muitas vezes subjetivo e pessoal, envolvendo temas complexos, como por exemplo, a percepção de riscos, que varia consideravelmente de indivíduo para indivíduo, razão pela qual vem sendo objeto há algum tempo de vários estudos acadêmicos.

Apesar dessas dificuldades e da complexidade dos assuntos envolvidos, bem como da necessidade de obtenção de dados e informações básicas para a definição dos indicadores requeridos para o estabelecimento de critérios de aceitabilidade, sua definição é importante na medida em que com isto evitar-se-á discussões exaustivas entre os responsáveis pela avaliação dos estudos de análise de riscos, o interessado pelo empreendimento e a comunidade envolvida, causadas exatamente pela inexistência de um critério que possa ser utilizado como orientador.

Internacionalmente, os critérios de aceitabilidade foram propostos a partir da comparação de indicadores determinados com base em valores conhecidos para diferentes atividades, industriais ou não, obtidas de estatísticas existentes sobre fatalidades por acidentes rodoviários, doenças, catástrofes naturais e outros. Estes indicadores em alguns países como a Inglaterra, Holanda e Dinamarca são disponíveis e já permitiram o estabelecimento de critérios para a aceitabilidade de riscos. Os limites indicados diferem de país para país; pois, na realidade, refletem as características de cada população no entendimento de assuntos como segurança industrial, meio ambiente e valores culturais, entre outros.

Os critérios de aceitabilidade de riscos ao público, adotados por esses países, foram desenvolvidos com bases em limites (níveis) fixados para *Risco Individual* e/ou *Risco Social*. O primeiro representa a chance anual de perda para um indivíduo médio da população, enquanto que o segundo representa a chance anual de perdas para a sociedade como um todo, constituindo portanto uma perda coletiva ou social.

A utilização do *Risco Individual* como base para o desenvolvimento de um critério permite fazer comparações entre o risco estimado para um determinado empreendimento com valores de riscos aos quais o público está normalmente exposto e familiarizado.

Já, o uso do *Risco Social* como indicador é mais complexo, pois envolve fatalidades múltiplas decorrentes de eventos perigosos, que apresentam baixa frequência de ocorrência, mas, com consequências, numericamente, altas. Esses eventos (raros) são também conhecidos como *riscos maiores*.

Assim, o *Risco Social*, na sua forma mais simples, pode ser comparado ao número de mortes ou feridos num

ano, numa determinada área ou numa comunidade em particular. Além disso, pode incluir uma estimativa de desagregação social, tais como o número de pessoas que devem deixar suas moradias e as perdas econômicas, devido à destruição de propriedades e paradas de produção. Portanto, a avaliação dos riscos sociais deve ser realizada através de análises abrangentes de diversos fatores, os quais devem contemplar diferentes ponderações em circunstâncias diversas.

3.6.1 Definições

Risco Individual

- a) É a probabilidade anual que um indivíduo tem de morte após um determinado acidente;
- b) É o risco do indivíduo nas proximidades de uma instalação industrial. O valor desse risco será o produto do cálculo das consequências acidentais sobre o homem nesse local e as probabilidades de ocorrência dos acidentes correlacionados.

Risco Social

É o risco à população presente na zona de influência de um acidente. O **Risco Social** indica o grau do dano catastrófico e é normalmente representado através de Diagramas F - N, frequência acumulada ou ocorrências acidentais versus o número de vítimas (fatalidades).

3.6.2 Formas de expressão

$$\text{Risco Social} = f[f(i), C(i, j)] \text{ ou } R = \sum_{\substack{i=1, n \\ j=1, m}} f_i \cdot C_j$$

$$\text{Risco Individual} = \frac{\text{Risco Social}}{\text{Nº Pessoas Expostas}} = \frac{\text{Mortes / ano}}{\text{Nº Pessoas Expostas}}$$

(Chance anual de morte para um indivíduo médio da população exposta ao acidente em questão)

3.6.3 Critérios Internacionais

3.6.3.1 Holanda

Os critérios descritos a seguir constam do documento *Premises for Risk Management- Risk Limits in the Context for Environmental Policy* - 1988-1989, elaborado pelo governo holandês. Tratam de riscos ao homem e são aplicados quando da implantação de novas plantas industriais junto a áreas residenciais e outras regiões igualmente vulneráveis.

a) Risco Individual por Atividade

Esse risco é calculado para uma pessoa que está sujeita a um risco maior numa dada localização. Na prática, se refere a um indivíduo presente num local determinado, nas proximidades de uma zona industrial, 24 horas por dia.

O nível máximo aceitável (permissível) é definido como 10^{-6} /ano.

O nível insignificante (negligenciável) é definido como 10^{-8} /ano.

Deve-se ressaltar que 10^{-6} /ano significa que a probabilidade anual de ocorrer uma fatalidade é de 1 em 1 milhão; já 10^{-8} /ano significa que a probabilidade anual de ocorrer 1 fatalidade é de 1 em 100 milhões. Entre esses dois limites o risco deve ser reduzido.

b) Risco Individual para Atividades Combinadas

O *Risco Individual* para atividades combinadas considera como nível máximo aceitável 10^{-5} /ano; já, o risco insignificante é de 10^{-7} /ano.

c) Risco Social por Atividade

Representado pelo Diagrama F - N da Figura 2, que foi elaborado através da plotagem em escala logarítmica da frequência acumulada de eventos que causam N ou mais mortes, versus N (número de mortes).

