



CETESB

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL

PROCOP

PROGRAMA DE CONTROLE DE POLUIÇÃO

PROGRAMA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA

DIRETORIA DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO DE TECNOLOGIA

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA DE PROTEÇÃO E RECUPERAÇÃO AMBIENTAL

DIVISÃO DE TECNOLOGIA DE RISCOS AMBIENTAIS

SETOR DE ANÁLISE DE RISCOS

SETOR DE OPERAÇÕES DE EMERGÊNCIA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez
Av. Prof. Frederico Hermann Junior, 345 - Pinheiros
05489-900 - SÃO PAULO - BRASIL

AVALIAÇÃO E PREVENÇÃO DE ACIDENTES
INDUSTRIAIS POTENCIALMENTE PERIGOSOS
EM CUBATÃO

SÃO PAULO
setembro de 1991

0200
Se67a(RDET)
031399

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO

Luiz Antonio Fleury Filho
Governador

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE

Alaôr Caffé Alves
Secretário

CETESB

Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

Walter Lazzarini
Diretor-Presidente

Carlos Pedro Jens

Diretor de Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia

Lineu Rodrigues Alonso

Diretor de Controle da Poluição de Regiões Metropolitanas

Luiz Antonio Ercolin

Diretor de Treinamento e Transferência de Tecnologia

Paulo Cêsar de Sousa

Diretor de Normas e Padrões Ambientais

Ricardo Augusto Grecco Teixeira

Diretor Administrativo e Financeiro

Walter Godoy dos Santos

Diretor de Controle da Poluição do Interior

INDICE

 CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
 BIBLIOTECA

PÁG.

1.	INTRODUÇÃO.....	1
2.	METODOLOGIA	1
3.	CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO	3
3.1	Descrição do Processo	3
4.	CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO	7
4.1	Atividades Próximas à Planta	8
5.	IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS	11
5.1	Análise Histórica de Acidentes	13
5.1.1	Considerações Preliminares	13
5.1.2	Acidentes Envolvendo Etileno	14
5.1.2.1	Banco de Dados da CETESB	14
5.1.2.2	Causas dos Vazamentos em Plantas de Processo Etileno/Polietileno a Alta Pressão	16
5.1.2.3	Tipologia das Consequências dos Acidentes	17
5.1.2.4	Literatura Especializada	18
5.1.2.5	Manual do Instituto Brasileiro do Petróleo	20
5.1.3	Acidentes Envolvendo Propileno	21
5.1.3.1	Banco de Dados da CETESB	21
5.1.3.2	Tipologia das Consequências dos Acidentes	23
5.1.4	Acidentes Envolvendo Alcool Isopropílico	24
5.1.5	Acidentes Envolvendo Peróxidos Orgânicos	24
5.2	APR - Análise Preliminar de Riscos	25
5.3	Análise Crítica nas Instalações	42
5.3.1	Separação e Purificação de Gases	42
5.3.2	Reação	43
5.3.3	Ensaque	44
5.4	Hipóteses Acidentais	45
5.4.1	Listagem das Hipóteses Acidentais Seleccionadas ...	50
6.	ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS	50
6.1	Introdução	50
6.2	Definição das Secções de Ruptura	51

6.3	Modelos de Cálculo	51
6.4	Metodologia de Cálculo	53
6.5	Definição dos Dados de Entrada	58
6.5.1	Condições Atmosféricas	58
6.5.2	Tempos de Vazamentos	59
6.5.3	Outras Considerações	59
6.6	Análise dos Resultados Obtidos nas Simulações	60
6.6.1	Valores Adotados	62
6.6.2	Resultados das Simulações	63
6.6.2.1	Hipótese 3a/3b	63
6.6.2.2	Hipótese 4a	65
6.6.2.3	Hipótese 4b	67
6.6.2.4	Hipótese 5a	69
6.6.2.5	Hipótese 8b	71
7.	ANÁLISE DE VULNERABILIDADE	73
8.	CONSIDERAÇÕES GERAIS	78
9.	EQUIPE TÉCNICA	80
10.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
11.	ANEXOS	83
11.1	ANEXO I - Fichas Técnicas das Principais Substâncias Envolvidas no Processo	84
11.2	ANEXO II - Frequência do Vento por Direção e Velocidade	91
11.3	ANEXO III - Simulações das Consequências	93
11.4	ANEXO IV - Mapas de Vulnerabilidade	144

1. INTRODUÇÃO

A partir da crescente ocorrência de acidentes envolvendo a liberação de produtos químicos em instalações industriais, cada vez mais os órgãos governamentais vêm investindo no desenvolvimento de metodologias para analisar estes riscos, visando prevenir a ocorrência de acidentes, ou mesmo minimizar os danos decorrentes de situações que possam comprometer o meio ambiente.

O Governo do Estado de São Paulo, através da CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental, vem desenvolvendo o Programa de Prevenção e Gerenciamento de Riscos, com o objetivo de ordenar e disciplinar as atividades geradoras de acidentes ambientais.

Assim, este programa vem atendendo as necessidades relativas ao aprimoramento das ações tanto corretivas, como preventivas, havendo no entanto a necessidade de um maior investimento nestas últimas. Em decorrência deste fato, a CETESB buscou em metodologias internacionais a introdução de técnicas voltadas para a elaboração de estudos de análise e avaliação de riscos, objetivando prevenir a ocorrência dos acidentes.

Para tanto, em 1987 sob a coordenação do PROCOP, a CETESB iniciou o desenvolvimento do projeto "Avaliação e Prevenção de Acidentes Industriais Potencialmente Perigosos em Cubatão", cujo objetivo é realizar estudos de análise e avaliação de riscos em indústrias do pólo industrial, segundo a metodologia do Banco Mundial. Cabe ressaltar que este projeto ainda não está encerrado, uma vez que o micro-computador previsto no investimento não foi adquirido.

Das empresas anteriormente selecionadas pela CETESB, só foi possível levar adiante o projeto junto a Union Carbide, dada a colaboração prestada pela empresa. Assim, este relatório tem por finalidade apresentar o estudo desenvolvido para as instalações da referida empresa em Cubatão, bem como os resultados obtidos no mesmo.

2. METODOLOGIA

Como poderá ser observado ao longo deste relatório, a metodologia desenvolvida para o estudo de análise e avaliação de riscos da unidade de fabricação de polietileno de baixa densidade da fábrica de Cubatão da Union Carbide, não corresponde à metodologia estabelecida pelo Banco Mundial. Tal fato pode ser justificado através da experiência adquirida pela CETESB nos últimos anos, que fez com que a mesma entrasse em contato com modernas técnicas para análise e avaliação de riscos, mais estruturadas e eficazes, razão pela qual foi adotada uma metodologia que permite identificar os riscos potenciais de acidentes em atividades industriais, de maneira diferente daquela sugerida pelo Banco Mundial, sem contudo alterar os objetivos propostos por esta última.

Além disso, foi observado no decorrer do projeto que a metodologia adotada pelo Banco Mundial abrange detalhes muito específicos, tornando sua aplicação neste projeto praticamente inviável, principalmente em função da carência de recursos humanos e tempo disponível para a sua execução.

Assim, a metodologia adotada pela CETESB iniciou-se com um estudo da planta e da casuística de acidentes ocorridos em plantas similares, através do desenvolvimento de uma "Análise Histórica de Acidentes", baseada em informações obtidas em bancos de dados, e também em bibliografias específicas.

A partir de então foi obtido um universo de tipologias acidentais relativas à frequência que se manifestam, suas causas e a magnitude de suas consequências.

Em seguida foi realizado um estudo analítico da planta de interesse específico para verificar entre as tipologias acidentais identificadas anteriormente, aquelas que poderão ocorrer na planta em estudo. Estas mesmas técnicas permitiram também a identificação de outras tipologias acidentais específicas da planta em questão.

Desta forma, após selecionados os eventos acidentais mais significativos, foram definidas as hipóteses acidentais. Para cada hipótese acidental selecionada foram estudadas suas consequências, utilizando-se modelos de simulação apropriados.

Os resultados obtidos nas simulações das consequências foram então analisados em termos de vulnerabilidade da área circunvizinha à planta, observados fatores como população, tipos de edificações e proximidade a corpos d'água, entre outros, elaborando-se uma avaliação dos efeitos, expressa sob a forma de mapeamento da intensidade das radiações térmicas de incêndios e de sobrepressões decorrentes de explosões.

Após a análise destes resultados puderam ser sugeridas medidas para o controle dos riscos, visando a eliminação dos mesmos ou a minimização de suas consequências.

A natureza dos resultados do estudo desenvolvido é qualitativa, uma vez que para o projeto em questão, tendo em vista o objetivo de aprendizado dos técnicos da CETESB, e ainda a indisponibilidade de dados quantitativos, optou-se pela não quantificação do estudo, e conseqüentemente a não determinação dos índices de risco social e individual.

Deve-se ressaltar que a etapa de identificação de riscos foi discutida e avaliada pelos técnicos da Union Carbide. Cabe também lembrar que, provavelmente o desenvolvimento de uma Análise de Perigo e Operabilidade, conhecida como HazOp, seria mais apropriada para o caso em questão, uma vez que tal fábrica encontra-se em operação há cerca de trinta anos.

3. CARACTERIZAÇÃO DO EMPREENDIMENTO

A unidade de fabricação de polietileno da Union Carbide do Brasil localiza-se no município de Cubatão, à margem da Rodovia Cubatão-Guarujá, junto à margem esquerda do Rio Perequê (Figura 1), distando cerca de 3,2 km do centro da cidade, estando a aproximadamente 2,8 km da Vila Parisi e de outros núcleos urbanos existentes na região.

A atividade principal desta unidade é a fabricação de polietileno de baixa densidade (100000 ton produzidas em 1990), produzido através de processo a alta pressão.

A empresa ocupa uma área de 858778 m², tendo uma área construída de 31453 m². A distribuição das unidades da planta industrial encontra-se na Figura 2.

O processo de fabricação é contínuo, produzindo durante 365 dias/ano. No total a empresa emprega 366 funcionários, sendo 202 na área administrativa e 164 na produção.

Na área de produção os funcionários trabalham em turnos de seis horas, conforme segue: das 02:00 horas às 08:00 horas, das 08:00 às 14:00 horas, das 14:00 horas às 20:00 horas e das 20:00 às 02:00 horas. Trabalham por turno 25 funcionários, sendo que um grupo está sempre de folga. No turno das 08:00 horas às 14:00 horas encontram-se na planta o maior número de funcionários, num total de aproximadamente 230 pessoas, uma vez que boa parte deste turno coincide com o horário administrativo.

3.1 Descrição do Processo

O polietileno é uma resina termoplástica, obtida a partir da polimerização do etileno. Esta unidade utiliza o processo de fabricação a alta pressão e peróxido orgânico (TBPO), como catalizador.

A fabricação do polietileno exige etileno com elevada pureza, razão pela qual é necessária inicialmente sua purificação para a remoção de etano e metano. Assim, em seguida adiciona-se ao etileno de alta pureza um catalizador que fornece os radicais livres.

A mistura é então comprimida à pressão de operação (aproximadamente 2200 atm) e introduzida no reator, que é mantido à temperaturas entre 200 e 350°C. O efluente do reator passa por processo de separação, onde o etileno que não reagiu é removido e recirculado.

O líquido do separador é o polietileno incolor que pode então ser extrusado, resfriado, solidificado, cortado e armazenado.

A Figura 3 mostra o fluxograma simplificado do processo.

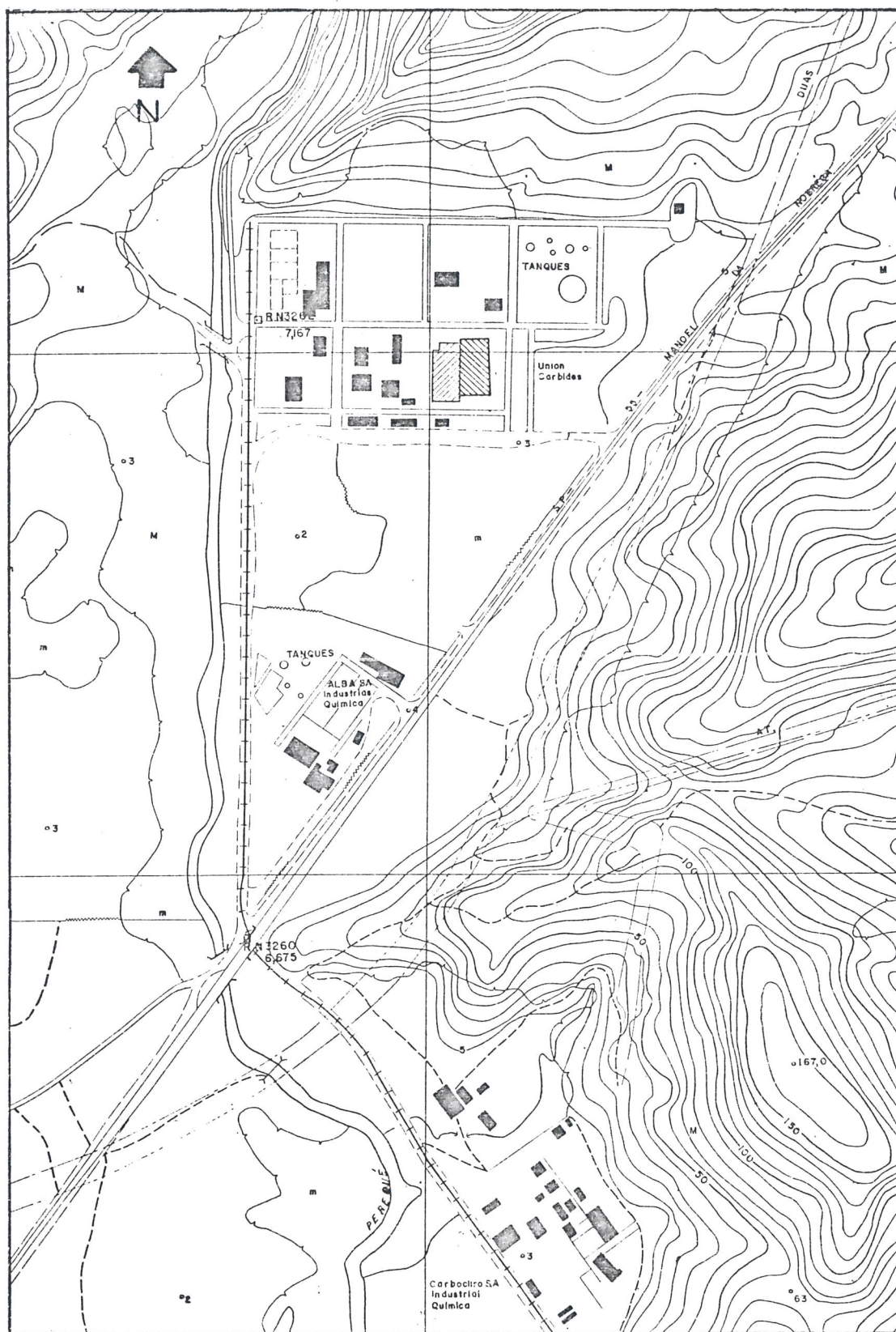
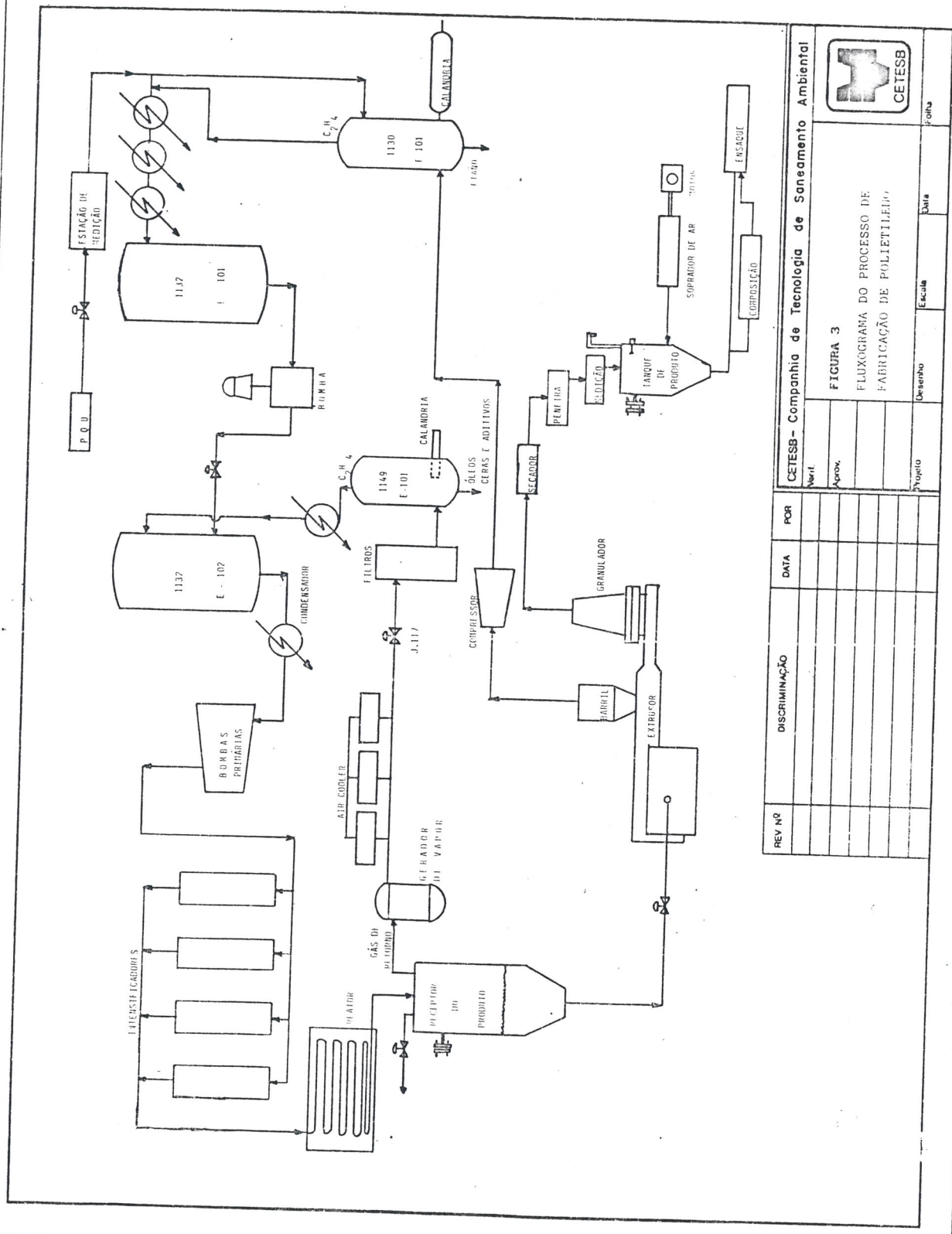


FIG.1- PLANTA DE LOCALIZAÇÃO - ÁREA OCUPADA PELA INDÚSTRIA
ESC.: 1/10000 (Escala)





CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental			
Rev. Nº	Projeto	Desenho	Escala
DATA	DATA	DATA	DATA
DISCRIMINAÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	DISCRIMINAÇÃO	DISCRIMINAÇÃO
REV Nº	DATA	DATA	DATA

FORMATO - A3 - 297 x 420

As matérias-primas utilizadas na produção do polietileno com as respectivas quantidades mensais (1989), são as seguintes:

Produto	Quantidade/mês (m3)
Etileno	9000,0
Isopropanol	58,0
Aditivos	78,0
Peróxidos	2,5

As outras substâncias listadas a seguir, estão presentes na planta e são utilizadas como combustíveis, lubrificantes, na refrigeração do sistema, como componentes em equipamentos e outros:

Produto	Quantidade/mês (m3)
Propileno	6,0
Óleo Combustível	875,0
Tail-Gás	28800000,0

Considerando as características de periculosidade das substâncias envolvidas no processo, foram estudadas mais detalhadamente as seguintes substâncias: etileno, propileno, isopropanol e peróxido orgânico. As fichas técnicas das mesmas, contendo suas principais características estão apresentadas no Anexo I.