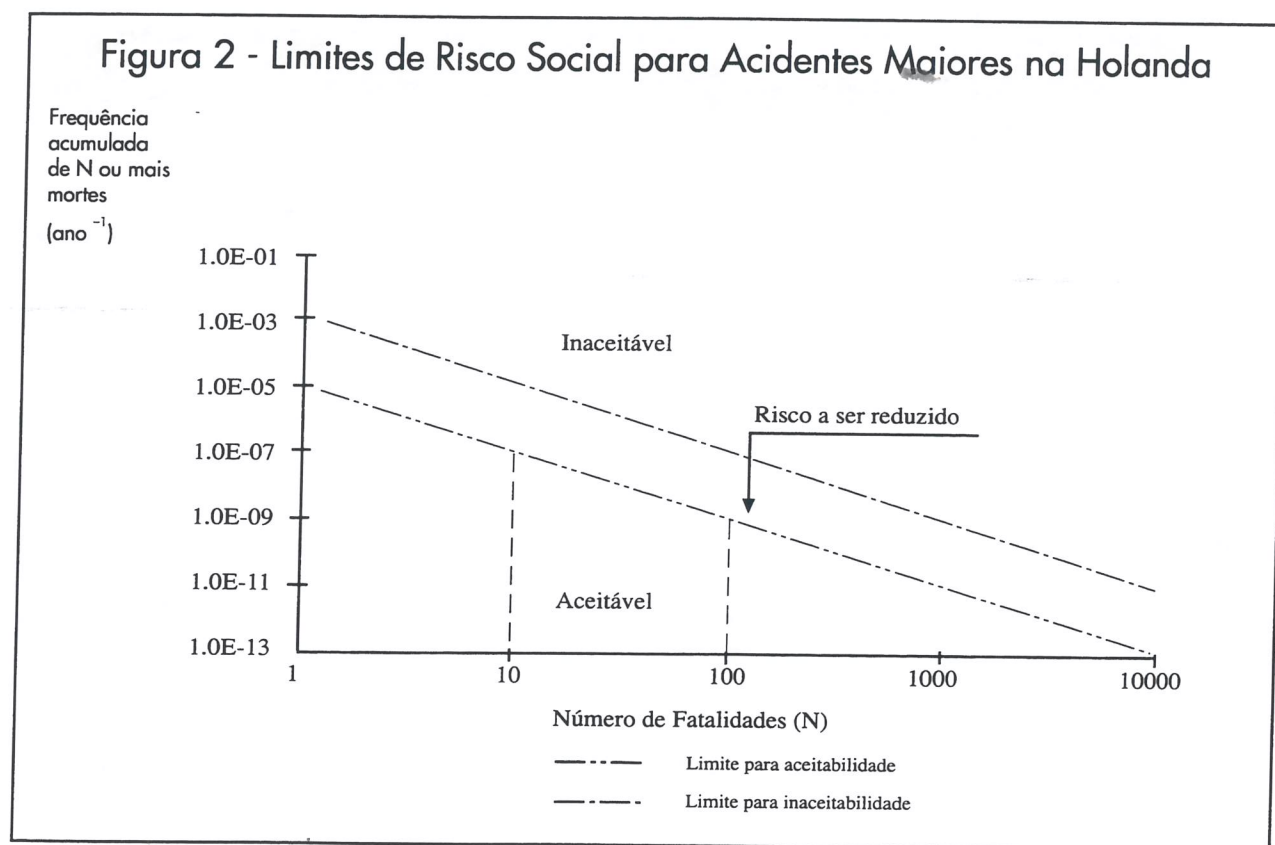
O mencionado diagrama considera que um acréscimo no número de mortes pela multiplicação de um fator N, somente é aceitável se a probabilidade desse evento ocorrer for N^2 menor, para os dois níveis fixados.

Os limites escolhidos para o *Risco Social* na Holanda especificam que a probabilidade de um acidente com dez vítimas ocorrer, não deve exceder a 10^{-5} /ano. Tal limite visa evitar distúrbios sociais.

O valor de referência de inaceitabilidade é de $F = 10^{-5}$ /ano para $N = 10$ mortes ou mais e $F = 10^{-7}$ /ano para $N = 100$ ou mais mortes.

O valor de referência para aceitabilidade (níveis insignificantes) tem uma frequência com duas ordens de grandezas inferiores, isto é

$F = 10^{-7}$ /ano para $N = 10$ ou mais mortes e $F = 10^{-9}$ /ano para $N = 100$ ou mais mortes.



3.6.3.2 Dinamarca

O critério da Agência do Meio Ambiente da Dinamarca (1989) define limites para o *Risco Social*.

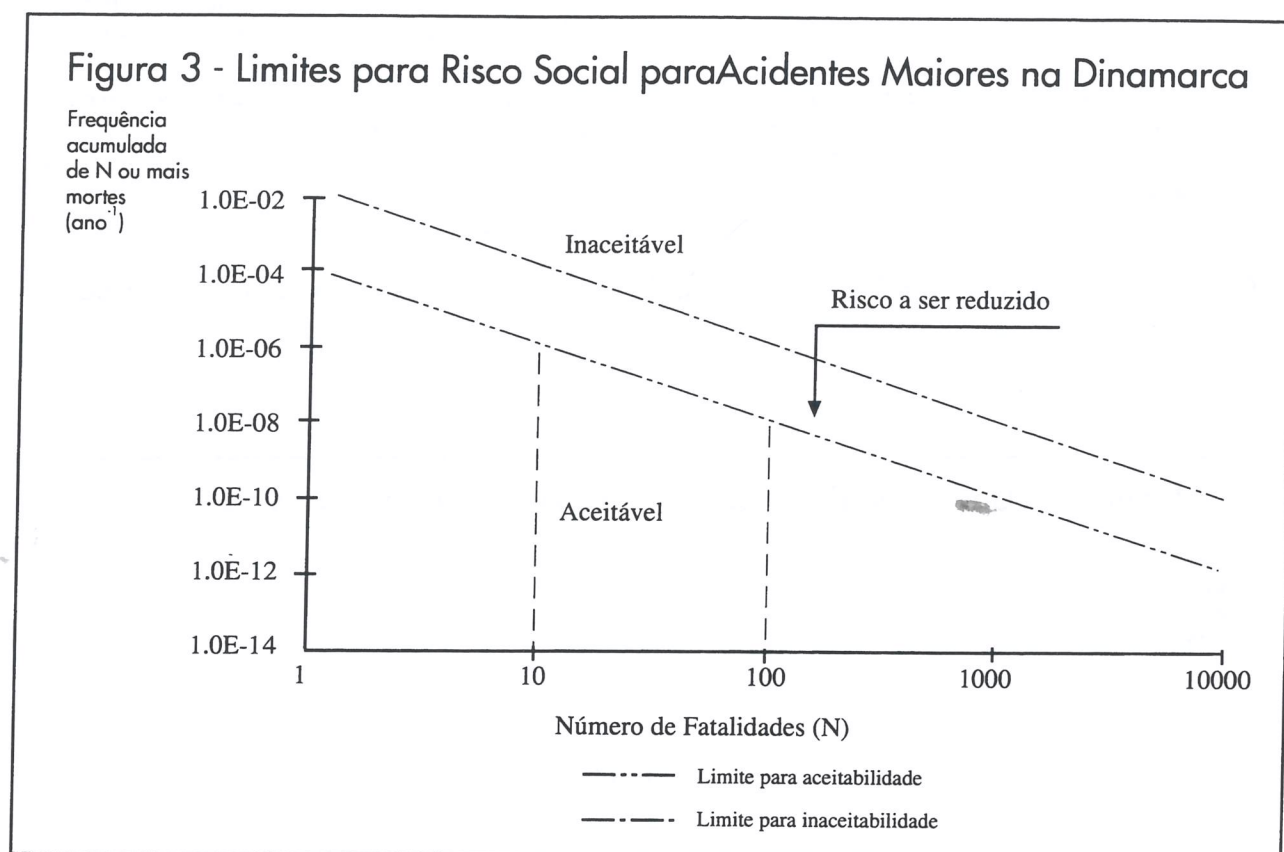
As curvas do diagrama F - N (Figura 3) são idênticas às da Holanda; porém, deslocadas, para cima, numa ordem de grandeza. Assim, tem-se:

a) Valores de referência para inaceitabilidade:

$F = 10^{-4}$ /ano para $N = 10$ ou mais mortes; e,
 $F = 10^{-6}$ /ano para $N = 100$ ou mais mortes.

b) Valores de referência para aceitabilidade (níveis insignificantes):

$F = 10^{-6}$ /ano para $N = 10$ mortes ou mais; e,
 $F = 10^{-8}$ /ano para $N = 100$ mortes ou mais.



3.6.3.3 Inglaterra

O governo britânico estabeleceu nos documentos apresentados abaixo, limites para aceitabilidade de risco individual:

- (1) Risk Assessment - Report to a Royal Society Study Group, London: The Royal Society, 1983;
- (2) Health and Safety Executive - HSE. The Tolerability of Risk from Nuclear Power Stations, London: HMSO, 1988.
- (3) Health and Safety Executive - HSE. Risk Criteria for Land Use Planning in the Vicinity of Major Industrial Hazardous. A Discussion Document, London: HMSO, 1989.
- (4) Health and Safety Commission - HSC. Major Aspects of the Transport of Dangerous Substances, Report and Appendices.

Nestes documentos são citados os seguintes valores para Risco Individual:

- 1.10^{-3} /ano - limite máximo tolerável (ocupacional) para trabalhadores, (1) e (2).
- 1.10^{-4} /ano - limite máximo tolerável, para um indivíduo do público exposto ao risco, (2).
- 1.10^{-6} a 1.10^{-7} /ano - risco aceitável (insignificante), (1).

Entre os dois níveis ($1.10^{-3}/1.10^{-4}\text{ano}^{-1}$ e $1.10^{-6}/1.10^{-7}\text{ano}^{-1}$) os riscos deverão ser reduzidos tanto quanto possível, através da aplicação do princípio ALARP (As Low as Reasonably Practicable).

No documento (1) foi considerado que um risco de morte de um em mil por ano (1.10^{-3}ano^{-1}) seria um valor de risco intolerável. Este mesmo valor foi recomendado pelo HSE, no documento (2), como limite para risco ocupacional.

Trabalhos posteriores indicaram que uma grandeza menor (1.10^{-4}ano^{-1}) seria o risco máximo tolerável para um indivíduo do público, exposto ao risco maior 24 horas/dia.

Este valor vem sendo aceito e citado em documento publicado mais recentemente (4), no qual também são mencionados estudos onde foram propostos valores de riscos ainda mais baixos para um indivíduo do público exposto aos riscos, variando de $0.3.10^{-4}\text{ano}^{-1}$ a $0.2.10^{-4}\text{ano}^{-1}$. Estes valores estão mais próximos dos adotados por outros países (1.10^{-5}ano^{-1}), como a Holanda, Austrália e Hong Kong.

O documento (3) apresenta critérios propostos para a instalação de empreendimentos nas vizinhanças de instalações químicas perigosas. Estes critérios formam uma matriz de três dimensões (Tabela IV), contemplando as zonas de risco e as categorias dos empreendimentos; que, sob certos aspectos, refletem as expectativas do público, implícitas nos critérios propostos anteriormente, além de envolverem também alguns elementos da percepção quanto à vulnerabilidade da população mais sensível que poderia estar exposta ao risco.