O armazenamento, dependendo do produto, é feito em tanques, como é o caso do etileno, propileno, isopropanol, soda cáustica e óleo combustível. Já os aditivos, polietileno e peróxidos, são embalados em sacos de papel ou plásticos, ou em tambores, e estocados em armazéns. A empresa possui áreas específicas destinadas a armazenagem do polietileno e a tancagem dos demais produtos.

4. CARACTERIZAÇÃO DA REGIÃO

O município de Cubatão possui 160 Km² de área, sendo cerca de 58 % constituídos de serras e morros, 24 % de manguezais e 18 % de planícies aluviais. Localiza-se no litoral paulista, distante cerca de 60 km da cidade de São Paulo e 20 km de Santos.

As montanhas correm paralelas à linha da costa (SW-NE), com uma altitude média de 800 m acima do nível do mar, apresentando uma distribuição muito irregular de complexos industriais e habitacionais.

O clima é quente e úmido, com temperatura média de 24°C e umidade relativa do ar superior a 80 %. Nesta região, os maiores índices pluviométricos ocorrem durante o verão, nos meses de novembro a março, com valores médios variando entre 2000 e 3000 mm anuais.

Na região de Cubatão há predominância dos ventos Sudoeste durante o dia, com forte interferência da brisa marítima, e de ventos Nordeste durante a noite, na maior parte do ano. Este último, associado ao vento frio de drenagem da Serra do Mar, pode se estender durante o dia, dependendo das condições sinóticas dominantes.

Eventuais escapes de gases durante o dia terão grandes chances de serem direcionados para a região da Vila Parasi, sendo que à noite o deslocamento será, provavelmente, direcionado para a região central de Cubatão.

As Figuras 4 e 5 apresentam os mecanismos de circulação atmosférica na Serra do Mar e na baixada litorânea, bem como as principais correntes aéreas locais.

Dados obtidos na estação medidora da CETESB em Vila Parasi, no período de 1987 a 1989, apresentados no Anexo II, indicam velocidades variando entre zero e 5,5 m/s, com velocidade média de 2,2 m/s, frequência superior a 95 % e nas seguintes direções preferenciais: N, N-NE, S e S-SW.

As faixas de velocidade situam-se em 37 % do tempo entre zero e 1,5 m/s, 29 % entre 1,6 e 2,5 m/s e 27 % entre 2,6 e 5,5 m/s. Neste trabalho, para efeito das simulações de vazamentos foi considerada a velocidade média dos ventos como sendo de 2,2 m/s.

A população estimada no município de Cubatão para 1990, foi de 101544 habitantes, considerando a taxa geométrica de crescimento anual de 2,92 ao ano, tendo por base o censo de 1980 (SEADE), o que representa uma densidade demográfica de 634,64 habitantes/km².

Na Vila Parasi, a população remanescente, segundo dados da Comissão Municipal de Defesa Civil, é de 80 famílias, totalizando aproximadamente 320 pessoas, estando previsto, para o futuro, a implantação de um terminal de cargas nesta área.

4.1 Atividades Próximas a Planta

A área onde se localiza a Union Carbide é parte integrante dos programas desenvolvidos pela Comissão Especial para a Restauração da Serra do Mar em Cubatão, com vistas a prevenir e controlar escorregamentos das encostas da serra, em função da degradação da vegetação das encostas, em decorrência da poluição gerada pelo pólo industrial, associada a outros fatores naturais.

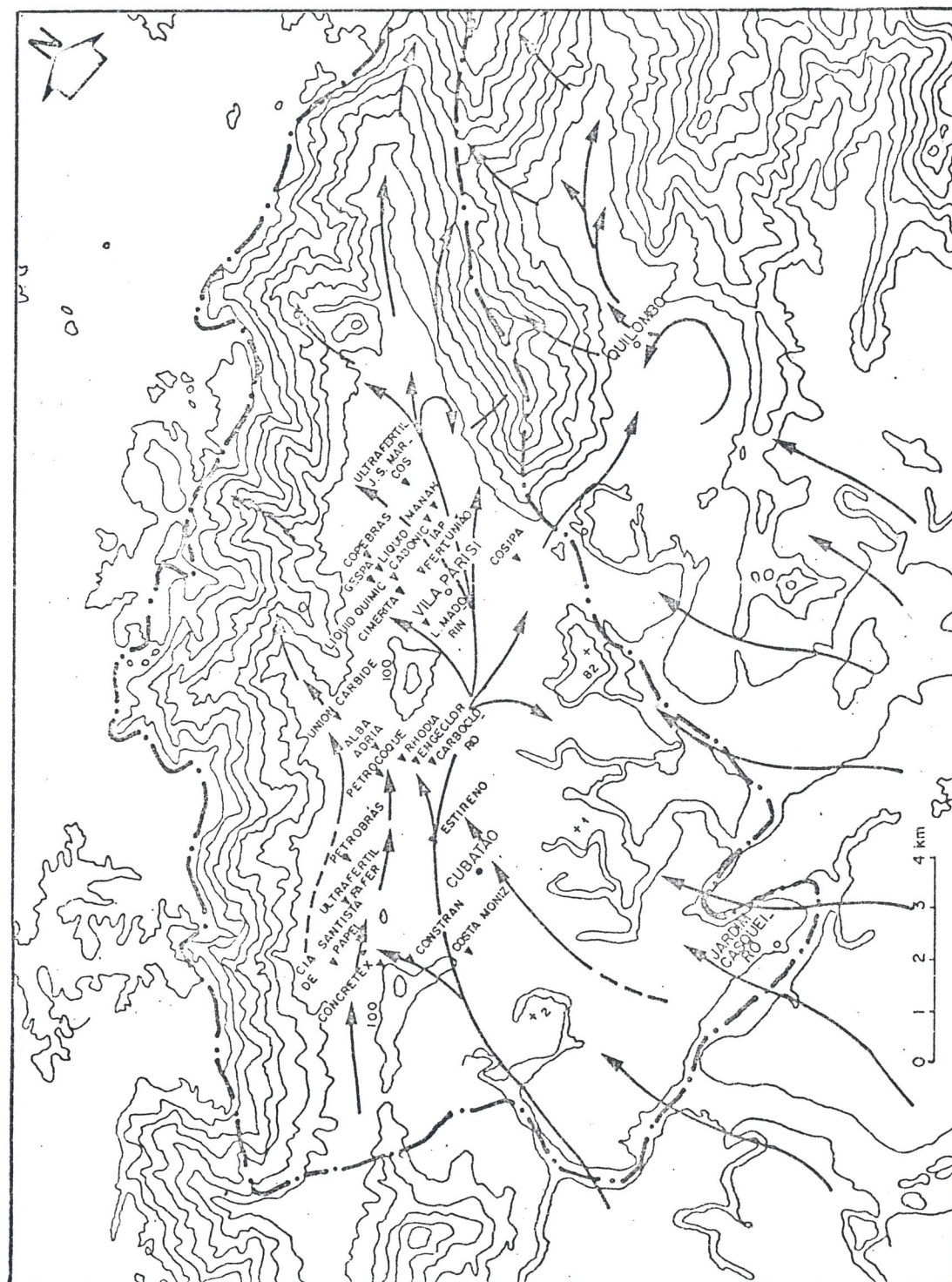


FIG.4 - FLUXO DE VENTO OBSERVADO NA ÁREA DE CUBATÃO NO PERÍODO DIURNO (aquecimento) SOB CONDIÇÕES DE ALTA PRESSÃO (anticiclone)