Tabela IV - Matriz de Decisão para planejamento do Uso do Solo

Categoria do Empreendimento		Zona I	Zona II	Zona III
A	(Habitação)	Não aceitável	Talvez	Normalmente aceitável
B	(Comércio/ Indústria)	Aceitável	Aceitável	Aceitável
C	(Comércio/Lazer)	Talvez	Talvez	Aceitável
D	(Empreendimento Vulnerável)	Não aceitável	Não aceitável	Talvez

Os limites das zonas acima descritas foram fixados com base nas seguintes curvas de iso-risco:

- Zona I: Riscos maiores que 1.10^{-5}ano^{-1} ;
- Zona II: Riscos situados entre 1.10^{-6} e 1.10^{-5}ano^{-1} ;
- Zona III: Riscos situados entre $3.1.10^{-7}$ e 1.10^{-6}ano^{-1} .

Estas curvas de iso-risco foram determinadas para níveis de probabilidade de receber uma dose perigosa.

A dose perigosa (calor, sobre pressão ou gás tóxico) foi estabelecida para um nível no qual os seguintes efeitos na população exposta podem ser esperados:

- ansiedade intensa para quase todos;
- uma fração significativa necessitará atendimento médico;
- alguns ferimentos graves necessitarão tratamento prolongados;
- algumas pessoas altamente vulneráveis poderão morrer.

Vale lembrar que o critério considera tanto o *Risco Individual* como o *Social*, mas foram estabelecidos valores numéricos somente para o *Risco Individual*, já que o HSE concluiu que ainda era cedo (1990) para definir um critério numérico para o *Risco Social*. Portanto, no presente contexto, o governo britânico não utiliza critérios para *Risco Social* nos processos de licenciamento.

3.6.3.4 Brasil

No Brasil, os estudos no sentido do estabelecimento de critérios para a aceitabilidade de riscos ao homem, aplicáveis à realidade nacional, ainda se encontram em fase inicial, e portanto, levar-se-á algum tempo para que tais dados estejam disponíveis.

No Estado de São Paulo, os estudos de análise e avaliação de riscos vêm sendo solicitados, desde 1988, durante o processo de licenciamento, para fontes potencialmente geradoras de riscos ambientais, sendo que a avaliação é feita caso a caso, tomando-se por base os critérios internacionais disponíveis.

Outros riscos significativos ao meio ambiente, incluindo eventos relevantes de danos à saúde da comunidade circunvizinha, cujas conseqüências não são indicadas como vítimas/ano, deverão também ser contemplados no estudo e serão objetos de análises específicas.

3.7 Gerenciamento dos Riscos

O *Gerenciamento dos Riscos* pode ser considerado como a formulação e implantação de medidas e procedimentos técnicos e administrativos, que têm por objetivo prevenir, controlar e reduzir riscos; e ainda, manter uma instalação operando dentro de padrões de segurança considerados aceitáveis. Ele constitui a última etapa de um estudo de análise de riscos.

As medidas adotadas para redução das conseqüências e das freqüências são consideradas parte integrante do gerenciamento dos riscos; entretanto, a adoção dessas medidas não terá sentido se um extenso e permanente programa de inspeção, manutenção e supervisão, além da formação e do treinamento dos trabalhadores, não for efetivamente implantado no empreendimento. Dessa forma, o gerenciamento dos riscos é uma etapa obrigatória em todos os estudos e deverá contemplar os seguintes procedimentos:

- a) Inspeções periódicas para verificação das condições de funcionamento de todos os componentes e sistemas de segurança;
- b) Programas de manutenção, preventiva e corretiva, para assegurar o nível especificado em projeto dos sistemas ou equipamentos;
- c) Capacitação dos trabalhadores para assegurar o conhecimento global de todas as operações que sejam efetuadas na instalação, tanto em situações de rotina, como em emergências;
- d) Atualização permanente da documentação técnica;
- e) Auditorias periódicas, para verificação dos procedimentos de operação, manutenção, segurança e treinamento, além de permitir a identificação de procedimentos não seguros;
- f) Implantação de sistemática para a elaboração de estudos para a avaliação dos riscos antes da realização de reformas, alterações, ampliações ou mudanças nos procedimentos operacionais.

Cabe lembrar que, para esta etapa, deverão ser listadas todas as medidas mitigadoras e sistemas de segurança apresentados no estudo, com o respectivo cronograma de implantação.

Quanto à proteção da população exposta, esta poderá ser conseguida, através da implantação de um Plano de Emergência.

3.7.1 Plano de Emergência

O *Plano de Emergência* tem por finalidade fornecer um conjunto de diretrizes e informações para a adoção de procedimentos lógicos, técnicos e administrativos, estruturados para serem desencadeados rapidamente em situações emergenciais, para a minimização dos impactos à população e ao meio ambiente.

O plano deverá ser desenvolvido com base nos resultados obtidos no estudo de análise de riscos, contemplando ações específicas para controle das emergências geradas pelas hipóteses acidentais estudadas.

O plano deverá incluir a mobilização de recursos humanos e materiais, realização de treinamentos, implantação de sistemas de plantão, de sinalização, de alarme e de comunicação, e deverá estar integrado a outros planos, prevendo assim, a participação de outras entidades que poderão auxiliar no atendimento a acidentes.

Assim sendo, o plano deverá contemplar, entre outros, os seguintes itens:

- Estrutura organizacional;
- Área de abrangência;
- Hipóteses acidentais;
- Atribuições e responsabilidades;
- Relação e localização em pontos estratégicos dos equipamentos de proteção individual, de monitoramento e combate a incêndio, além de equipamentos para contenção, remoção, neutralização ou abatimento de produtos químicos;
- Sistemas de comunicação, de sinalização e de alarme;
- Sistemas alternativos de geração e distribuição de energia;
- Sistemas de monitoramento meteorológico;
- Meios de transporte;
- Relação dos recursos de outras entidades que poderão prestar auxílio, além de acordos de cooperação para utilização de recursos de terceiros, de modo que os mesmos sejam rapidamente mobilizados, quando necessário;
- Rotinas de combate específicas para cada um dos possíveis acidentes previstos no plano;
- Procedimentos de abandono de áreas e evacuação de pessoas nas áreas internas e externas às instalações, contemplando os recursos disponíveis, as pessoas responsáveis, pontos de encontro e rotas de fuga.

Outro aspecto a ser ressaltado é o treinamento, que é de suma importância para o desencadeamento das ações de emergência. Assim, as pessoas envolvidas no plano deverão ser treinadas periodicamente dentro de suas atribuições, além de permanecerem atualizadas quanto à eventuais alterações de pessoas, telefones, etc.

A implantação do plano de emergência deverá estar associada a um cronograma de atividades onde constem todas as etapas necessárias para tal, incluindo exercícios e treinamentos práticos, internos e externos.

Finalmente, após a implantação do programa de gerenciamento de riscos, o empreendedor deverá prever a sua revisão, no mínimo, a cada cinco anos.

4. BENEFÍCIOS DA ANÁLISE DE RISCOS

Embora o estabelecimento de uma política de *Gerenciamento de Riscos* esteja voltado para a segurança da população e do meio ambiente, deve-se ressaltar sua importância quanto ao aspecto do controle de perdas e seguros, visando a administração dos riscos empresariais.

Não existem dúvidas em relação à importância econômica do controle dos riscos, já que alguns custos aumentam devido a erros na escolha das medidas apropriadas para esse controle ou pela falta de informações, resultando na adoção de medidas desnecessárias e dispendiosas.

Também é sabido que a prevenção dos riscos requer esforços consideráveis no gerenciamento geral, na pesquisa e identificação dos riscos no processo, nos procedimentos e nos equipamentos.

Dessa forma, sendo os investimentos nestas áreas inevitáveis, o objetivo da *Análise de Riscos* é avaliar como devem ser direcionados estes recursos.

No entanto, deve-se enfatizar que não é correto assumir que um aumento de segurança necessariamente envolve um aumento no investimento. É sem dúvida verdade que, despesas de segurança baseadas em respostas a acidentes, podem ser muito dispendiosas, mas a experiência tem demonstrado que boas práticas, normalmente, custam tanto quanto as práticas ruins e, ao mesmo tempo, aumentam a segurança, além de reduzir ou evitar custos futuros adicionais.

Um fator importante, decorrente de uma adequada análise de riscos, está relacionado, por exemplo, com a economia de processo. Considerações em termos de segurança devem ser realizadas no desenvolvimento do processo, ou seja, com relação às reações químicas básicas e na definição dos limites de operação quanto à pressão, temperatura, concentração, entre outros. Obviamente, esses fatores são fundamentais para a economia do processo.

Além disso, a economia de processo é também muito afetada pela localização do empreendimento e do seu lay-out. A localização mais atrativa pode não ser a melhor em termos de segurança. Um lay-out que requeira grandes distâncias, por exemplo, pode tornar-se economicamente inviável.

Em termos gerais, um adequado gerenciamento de riscos não só vem a favorecer a segurança da comunidade e a preservação do meio ambiente, mas também, outros aspectos de interesse do empreendimento em áreas como mercado, imagem, faturamento, controle de perdas, transferência de riscos, exigências legais, segurança patrimonial, segurança e higiene do trabalho e controle ambiental.

Assim, pode-se concluir que, embora na maioria das vezes a probabilidade de ocorrer uma catástrofe possa parecer insignificante, existe cada vez mais a necessidade de se investir em *Programas de Gerenciamento de Riscos*, com o objetivo de garantir uma melhoria do nível de segurança, tanto para os empresários, como para os trabalhadores, para a comunidade e para o meio ambiente.

5. EXEMPLOS

5.1. Exemplos de Planilhas e Tabelas de Técnicas para identificação de Perigos

Exemplo 1: Lista de Verificação (Checklist)

Materiais

- Inflamabilidade
 - Qual é a temperatura de auto-ignição ?
 - Qual é o ponto de fulgor ?
 - Como um incêndio poderá ser extinto ?
- Explosividade
 - Quais são os limites inferior e superior de explosividade ?
 - O material se decompõe explosivamente ?
- Disposição
 - Os gases podem ser liberados diretamente para a atmosfera ?
 - Os efluentes líquidos podem ser lançados diretamente para o esgoto ?
 - Existe um suprimento disponível de gás inerte para purga ?
 - Como um vazamento seria detectado ?
- Armazenamento
 - Qualquer vazamento será contido ?
 - O material é estável durante o armazenamento ?
- Toxicidade

Exemplo 2: Planilha - Análise "E Se ... ?" ("What If ... ?")

E Se...?	Conseqüências	Recomendações

CBTESD - CIA. DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Exemplo 3: Planilha - Análise Preliminar de Perigos (APP)

PERIGO	CAUSA	EFEITO	CATEGORIA DE PERIGO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS