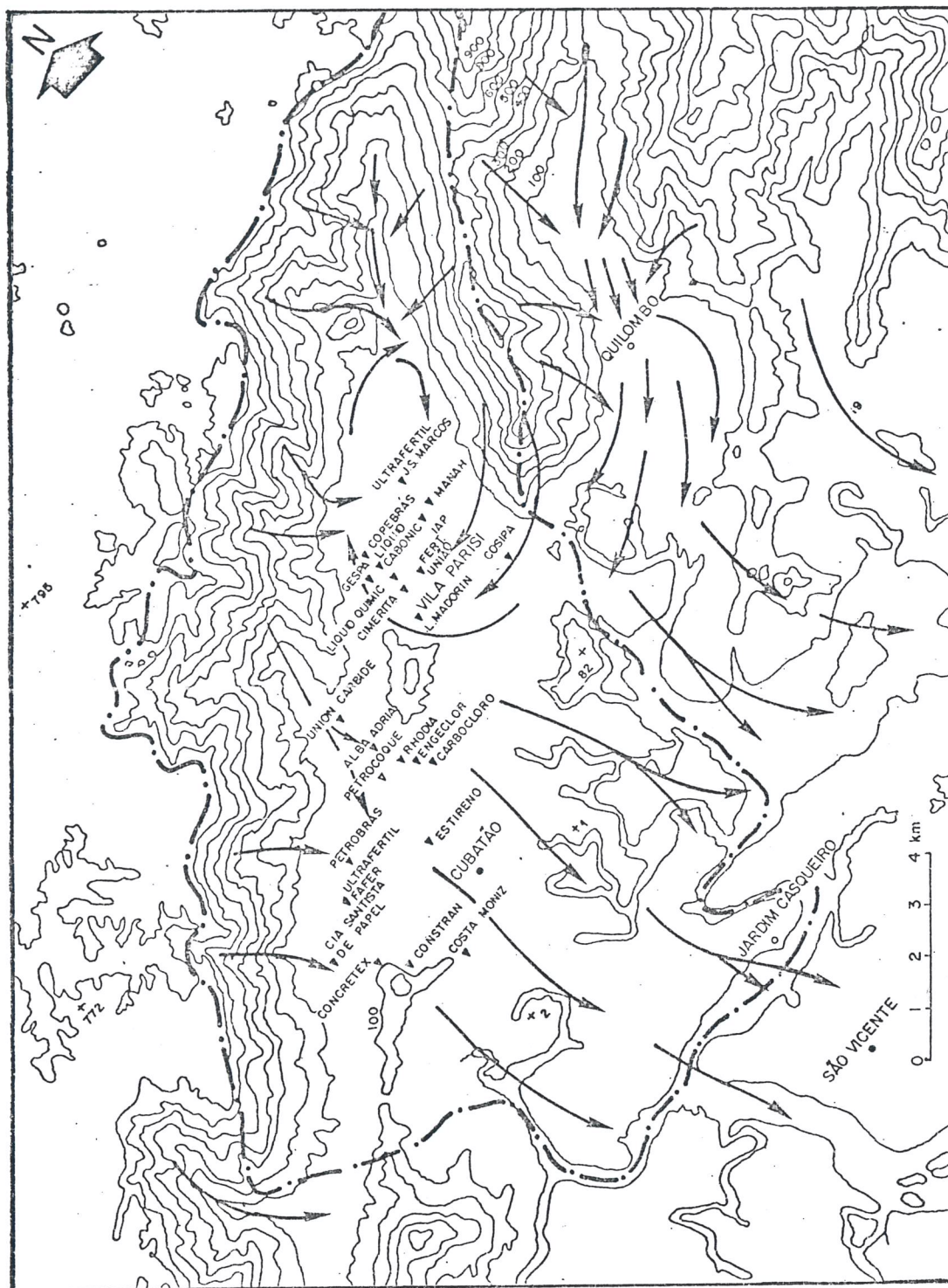


FIG. 5 - FLUXO DE VENTO OBSERVADO NA ÁREA DE CUBATÃO NO PERÍODO NOTURNO (estriamento)
SOB CONDIÇÕES DE ALTA PRESSÃO (anticiclone)

De acordo com o relatório da Comissão, período 1985/1986, a região das encostas, foi subdividida em nove setores, estando a Union Carbide situada dentro dos limites do Setor 4 (Vale do Rio Perequê) e do Setor 8 (Dutos), conforme pode ser observado na Figura 6. Ainda de acordo com o mesmo relatório, o Setor 4 foi considerado "área medianamente degradada", e as soluções adotadas para esta região foram a execução de diques ao longo do rio, isolando as indústrias de possíveis transbordamentos, remoção de material assoreado, execução de novos barramentos e dragagem dos Rios Perequê e Cubatão.

No que se refere ao Setor 8, os riscos existentes são decorrentes das movimentações da encosta tornando possível a ocorrência de rompimento dos dutos ali existentes, devido a pequenas acomodações, potencializadas por deficiências na execução de cortes e aterros realizados na área. A solução proposta para este caso foi a instalação de equipamentos de segurança para o monitoramento das movimentações e execução de obras para tratamento das drenagens da região.

Nas áreas circunvinhas à Union Carbide, encontram-se instaladas nas duas margens do Rio Perequê, as seguintes empresas:

- Na margem esquerda do Rio Perequê têm-se a Alba Química (produção de resinas, 170 funcionários), AGA (produção de gases industriais como o Nitrogênio, Oxigênio e Argônio, 35 funcionários), mais a jusante, próximo à foz no Rio Cubatão, as empresas Titanor (fabricação e restauração de anodos de titânio, 26 funcionários), Rhodia (fabricação de solventes clorados, 16 funcionários), Engeclor (produção de Cloreto de Carbono, 30 funcionários) e Carbocloro (fabricação de Cloro e derivados, com 468 funcionários).
- Na margem direita do Rio Perequê, em frente a Union Carbide existe a subestação de energia elétrica da Eletropaulo, e mais a jusante a Petrocoque (produção de coque de petróleo calcinado, 151 funcionários) e a Refinaria Presidente Bernardes (refino de petróleo, 225 funcionários).

Além das atividades industriais propriamente ditas, ao longo da Rodovia Cubatão - Guarujá observa-se a existência de outras atividades comerciais, como empresas de transporte, postos de abastecimento de combustíveis e alojamentos de empreiteiras.

Deve-se considerar também o intenso tráfego existente na Rodovia Cubatão - Guarujá, com um volume médio diário de 17978 veículos em ambas as pistas, registrado no ano de 1987, conforme dados do DERSA.

5. IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS

A etapa de identificação dos riscos consiste na aplicação de técnicas de busca de informações, estruturadas ou não, e outros métodos para a detecção analítica de falhas, as quais permitem um



FIG. 6 - SETORIZAÇÃO DA SERRA DO MAR EM CUBATÃO

conhecimento dos riscos potenciais de uma instalação, propiciando assim a definição das seqüências acidentais que possam vir a acarretar a liberação de matéria e/ou energia. Neste trabalho, para a identificação dos riscos foram utilizadas a Análise Histórica de Acidentes, Análise Preliminar de Riscos e vistorias nas instalações da fábrica, as quais propiciaram os subsídios necessários para definição das hipóteses acidentais mais relevantes.

5.1 Análise Histórica de Acidentes

5.1.1 Considerações Preliminares

A análise histórica de acidentes ocorridos em instalações similares deve ser realizada através de consultas a banco de dados de acidentes, quando disponíveis, e/ou através de literatura especializada, as quais fornecem as informações a serem analisadas e triadas de maneira que possam ser consideradas as causas mais comuns e relevantes que geraram, no passado, acidentes significativos.

Outro importante dado proveniente da consulta a banco de dados de acidentes é a estimativa da frequência da probabilidade de ocorrência de acidentes em determinadas plantas, equipamentos ou atividades, devendo-se utilizar para tal conceitos básicos de estatística aplicada.

A análise de acidentes passados, suas causas, efeitos e circunstâncias em que ocorreram é de fundamental importância para identificação de situações propícias a acidentes, facilitando assim a implantação de medidas tanto preventivas, como corretivas e de intervenção em situações emergenciais. Dispondo-se de dados adequados e suficientes é possível obter-se resultados esclarecedores de um estudo retrospectivo.

No entanto, existem alguns fatores que podem dificultar a realização de estudos retrospectivos de acidentes, e que podem afetar a qualidade dos resultados. O principal problema diz respeito ao teor das informações disponíveis dos acidentes as quais, em sua maioria consistem em informações superficiais sobre as ocorrências. Outro aspecto a ser ressaltado é quanto a dificuldade para implantação de uma sistemática para coleta de informações de acidentes nas mais diversas localidades e atividades em todo o mundo.

O estudo aqui apresentado teve por objetivo identificar as possíveis hipóteses acidentais que levaram à ocorrência de acidentes relevantes, particularmente a nível internacional, envolvendo os produtos: etileno, álcool isopropílico, propileno e peróxidos orgânicos, ou seja, os principais produtos utilizados no processo de fabricação de polietileno a alta pressão.

Deve-se ressaltar que foram considerados somente acidentes relevantes, ou seja, ocorrências que geraram consequências de médio e grande portes, com repercussões significativas a instalações industriais, patrimônio público e privado, pessoas e meio ambiente, não incluindo portanto pequenos vazamentos ou escapes de líquidos ou vapores.

A pesquisa dos acidentes foi realizada no Banco de Dados da CETESB, denominado SINCAAM - Sistema Nacional de Cadastramento de Acidentes Ambientais, que contém informações de acidentes desde a década de 40, ocorridos em mais de quarenta países, dentre os quais pode-se destacar a Austrália, Argentina, Alemanha, Bélgica, Canadá, China, Espanha, Estados Unidos, França, Itália, Japão, México, Suécia, Venezuela e Brasil.

Os acidentes constantes deste Banco de Dados ocorreram nas indústrias química, cerâmica, alimentícia, plástica, refino de petróleo, papel e celulose e metalúrgica, além de ocorrências nas atividades de extração de petróleo e gás, geração de energia, armazenamento e transporte de produtos químicos.

Independentemente dos acidentes selecionados no Banco de Dados da CETESB foram ainda pesquisadas as causas de falhas mais frequentes em plantas em operação no mundo constantes de duas literaturas específicas, ou seja, "Safety in Polyethylene Plants" e "Safety in High Pressure Polyethylene Plants".

Estes dois trabalhos são compostos de artigos escritos por engenheiros e consultores das empresas que possuíam, ou possuem, unidades de produção de polietileno a alta pressão, tais como: ATO Chemie (França) (4), Dart Industries (EUA) (11), DSM Plastic (Holanda) (8), Du Pont (EUA) (2) e a própria Union Carbide (15).

Os artigos mostram a experiência na operação destas plantas desde o seu advento no início dos anos 40. Os autores descrevem estudos nos quais puderam ser identificados pontos de riscos, bem como as falhas mais comuns encontradas neste tipo de planta.

No caso do etileno, além destas bibliografias e do Banco de Dados, também foram analisados dois acidentes descritos no manual de etileno do Instituto Brasileiro do Petróleo (7).

5.1.2 Acidentes Envolvendo Etileno

5.1.2.1 Banco de Dados da CETESB

Os dados pesquisados no Banco de Dados da CETESB, mostraram que o maior número de acidentes com etileno ocorreu na indústria química. Pode-se observar que a incidência de acidentes aumentou neste tipo de indústria ao longo do período considerado (1955 - 1985), permanecendo relativamente constante nas outras atividades. Por outro lado, a análise dos tipos de plantas em que ocorreram os acidentes com etileno mostrou, que a maioria dos casos (91,7%) foi registrada em plantas de processo, o que demonstra uma maior vulnerabilidade dos sistemas não estáticos.

Com relação às plantas de processo, observou-se que cerca de 45 % dos acidentes que envolveram o etileno ocorreram nas plantas de produção de polietileno de baixa densidade a alta pressão.

As Tabelas 1, 2 e 3 apresentam, respectivamente, a incidência de acidentes com etileno de acordo com o tipo de atividade, tipo de planta e tipo de processo.

Tabela 1 - Incidência de Acidentes com Etileno por Tipo de Atividade - Banco de Dados da CETESB - 1955 a 1985

Tipo de Atividade	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Indústria Química	5	1955-1964	83,4
	7	1965-1974	
	8	1974-1984	
Refinaria	1	1963	8,3
	1	1985	
Transporte	1	1971	8,3
	1	1984	
T O T A L	24	1955-1985	100,0

Tabela 2 - Incidência de Acidentes com Etileno por Tipo de Planta - Banco de Dados da CETESB - 1955 a 1985

Tipo de Planta	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Processo	6	1955-1964	91,8
	7	1965-1974	
	8	1975-1984	
	1	1985	
Transporte Rodoviário	1	1971	4,1
Transporte Marítimo	1	1985	4,1
T O T A L	24	1955-1985	100,0

Tabela 3 - Incidência de Acidentes com Etileno por Tipo de Processo - Banco de Dados da CETESB - 1955 a 1985

Tipo de Processo	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Polietileno a Alta Pressão	5	1955-1964	45,0
	2	1965-1974	
	3	1975-1984	
Outros	4	1965-1974	36,0
	4	1985	
Desconhecidos	2	1965-1974	19,0
	2	1975-1984	
T O T A L	22	1955-1985	100,0

5.1.2.2 Causas dos Vazamentos em Plantas de Processo Etileno/Polietileno a Alta Pressão

Após a análise dos dados relativos aos acidentes pesquisados no Banco de Dados da CETESB foram identificadas as principais causas que originaram tais ocorrências e resultaram em acidentes relevantes nas plantas de produção de polietileno, a partir do etileno a alta pressão.

A Tabela 4, apresentada a seguir, mostra que 70% dos acidentes ocorreram devido a falhas de equipamentos. Uma análise mais apurada dos dados permite concluir que na realidade, estas falhas referem-se, particularmente, a ruptura ou furos em tubulações ou em reatores, devido principalmente a fadiga do material causada pelas condições estressantes deste tipo de processo, como a alta pressão e a vibração causada pelos intensificadores e compressores. Este fato pode induzir a conclusão de que esta falha ou fadiga pode estar associada com:

- projeto, construção e utilização de materiais de baixa qualidade, o que denota falha ou ausência de especificação dos mesmos, no controle de qualidade e/ou nos procedimentos de teste;
- ausência de inspeção ou realização de programas de manutenção inadequados.

As falhas relacionadas com a instrumentação referem-se nos dois casos analisados a falhas em detectores de gases.

Tabela 4 - Causas de Acidentes com Etileno
Banco de Dados da CETESB - 1955 a 1985

Causas de Vazamento	Nº de Falhas	Distribuição Percentual (%)
Falha de Equipamentos	7	70,0
Falha de Instrumentação	2	20,0
Desconhecida	1	10,0
T O T A L	10	100,0

Dessa forma, ainda com relação as causas de vazamentos de etileno, foi possível concluir que as principais fontes passíveis de ocorrerem acidentes são as tubulações que ligam os diversos equipamentos e o reator.

5.1.2.3 Tipologia das Consequências dos Acidentes

A distribuição percentual dos casos estudados, em função das consequências geradas, está apresentada na Tabela 5.

Neste caso, para efeito de avaliação das consequências, foram analisadas todas as ocorrências onde houveram vazamentos de etileno, ou seja, foi considerado o comportamento do produto, independentemente do tipo de processo.

Tabela 5 - Distribuição Percentual das Consequências de Acidentes Envolvendo Etileno - Banco de Dados da CETESB - 1955 a 1985

Consequências	Nº de Ocorrências	Distribuição Percentual (%)
UVCE	9	41,0
UVCE/Incêndio	7	32,0
CVE	3	13,5
Incêndio	1	4,5
FLASHFIRE	1	4,5
Vazamento	1	4,5
T O T A L	22	100,0

Neste item deve-se entender como:

- UVCE : explosão de nuvem de vapor não confinada;
- UVCE/Incêndio: explosão de nuvem de vapor não confinada, seguida de incêndio;
- CVE : explosão de nuvem de vapor confinada;
- FLASHFIRE : flasheamento;
- VAZAMENTO : liberação do produto.

5.1.2.4. Literatura Especializada

Como já mencionado anteriormente foram ainda analisadas as causas iniciadoras de acidentes ocorridos em plantas em operação no mundo desde o advento do processo de fabricação do polietileno de baixa densidade utilizando alta pressão.

Na realidade, o que se pretende mostrar neste item é a experiência de engenheiros e consultores destas plantas, descrevendo as suas conclusões com relação aos principais pontos de riscos, erros e falhas que ocorreram ou podem ocorrer durante a operação destas plantas.

Da série de artigos que compõem os dois trabalhos "Safety in Polyethylene Plants" e "Safety in High Pressure Polyethylene Plants", pode-se enumerar as seguintes conclusões, as quais vem de forma absoluta confirmar os dados já levantados no Banco de Dados:

- a. O vazamento do gás etileno é bastante comum entre as várias etapas do resfriador do compressor secundário (1) (4) (10). A causa principal é a fadiga (fratura, furo) das tubulações que fazem parte deste sistema, particularmente nas curvas e conexões. A fadiga do material é causada pela vibração dos compressores (1) (4) (10).
- b. Os compressores de alta pressão tornaram-se grandes ao longo dos anos aumentando, conseqüentemente, os seus problemas. Após quatro anos de coleta de dados os autores (12) (13) foram capazes de determinar os tipos de problemas que irão se desenvolver nesta unidade. A maioria destes problemas está relacionada com todos os tipos de vibração, as quais podem influenciar na segurança da planta. Esta vibração é particularmente causada por :
 - oscilação do suporte causada por forças inertes;
 - pulsação do gás nas linhas;

- ruído;
 - ajuste impróprio do mancal de escora (ou de pressões longitudinais) com colares múltiplos;
 - desgaste do êmbolo da gaxeta;
 - perda do mancal de escora (conexões do êmbolo) ou perda da gaxeta de vedação (bucha) refrigerante;
 - mal funcionamento ou funcionamento impróprio do mancal de escora;
 - rachaduras internas;
 - falha na sapata da cruzeta.
- c. O material escolhido para o trabalho a alta pressão deve ser resistente a corrosão ou "stress" provocado pelo hidrogênio (fragilização pelo H_2), particularmente nas juntas cônicas fabricadas em ligas de aço inoxidável não corretamente especificadas. Este hidrogênio é formado na decomposição do etileno (2) (3).
- d. A mistura ar-etileno é explosiva em concentrações de 3 a 30 % vol e a força destrutiva de 1lb da mistura pode ser equivalente a 1 lb de TNT. Portanto, fazer a purga adequada da resina pronta, ou seja, separação do monômero que não reagiu é uma das formas de se evitar a formação desta mistura, sendo particularmente desejável, pois durante o transporte pneumático dos pelets de polietileno podem ser geradas faíscas de eletricidade estática, o que vem a ser uma fonte de ignição para a mistura explosiva (15) (17).
- e. A reação de polimerização é iniciada através da adição de O_2 ao etileno. A quantidade necessária para um bom rendimento do polímero varia com a pressão e temperatura de reação. Se o conteúdo de O_2 for baixo, a reação de polimerização será lenta e o rendimento pobre; mas por outro lado, se for muito alto o etileno decompõe-se. A reação de decomposição é um dos maiores perigos na produção de polietileno por alta pressão. O etileno decompõe-se em hidrogênio e metano gerando uma explosão violenta (11).
- f. Segundo a experiência dos autores (6) as principais causas de vazamento de etileno são as falhas mecânicas dos equipamentos e dos sistemas de linhas devido a carga cíclica da pressão interna ou da vibração.