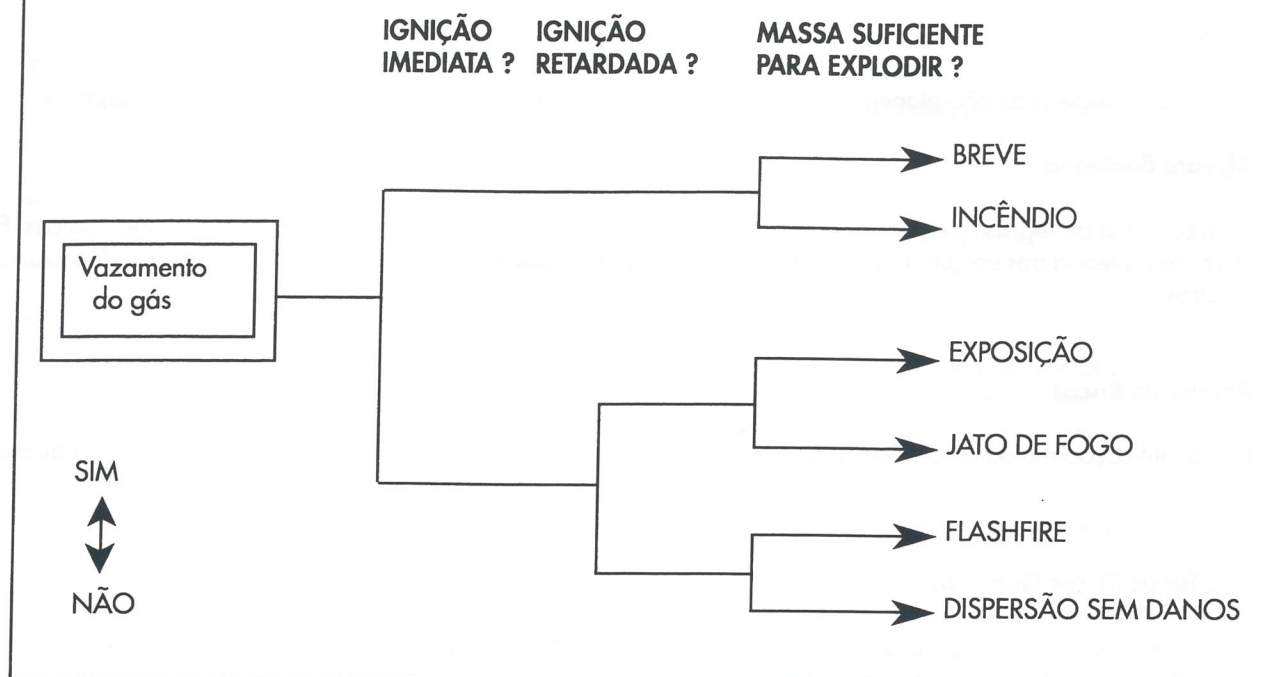
Exemplo 4: Planilha - Análise de Modos de Falhas, Efeitos e Citricidade (AMFEC)

Item	Componentes	Modos de falha	Efeitos em outros Componentes	Classificação Citricidade	Classificação Citricidade	

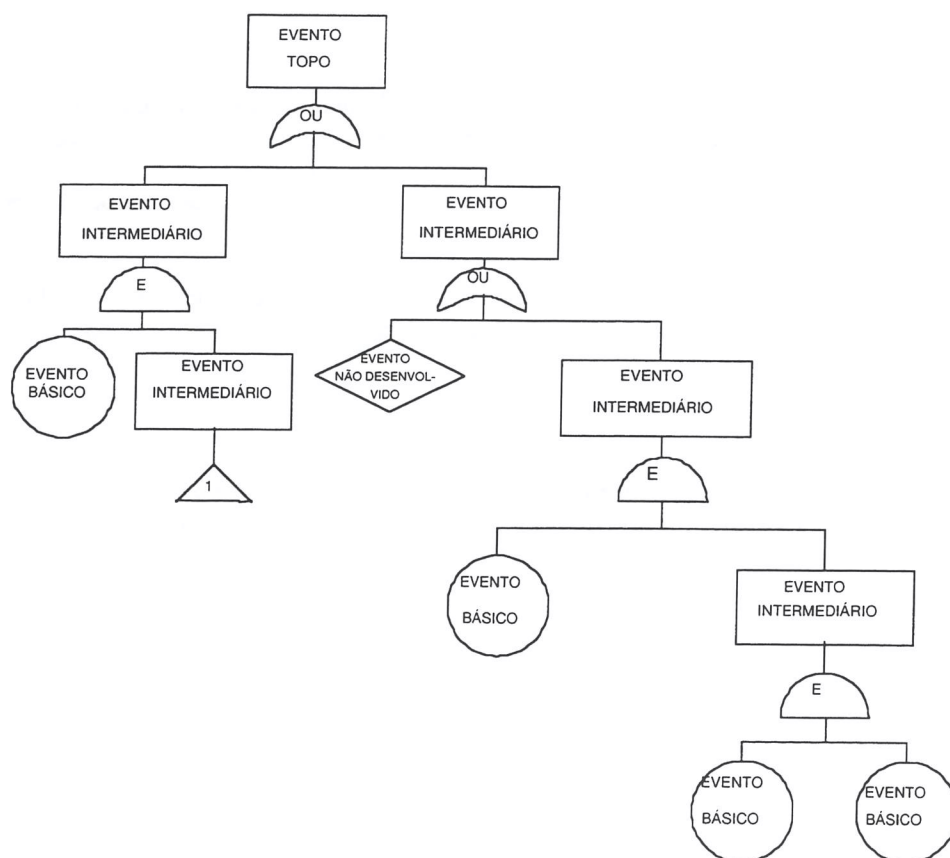
Exemplo 5: Planilha - Estudo de Perigos e Operabilidade (HazOp)

Palavra-Guia	Parâmetro	Desvio	Consequência	Causas	Ações Sugeridas

Exemplo 6: Árvore de Eventos



Exemplo 7: Árvore de Falhas



5.2 - Definições

Acidente

É um evento específico não planejado, ou uma seqüência de eventos, que gera conseqüências indesejáveis.

Álgebra Booleana

É um conjunto de regras que permite a manipulação matemática de afirmações para formar equações lógicas. É utilizada na teoria dos conjuntos, incluindo algumas propriedades, tais como: comutativa, associativa, distributiva e outras.

Análise de Riscos

É a identificação metódica de elementos e situações numa instalação ou atividade que possam gerar condições de risco.