Nos sistemas de linhas as principais falhas causadas pela vibração atingem :

- pequenos braços de conexão usados para conectar indicadores de pressão, pontos de amostragem, drenos, vents e outros sistemas auxiliares da operação principal;
 - na operação principal esta falha ocorre nas proximidades dos compressores de alta pressão; estas falhas são do tipo fadiga e ocorrem nas ramificações, conexões (50 % das falhas) e outros pontos de concentração de stress.
- g. As plantas de polietileno envolvem problemas de operação com pressões muito altas, além da inflamabilidade dos gases, o que requer um desenho especial para os compressores (8) (10). Uma das maiores fontes de perigo está justamente localizada nos compressores. De fato, os problemas gerados pela alta pressão são agravados pelas flutuações de pressão entre a sucção e os níveis de recalque dentro dos cilindros. Estas flutuações causam consequente fenômeno de fadiga. Uma análise mais apurada das falhas que ocorrem nos compressores, mostrou que as principais causas são:
- alinhamento errado dos êmbolos (pistões);
 - corrosão do embolo na sua conexão do "thrust piece";
 - fratura por fadiga do mecanismo da manivela e parte do cilindro;
 - pulsação de pressão excessiva nas linhas;
 - decomposição do gás nos cilindros;
 - obstrução dos dutos de gás dentro dos cilindros.
- h. As principais fontes de ignição identificadas são (5):
- interruptores de equipamentos (switchs);
 - motores;
 - ferramentas;
 - eletricidade estática formada por correias, cintos e roupas;

5.1.2.5 Manual do Instituto Brasileiro do Petróleo

A seguir estão descritos dois acidentes relatados no manual do etileno publicado pelo Instituto Brasileiro de Petróleo, coletados pela Manufacturing Chemists Association, dos Estados Unidos, no "Case Histories of Accidents in the Chemical Industry".

- a. Vazamento em compressor: vazamento de etileno a alta pressão provocou uma situação de alto risco; por muita sorte não ocorreu incêndio devido ao produto que escapava sob pressão elevada. O vazamento ocorreu na conexão de um manômetro na descarga do segundo estágio de um compressor. A conexão era um niple de aço inoxidável especificado para ANSI Schedule 80. Realmente, verificou-se que o niple usado era Schedule 40, que felizmente só falhou parcialmente. O vazamento durou meia hora sem maiores consequências.
- b. O acidente ocorreu durante a instalação de uma linha de 1" de um tanque de etileno para uma linha de distribuição. Esta tarefa estava sendo executada antes de uma parada programada, de modo a permitir que o sistema de etileno fosse despressurizado e o produto recuperado. Provavelmente um vazamento na linha de distribuição formou uma pressão de gás no tubo que estava com a válvula fechada. Acredita-se que a mistura ar-etileno na linha entrou em combustão produzida por faísca gerada no desparafusamento da válvula do tubo.

5.1.3 Acidentes Envolvendo Propileno

5.1.3.1 Banco de Dados da CETESB

Com relação a ocorrência de acidentes envolvendo propileno apenas foram encontrados dados no Banco de Dados da CETESB. Não foi encontrada nenhuma literatura especializada, nem mesmo nenhum relato de vazamento de propileno em plantas de polietileno utilizando processo a alta pressão.

As tabelas 6, 7 e 8 apresentam respectivamente, a incidência de acidentes com propileno por tipo de atividade, tipo de planta e por tipo de processo, de acordo com os dados levantados no referido Banco de Dados.

A análise destes dados mostrou que o maior número de acidentes com propileno ocorreu na indústria química (77%), o mesmo podendo ser observado em relação ao tipo de planta, ou seja, a maior incidência de acidentes ocorreu nas plantas de processo (69%).

Com relação as plantas de processo observou-se que nenhum dos acidentes encontrados no Banco de Dados pesquisado referem-se a plantas de produção de polietileno, portanto, concluiu-se que numa planta do tipo da Union Carbide, ou seja, produção de polietileno de baixa densidade por processo a alta pressão, é bastante improvável o vazamento deste produto. Dessa forma, não serão analisadas as causas de vazamento de propileno; pois, não representariam a situação em questão.

Tabela 6 - Incidência de Acidentes com Propileno por Tipo de Atividade - Banco de Dados da CETESB - 1963 a 1985

Tipo de Atividade	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Indústria	3	1963 - 1972	77,0
Química	6 1	1973 - 1982 1985	
Transporte	2 1	1972 1982	23,0
T O T A L	13	1963 - 1985	100,0

Tabela 7 - Incidência de Acidentes com Propileno por Tipo de Planta - Banco de Dados da CETESB - 1963 a 1985

Tipo de Planta	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Processo	3 5 1	1963 - 1972 1973 - 1982 1985	69,0
Armazenamento	1	1982	8,0
Transporte Rodoviário	2	1972 - 1982	15,0
Transporte Ferroviário	1	1972	8,0
T O T A L	13	1963 - 1985	100,0

Tabela 8 - Incidência de Acidentes com Propileno por Tipo de Processo - Banco de Dados da CETESB - 1963 a 1985

Tipo de Processo	Nº de Acidentes	Período	Distribuição Percentual (%)
Produção de Polipropileno	3	1963 - 1972	56,0
	2	1973 - 1982	
Produção de Etileno	3	1973 - 1982	44,0
	1	1985	
T O T A L	9	1963 - 1985	100,0

5.1.3.2 Tipologia das Consequências dos Acidentes

Conforme já mencionado, não foram encontrados acidentes envolvendo propileno no processo de fabricação de etileno a alta pressão; portanto, este tipo de ocorrência é bastante improvável. No entanto, poderá ocorrer tornando-se então, neste caso importante conhecer o comportamento do propileno após um vazamento.

A distribuição percentual dos casos estudados, em função das consequências geradas está demonstrada na Tabela 9. Nesta análise foram consideradas todas as ocorrências na indústria química.

Tabela 9 - Distribuição Percentual das Consequências de Acidentes Envolvendo Propileno - Banco de Dados da CETESB - 1963 a 1985

Consequências	Nº de Ocorrências	Distribuição Percentual (%)
UVCE/Incêndio	3	30,0
Flashfire	2	20,0
CVE/Incêndio	1	10,0
UVCE	1	10,0
Flashfire/Incêndio	1	10,0
Incêndio	1	10,0
T O T A L	10	100,0

Neste ítem deve-se entender como :

- UVCE : Explosão de nuvem de vapor não confinada
- UVCE/Incêndio: Explosão de nuvem de vapor não confinada, seguida de incêndio
- CVE : Explosão de nuvem de vapor confinada
- Flashfire : Flasheamento

5.1.4 Acidentes Envolvendo Álcool Isopropílico

No Banco de Dados pesquisado foram encontrados apenas três acidentes envolvendo álcool isopropílico. Todos ocorreram na indústria química, sendo um em planta de armazenamento e dois em plantas de processo, processos estes diferentes daquele analisado neste trabalho. Na literatura especializada referente a análise das plantas de etileno por processo a alta pressão, os autores não fazem nenhum comentário relativo aos riscos do uso do álcool isopropílico.

A análise do comportamento do álcool isopropílico após um vazamento mostra que aqueles ocorridos nas plantas de processo não apresentaram consequências significativas, ou seja, após o vazamento houve a formação de uma poça, evaporação e consequente dispersão sem danos. Já na planta de armazenamento houve incêndio e explosão, mas causada pela queda de um raio no tanque de armazenagem de álcool isopropílico.

5.1.5 Acidentes Envolvendo Peróxidos Orgânicos

No Banco de Dados da CETESB pode ser observado apenas a ocorrência de um acidente envolvendo peróxidos orgânicos ocorrido em 1974, numa indústria química em Los Angeles.

A descrição do acidente menciona apenas a ocorrência de uma detonação sem fornecer dados adicionais.

Na literatura especializada consultada (9), os autores fazem os seguintes comentários e advertências com relação a utilização de peróxidos orgânicos no processo de fabricação de polietileno por alta pressão :

- os peróxidos orgânicos fornecem o radical livre para início da polimerização do etileno; portanto, sua quantidade é importante;
- são termicamente instáveis e na decomposição produzem exotermicamente produtos gasosos, a maioria inflamáveis;
- a taxa de decomposição a qualquer temperatura depende, basicamente, da sua estrutura, mas também é afetada pela sua composição, concentração e tipo de solvente.

Dessa forma, os autores sugerem que se os aspectos de segurança não forem rigorosamente observados poderão ocorrer sérios acidentes. Estes aspectos estão relacionados com :

- temperatura de armazenamento;
- diminuição da quantidade armazenada;
- diluição em solvente inerte;
- armazenamento em local ventilado;
- transporte dentro da indústria.

5.2 APR - Análise Preliminar de Riscos

A "Análise Preliminar de Riscos - APR" é uma técnica qualitativa, estruturada, desenvolvida a partir do preenchimento de planilha própria, com a finalidade de determinar os riscos que poderão estar presentes durante as etapas de projeto, operação e manutenção de uma instalação industrial qualquer.

A classificação dos efeitos decorrentes é realizada através de uma categorização qualitativa de severidade, conforme descrito a seguir:

Categoria I - Desprezível

A falha não resultará numa degradação maior do sistema, nem produzirá danos funcionais ou lesões, não contribuindo portanto com riscos maiores ao sistema.

Categoria II - Marginal

A falha poderá degradar o sistema numa certa extensão, porém sem envolver danos maiores ou lesões, podendo ser compensada ou controlada adequadamente.

Categoria III - Crítica

A falha degradará o sistema, causando lesões, danos substanciais, podendo resultar num risco inaceitável, necessitando portanto de ações corretivas imediatas.

Categoria IV - Catastrófica

A falha produzirá severa degradação ao sistema, resultando em sua perda total, lesões ou mortes.

Neste estudo, a APR foi inicialmente realizada com base nos manuais de operação fornecidos pela empresa e nas informações obtidas a partir da análise histórica de acidentes.

Os resultados obtidos foram posteriormente discutidos e analisados em conjunto com os técnicos responsáveis pela operação da planta, sendo complementados através de informações obtidas decorrentes de visitas técnicas e observações realizadas em campo.

As medidas preventivas ou corretivas apresentadas, além de envolverem novos itens, apontaram as medidas de segurança já existentes na planta, as quais contribuem para minimização dos efeitos ou eliminação dos riscos.

A seguir estão apresentadas as planilhas que foram desenvolvidas durante a aplicação da APR - Análise Preliminar de Riscos, para este caso em questão:

CETESB	DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS			DEO
21/09/90 ---	EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : FRACTIONAMENTO DO ETILENO (U.O. - 1430)			FL. 1 / 2

No. DE ORDEN	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	REDUÇAO OU PARALISACAO NO ABASTECIMENTO DE ETILENO DE BAIXA PRESSAO NA COLUMNA E-101.	- OBSTRUÇAO NA LINHA DE ENTRADA DE ETILENO. - OBSTRUÇAO NAS BANDEJAS	REDUÇAO E/OU PARALISACAO DA PRODUÇAO DO ETILENO.	II	- POSSUI VALVULA DE CONTROLE QUE INTERROMPE O FLUXO POR DIFERENCIAL DE PRESSAO. - ESTABELECE ROTINAS DE MANUTENCAO ADEQUADAS.
2	ALTO NIVEL-DE ETILENO NAS BANDEJAS.	- OBSTRUÇAO NAS BANDEJAS	REDUÇAO DA EFICIENCIA, O GAS NAO VAI SUBIR.	I	- POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSAO E CONTROLE DE FLUXO. - ESTABELECE MANUTENCAO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE.
3	AUMENTO DE TEMPERATURA NA COLUMNA E-101.	- FALHA NO SISTEMA DE REFRIGERACAO OU AQUECIMENTO. - FALHA DO CONTROLADOR DE TEMPERATURA. - FALHA NA ABERTURA DA PSV DA COLUMNA.	AUMENTO GRADATIVO DA PRESSAO NA COLUMNA. PERDA DA QUALIDADE DO PRODUTO.	II	- POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA ALARME SONORO. - MANUTENCAO PREVENTIVA NOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE.
4	DESBALANÇAMENTO DA COLUMNA E-101.	- FALHA NO CONTROLADOR/INDICADOR DA RAZAO DE VAZAO ENTRE A LINHA DE REFLUXO DOS CONDENSADORES E LINHA DE SAIDA DE ETILENO. - OBSTRUÇAO NAS BANDEJAS. - FALHA NOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE E NA VALVULA DE SAIDA.	ALTERACAO NA PUREZA DO PRODUTO.	I	- MEDIDAS CORRETIVAS OPERACIONAIS.
5	CONTAMINACAO DO PRODUTO RECICULADO NA CALANDRIA E-102.	- FURO NA TUBULACAO DO ETILENO NO INTERIOR DA CALANDRIA, CAUSADO POR STRESS DO MATERIAL.	COMPROMETIMENTO DO SISTEMA DE REFRIGERACAO. AUMENTO DA PRESSAO DO PROPYLENO E AUMENTO DA TEMPERATURA DE -40°C PARA - 30°C. ENVIO DE PRODUTO CONTAMINADO PARA O FLASH TANQUE.	II	- REALIZAR INSPECCAO PERIODICA NOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS				DEO	
24/09/90		EMPRESA : UNION CARBIDE				FL. 2 / 2	
---		UNIDADE : FRACIONAMENTO DO ETILENO (U.O. - 1130)					

No. DE ORDEN	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
6	CAVITACAO DA BOMBA DE REFLUXO. E-103/104.	- FALHA NO NIVEL DO CONDENSADOR. - FALHA NO CONTROLE DE FLUXO NO RECICLO DO GAS ETILENO.	AQUECIMENTO DO SELO DA BOMBA. AUSENCIA DO ETILENO PARA A COLUMNA E-104.	II	- ESTABELECEER ROTINA ADEQUADA DE MANUTENCAO PREVENTIVA. - ESTABELECEER MANUTENCAO DOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE.
7	VAZAMENTO P/ BOMBA DE REFLUXO E-103/104.	- DEFEITO NO SELO MECANICO.	EMISSAO DE ETILENO PARA O AMBIENTE	III	- MANUTENCAO ADEQUADA NA BOMBA. - ESTAO INSTALADOS SENSORES AUTOMATICOS DE GAS PROXIMO AO SELO MECANICO.
8	SUPERENCHIMENTO DO FLASH TANQUE DE PROPYLENO E-107.	- FALHA NO SISTEMA CONTROLADOR(LIC-1130) DE NIVEL DO FLASH TANQUE. - VALVULA DE BLOQUEIO FALHA ABERTA.	ARRASTE DO LIQUIDO PARA O COMPRESSOR.	I	- POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA E PRESSAO. - PROGRAMA DE MANUTENCAO PREVENTIVA NOS INSTRUMENTOS.
9	ROMPIMENTO DO FEIXE TUBULAR DOS CONDENSADORES.	- DESSGASTE DO MATERIAL. - FALHA NA VALVULA DE SEGURANCA NA LINHA DE SAIDA DO CONDENSADOR.	ENVIO DE PROPYLENO CONTAMINADO PELO ETILENO PARA O FLASH TANQUE.	II	- INSPECAO PERIODICA NO SISTEMA DE CIRCULACAO.
10	SUPERENCHIMENTO DOS CONDENSADORES E-105/106.	- FALHA NA VALVULA DE CONTROLE DE RECICLO EM ABRIR. - CAVITACAO DA BOMBA. - FALHA DA VALVULA DE PRODUTO EM FECHAR.	PERDA DA EFICIENCIA DE CONDENSAÇÃO. AUMENTO DA PRESSAO, COM ABERTURA DA VALVULA DE SEGURANCA E EMISSAO DE ETILENO PARA A ATMOSFERA.	III	- PROGRAMA DE MANUTENCAO PREVENTIVA.
11	FALTA DE PROPYLENO (REFRIGERANTE) NOS CONDENSADORES E-105-106	- PERDA DE NIVEL DO FLASH TANQUE.	ABERTURA DA VALVULA DE SEGURANCA, E EMISSAO DE ETILENO PARA A ATMOSFERA. AUMENTO DE TEMPERATURA NOS CONDENSAORES.	III	- MANUTENCAO PREVENTIVA ADEQUADA.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS			DEO
10/12/98		FL. 1 / 2			
EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : PURIFICACAO DO GAS DE RETORNO (U.O. 1149)					
No. DE ORDEN	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	AUMENTO DA TEMPERATURA NA COLUMNA E-101	- DEFICIENCIA NO SISTEMA DE REFRIGERACAO DO CONDENSADOR. - FALHA NA VALVULA DE SEGURANCA. - FALHA DO CONTROLADOR DE TEMPERATURA.	SOBREPRESSAO GRADATIVA NA COLUMNA. PERDA DA QUALIDADE DO PRODUTO.	II	- OS RECURSOS OPERACIONAIS EXISTENTES NOS SISTEMAS DE CONTROLE NO PAINEL INDICAM E CONTROLAM AS VARIACOES. - POSSUI ROTINAS DE MANUTENCAO DA INSTRUMENTACAO.
2	CAVITACAO DA BOMBA DE REFLUXO.	- FALHA DO NIVEL DO CONDENSADOR. - FALHA NO CONTROLE DE FLUXO NO RECICLO DO GAS DE RETORNO.	AQUECIMENTO DO SELO DA BOMBA. AUSENCIA DE GAS DE RETORNO PARA A COLUMNA E-101.	II	- EXISTEM ROTINAS DE MANUTENCAO PREVENTIVA. - ESTAO INSTALADOS SENSORES AUTOMATICOS DE GAS PROXIMOS AO SELO MECANICO.
3	SUPERENCHIMENTO DO FLASH TANQUE DE PROPYLENO E-415.	- VALVULA DE BLOQUEIO FALHA ABERTA. - FALHA NO SISTEMA DE SAIDA DE VAPOR DO TOPO DO FLASH TANQUE. - FALHA NO SISTEMA CONTROLADOR DO NIVEL.	CONFERIMENTAMENTO DO BALANCEAMENTO DO COMPRESSOR.	I	- ROTINAS DE MANUTENCAO NA INSTRUMENTACAO DE CONTROLE. - POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA E PRESSAO.
4	SUPERENCHIMENTO DOS CONDENSADORES E-104/105.	- FALHA DA VALVULA DE CONTROLE DE RECICLO EM ABRIR. - CAVITACAO DA BOMBA. - FALHA DA VALVULA DE PRODUTO EM FECHAR. ALTERAR O SET POINT DO FIC-J127	AUMENTO DE PRESSAO NOS CONDENSADORES, COM ABERTURA DA VALVULA DE SEGURANCA E EMISSAO DE ETILENO PARA ATMOSFERA. PERDA DA EFICIENCIA DE CONDENSACAO.	III	- POSSUI PROGRAMA DE MANUTENCAO PREVENTIVA.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS			DEO	
10/12/93 ---		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : PURIFICACAO DO GAS DE RETORNO (U.O. 1149)			FL. 2 / 2	
No. DE ORDEN	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS	
5	FALTA DE PROPYLENO/REFRIGERANTE NOS CONDENSADORES E-104/105.	- EXCESSO DE FLUXO P/ OS CONDENSADORES. - PERDA DE NIVEL NO FLASH TANQUE.	SOBREPRESSAO NOS CONDENSADORES COM ABERTURA DA VALVULA DE SEGURANCA E EMISSAO DE ETILENO PARA ATMOSFERA.	III	- PROGRAMA DE MANUTENCAO PREVENTIVA.	
6	ROMPIMENTO DO FEIXE TUBULAR DO CONDENSADOR.	- STRESS DE MATERIAL, CAUSANDO FURO NO FEIXE TUBULAR.	CONTAMINACAO DO PROPYLENO COM O GAS DE RETORNO.	II	- INSPECAO PERIODICA NO SISTEMA DE CIRCULACAO.	
7	ALTO NIVEL DE ETILENO NAS BANDEJAS.	- OBSTRUCAO NAS BANDEJAS.	REDUCAO DA EFICIENCIA, O GAS NAO VAI SUBIR.	I	- POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSAO E CONTROLE DE FLUXO. - MANUTENCAO NA INSTRUMENTACAO DE CONTROLE.	
8	DESBALANCEAMENTO NA OPERACAO DA COLUMNA E-101.	- FALHA NO CONTROLADOR INDICADOR DA RAZAO DA VAZAO ENTRE A LINHA DE REFLUXO DOS CONDENSADORES E LINHA DE SAIDA DE ETILENO. - OBSTRUCAO NAS BANDEJAS. - FALHA NOS INSTRUMENTOS DE CONTROLE E DA VALVULA DE SAIDA.	ALTERACAO DA PUREZA DO PRODUTO.	I	- MEDIDAS CORRETIVAS OPERACIONAIS.	
9	VAZAMENTO PELA BOMBA DE REFLUXO.	DEFEITO NO SELO MECANICO.	EMISSAO DE ETILENO PARA O AMBIENTE	III	- MANUTENCAO ADEQUADA.	