Análise de Riscos Qualitativa

É a aplicação de técnicas para análise de riscos, sem contemplar as freqüências de ocorrências de eventos geradores de acidentes com repercussões ambientais.

Análise de Riscos Quantitativa

É a aplicação de técnicas para análise e avaliação de riscos, obtendo-se resultados numéricos relativos aos valores de freqüências e conseqüências das hipóteses acidentais estudadas.

Auditoria

É a atividade pela qual pode-se verificar, periodicamente, a conformidade dos procedimentos de operação, de manutenção, de segurança e treinamento, a fim de se identificar riscos, condições ou procedimentos inseguros, para verificar se a instalação atende aos códigos e práticas normais de operação e segurança. É normalmente realizada através da utilização de *Checklists*, podendo ser feita previamente programada ou não.

Avaliação dos Riscos

É a utilização de técnicas de caráter experimental e/ou matemático, as quais têm por finalidade prever, quantitativamente, as freqüências de ocorrências e as conseqüências da materialização de um perigo.

BLEVE

Do inglês *Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion*, é o fenômeno de explosão catastrófica de um reservatório com projeção de fragmentos e de expansão adiabática, quando um líquido nele contido atinge uma temperatura bem acima da sua temperatura de ebulição à pressão atmosférica.

Bola de Fogo (Fireball)

É o fenômeno que se verifica quando o volume de vapor inflamável, inicialmente comprimido num recipiente, escapa repentinamente para a atmosfera e, devido à despressurização, forma um volume esférico de gás, cuja superfície externa queima, enquanto a massa inteira se eleva por efeito da redução da densidade provocada pelo superaquecimento.

Confiabilidade

É a probabilidade de um equipamento ou sistema de desempenhar satisfatoriamente as funções para qual foi projetado, no decorrer de um intervalo de tempo específico, sob um dado conjunto de condições de operação.

Diagrama F - N

É a plotagem das frequências acumuladas de acidentes versus as respectivas conseqüências expressas em número de fatalidades.

Duto

Qualquer tubulação, incluindo seus equipamentos e acessórios, destinada ao transporte de petróleo, derivados ou de outras substâncias químicas, situada fora dos limites de áreas industriais.

Diagrama de Instrumentação e Tubulações (P & ID's)

É a representação esquemática de todas as tubulações, vasos, válvulas, filtros, bombas, compressores, etc, do processo. Os P & ID's mostram todas as linhas de processo, linhas de utilidades e suas dimensões, além de indicar também o tamanho e especificação das tubulações e válvulas, incluindo toda a instrumentação da instalação.

Efeito Dominó

É um evento decorrente da sucessão de outros eventos parciais indesejáveis, cuja magnitude global é a somatória dos eventos individuais.

Empreendimento

É o conjunto de ações, procedimentos, técnicas e benfeitorias que permitem a construção de uma instalação.

Explosão de Nuvem de Vapor Não-Confinado (UVCE)

A Explosão de Nuvem de Vapor Não Confinado (UVCE-Unconfined Vapour Cloud Explosion) é a rápida combustão de uma nuvem de vapor inflamável no ar livre, seguida de uma grande perda de conteúdo, gerada a partir de uma fonte de ignição. Neste caso, somente uma parte da energia total irá se desenvolver sobre a forma de ondas de pressão e a maior parte na forma de radiação térmica.

Explosão de Vapor Confinado (CVE)

CVE - Confined Vapour Explosion é o fenômeno causado pela combustão de uma mistura inflamável num ambiente fechado, com aumento na temperatura e na pressão internas, gerando uma explosão. Esse tipo de explosão pode ocorrer com gases, vapores e pós. Neste caso, grande parte da energia se manifesta na forma de ondas de choque e quase nada na forma de energia térmica.

Flashfire

É o incêndio de uma nuvem de vapor onde a massa envolvida não é suficiente para atingir o estado de explosão. É um fogo extremamente rápido onde todas as pessoas que se encontram na nuvem recebem queimaduras letais.

Fluxograma de Processo

É a representação esquemática do fluxo seguido no manuseio ou na transformação de matérias-primas em produtos intermediários e acabados. É constituída de equipamentos de caldeiraria (tanques, torres, vasos, reatores, etc); máquinas (bombas, compressores, etc); tubulações, válvulas e instrumentos principais, onde devem ser apresentados dados de pressão, temperatura, vazões, balanços de massa e de energia e demais variáveis de processo.

Frequência

É o número de ocorrências de um evento por unidade de tempo.

Incêndio de Poça (Pool Fire)

É o incêndio que ocorre numa poça de produto, a partir de um furo ou rompimento de um tanque, de uma esfera, de uma tubulação, etc; onde o produto estocado é lançado ao solo, formando uma poça que, sob determinadas condições, se incendeia.

Instalação

É o conjunto de equipamentos e sistemas que permitem o processamento, armazenamento e/ou transporte de insumos, matérias-primas ou produtos. Para fins deste manual, o termo é definido como a materialização de um determinado empreendimento.

Jato de Fogo (Jet Fire)

É o fenômeno que ocorre quando um gás inflamável escoar a alta velocidade e encontra uma fonte de ignição próxima ao ponto de vazamento.

Perigo

É uma característica inerente a uma substância, a uma instalação, a sua atividade ou a um procedimento, que representa um potencial para causar danos.

Planta

É o conjunto de unidades de processo e/ou armazenamento com finalidade comum.

Probabilidade

É a chance de um evento específico ocorrer ou de uma condição especial existir. A probabilidade é expressa numericamente na forma de fração ou de percentagem.

Risco

É a probabilidade de um perigo se materializar causando danos. O risco é função da probabilidade de ocorrência de um evento indesejado e dos danos resultantes desse evento.

Rotina de Manutenção

É o conjunto de medidas que assegura a manutenção de uma instalação ou equipamento ao nível de projeto, pela minimização de falhas por desgaste, substituição de componentes falhos ou defeituosos, e pela avaliação de ambientes capazes de degradarem a instalação.

Rotina Operacional

É o conjunto de medidas e orientações que compõe uma sequência de procedimentos que devem ser seguidos pelos operadores de uma determinada instalação.

Rotina de Segurança

É o conjunto de normas e procedimentos preventivos que deve ser adotado quando da realização de ações que possam gerar situações de risco.

Sistema

É um arranjo ordenado de componentes que estão interrelacionados e que atuam e interatuam com outros sistemas, para cumprir uma tarefa ou função num determinado ambiente.

Substância

Espécie da matéria que tem composição definida.

Taxa de Falha

É a probabilidade que uma falha ocorra, num certo intervalo de tempo. É medida pelo número de falhas após uma determinada unidade de tempo, ou pelo número de operações do sistema.

Unidade

É o conjunto de equipamentos com finalidade de armazenar (unidade de armazenamento) ou de provocar uma transformação física e/ou química nas substâncias envolvidas (unidade de processo).

5.3 - Referências Bibliográficas

Existe um grande número de publicações sobre **Análise de Riscos**. Tais publicações contém, em geral, a descrição dos métodos de análise e avaliação de riscos, exemplos de aplicação e estudos de casos, e poderão ser consultadas para um maior esclarecimento sobre o assunto.

A seguir estão apresentadas algumas das principais publicações sobre o tema. São elas:

1. American Institute of Chemical Engineers (AIChE). **Guidelines for Hazard Evaluation Procedures**. New York, 1985.
2. —. **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**. New York, 1989.
3. —. **Fire & Explosion Index Hazard Classification Guide**. 5th Edition. New York, 1981.
4. Chemical Industries Association. **A Guide to Hazard and Operability Studies**. London, 1987.
5. CONCAWE. **Methodologies for Hazard Analysis and Risk Assessment in the Petroleum Refining and Storage Industry**. Report N° 10, 1982.
6. CONWAY, Richard A. **Environmental Risk Analysis for Chemicals**. West Virginia. Van Nostrand Reinhold Co, 1982.
7. De CICCO Francesco M.G.A.F & FANTAZZINI, Mario Luiz, **Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas**. 3 ed. S.P, FUNDACENTRO, 1979, 113p.
8. DOW Chemical Company. **Process Safety Manual**. Chemical Engineering Process, 1966.
9. GOW, H.B.F. & Key, R.W. **Emergency Planning for Industrial Hazards**. London, Elsevier Applied Science, 1988.
10. KLETZ, Trevor A. **Hazop And Hazan: Identifying and Assessing Process Industry Hazards**. 3rd ed. London, Institution of Chemical Engineers, 1992, 2V.
11. LEES, Frank P. **Loss Prevention in the Process Industries**. London, Butterworths, 1986.
12. LEWIS, D.J. **The Mond Fire and Explosion Index Applied to Plant Layout and Spacing**. 13th Loss Prevention Symposium, 1979.
13. —. **Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijmond Area, a Pilot Study**. Holland, D. Reidel Publishing Company, 1982.
14. —. **Management of Process Hazards**, American Petroleum Institute. Washington, DC, 1st ed., 1990.
15. The World Bank. **Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques**. Washington, DC Office of Environment and Scientific Affairs, 1985.
16. —. **I Seminário Internacional de Engenharia e Análise de Riscos em Indústrias Químicas e Petroquímicas** - ABGR e UFBA. Salvador - Brasil, 1987.
17. Mendes, R.F. **Risco Ambiental e seus Fatores de Avaliação** 1n: III Encontro Técnico sobre Engenharia da Confiabilidade, Rio de Janeiro, 1991. Rio de Janeiro, 1991, p. 232.
19. Bello, G.C. & Menicucci, D.S. **A Comprehensive Evaluation of the Risks Associated with a Large Industrial Area Including Cavern Storage of LPG; Chemical Plants and Sea/Road/Train/Pipe, Transportation Harzadous Goods**. In III Encontro Técnico sobre Engenharia da Confiabilidade, Rio de Janeiro, 1991. Rio de Janeiro, 1991, pg. 001.
20. CETESB. **Metodologia para Classificação, Avaliação e Gerenciamento dos Riscos de Acidentes Ambientais em Fontes Industriais**. São Paulo, 1988, pg. 15.1 - 15.13.
21. Frutuoso, P.F. Modelos de Consequências. In - **Técnicas de Análise de Risco**. São Paulo, CETESB, 1989.
22. —. **Premises for Risk Management: Risk Limits in the Context of Environmental Policy**. Annex to the Dutch National Environmental Policy Plan **Kiezen of Verliezer**. Second Chamen of the States General, Session 1988 - 1989, 21137, n°s 1-2 Ministry of Housing, Physical Planning and Environment. The Netherlands.

6 - EQUIPE TÉCNICA

6.1 Departamento de Tecnologia de Proteção e Recuperação Ambiental

Marcos Antonio Veiga de Campos

6.2 Divisão de Tecnologia de Riscos Ambientais

Ricardo Rodrigues Serpa

6.3 Setor de Análise de Riscos

Déborah Oliveira de Souza e Silva

José Carlos de Moura Xavier

Maria Cecília de Oliveira

Michico Ishihara

Ofélia Maria Simões de Matos Makaron

Ruth Zugman

Vivienne Maria Minniti

6804 6794

Mir fcs EETD
Júlia 6123
6121

6.4 Digitação

Vera Helena Mangini

6.5 Diagramação

Kazuo Sato

Data Aquis.:	16/3/98
Indic.:	PP - 26102
Livraria:	
Preço:	R\$
Data Tomba:	16/3/98