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS			DEO	
07/12/90		EMPRESA : UNION CARBIDE			FL. 1/1	
		UNIDADE : RESFRIAMENTO DO GAS DE RETORNO (M.O. - 1148)				
Mo. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS	
1	DIMINUIÇÃO OU PARALISACAO DA AGUA DE RESFRIAMENTO NO TROCADOR DE CALOR E-101	- FALHA NA VALVULA NA ENTRADA DO E-101 - FALHA NO LIC-J122	REDUÇAO DE VAPOR DE BAIXA PRESSAO.	I	- POSSUI ROTINA DE MANUTENCAO PREVENTIVA PARA INSTRUMENTACAO.	
2	DIMINUIÇÃO OU PARALISACAO DE VAPOR NA SERPENTINA DO SEPARADOR DE CERA E-106	- FURO NA TUBULACAO DE VAPOR. - FALHA NA VALVULA DE ALIMENTACAO DE VAPOR.	SOLIDIFICACAO DA CERA NO SEPARADOR. ENTUPIMENTO NAS TUBULACOES.	I	- ESTABELECEER PROGRAMA ADEQUADO DE MANUTENCAO.	
3	SOBREPRESSAO NO RECEPTOR DE CERA E-113	- FALHA DOS INSTRUMENTOS CONTROLADORES. (PC J-106 E PC J-125)	VAZAMENTO DE GAS NAO SEPARADO PARA ATMOSFERA.	II	- POSSUI VALVULAS DE SEGURANCA.	
4	DIMINUIÇÃO OU PARALISACAO DE VAPOR NO RECEPTOR DE CERA E-113	- FURO NA TUBULACAO DE VAPOR. - FALHA NA VALVULA DE ALIMENTACAO DE VAPOR.	SOLIDIFICACAO DE CERA NO RECEPTOR.	I	- ESTABELECEER PROGRAMA ADEQUADO DE MANUTENCAO.	
5	RESTRICAO DO FLUXO DE ETILENO ATRAVES DO FILTRO.	- SATURACAO POR CERA DE NOS FILTROS DO GAS DE RETORNO.	COMPROMETIMENTO DO SISTEMA DE GAS DE RETORNO ATE O RECEPTOR. VAZAMENTO DE ETILENO PARA ATMOSFERA DEVIDO A RUPTURA DA LINHA.	III/IV	- POSSUI INDICADOR DE PRESSAO. - POSSUI VALVULA DE SEGURANCA. - ESTABELECEER UMA ROTINA DE MANUTENCAO DA INSTRUMENTACAO.	
6	NAO REDUÇAO DA PRESSAO E TEMPERATURA (PARA NEGATIVA) APÓS A VALVULA CONTROLADORA J-117.	- FALHA DA VALVULA J-117 EM NAO REDUZIR A PRESSAO.	ALTA EXPANSAO DE GAS CAUSANDO RUPTURA DA LINHA (FLANGES, TRINCA) COM EMISSAO DE GAS PARA O AMBIENTE.	III/IV	- POSSUI MONITORAMENTO DO SISTEMA DE TEMPERATURA. - ESTABELECEER MANUTENCAO DA INSTRUMENTACAO.	

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS				DEO	
22/11/90		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : ARMAZENAMENTO (H.O. 1132)				FL ₁ /2	
No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS		
1	SUPERENCHIMENTO DO TANQUE DE ETILENO E-101	- FALHA NO TRANSMISSOR DO CONTROLADOR DO NIVEL LI-J-150.	AUMENTO DA PRESSAO NO TANQUE.	II	- POSSUI ALARME DE PRESSAO. - POSSUI VALVULA DE SEGURANCA.		
2	SOBREPRESSAO NO TANQUE DE ETILENO E-101.	- FALHA NO INSTRUMENTO PIC J-161 OU NO FI J-159. - FALHA EM ABRIR A VALVULA DE SEGURANCA. - AUMENTO DA TEMPERATURA ATINGINDO A TEMPERATURA DE VAPORIZACAO.	VAZAMENTO DE ETILENO PARA A ATMOSFERA POR RUPTURA DE JUNTAS, FLANGES OU TUBULACOES.	III/IV	- ESTABELECEER ROTINAS DE MANUTENCAO E INSPECAO ADEQUADAS.		
3	SUPERENCHIMENTO DO TANQUE DE ETILENO E-102.	- FALHA NO TRANSMISSOR DO CONTROLADOR DE NIVEL LIC-J-151.	AUMENTO DA PRESSAO NO TANQUE.	II	- POSSUI ALARME DE PRESSAO. - POSSUI VALVULA DE SEGURANCA.		
4	SOBREPRESSAO NO TANQUE E-102.	- AUMENTO DA TEMPERATURA ATINGINDO A TEMPERATURA DE VAPORIZACAO. - FALHA EM ABRIR DA VALV. DE SEGURANCA. - FALHA NO PIC J-162 OU NO FI J-169.	VAZAMENTO DE ETILENO P/ ATMOSFERA POR RUPTURA DE JUNTAS, FLANGES OU TUBULACOES.	III/IV	- ESTABELECEER ROTINAS DE MANUTENCAO E INSPECAO		
5	VAZAMENTO PELAS BOMBAS.	- FALHA NA VEDACAO DO SELO MECANICO. - STRESS DO MATERIAL.	ENISSAO DE ETILENO LIQUIDO.	II	- POSSUI SENSORES AUTOMATICOS PROXIMO AO SELO. - ESTABELECEER ROTINAS DE MANUTENCAO E INSPECAO.		
6	SOBREPRESSAO NO TANQUE DE PROPYLENO.	- FALHA NO SISTEMA DE CONDENSACAO, APOS ADERTURA DA VALVULA DE SEGURANCA. - FALHA DO PIC J-164.	VAZAMENTO DE PROPYLENO PARA ATMOSFERA POR RUPTURA DE JUNTAS, FLANGES OU TUBULACOES.	III/IV	- INSPECAO E MANUTENCAO APROPRIADA.		
7	SUPERENCHIMENTO DO TANQUE DE PROPYLENO.	- FALHA NO CONTROLADOR DE NIVEL LG-146 OU LG-143.	AUMENTO DA PRESSAO DO TANQUE.	II	- POSSUI INSTRUMENTO MEDIDOR DE NIVEL.		

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS		DEO
22/11/90 ---		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : ARMAZENAMENTO (U.O. 1132)		
FL. 2 / 2				

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
8	SUPERENCHIMENTO DO TANQUE DE ADITIVO (ISOPROPANOL)	- FALHA NA INTERRUPTOR DO FORNECIMENTO.	AUMENTO DE PRESSAO.	II	- EXISTEM DOIS VISORES DE NIVEL E INDICADOR DE PRESSAO.
9	SOBREPRESSAO NOS TANQUES DE ADITIVOS.	- FALHA DO PIC J-165 EM ATUAR NA VALVULA B.	VAZAMENTO DE ADITIVO POR RUPTURA DE JUNTAS, FLANGES OU TUBULACOES.	III/IV	- POSSUI DIQUE DE CONTENCAO. - POSSUI DUAS VALVULAS DE SEGURANCA E INDICADOR DE TEMPERATURA. - ROTINAS DE MANUTENCAO.

DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS

CETESB

DEO

EMPRESA : UNION CARBIDE

UNIDADE : RESFRIAMENTO DO ETILENO E BORNEAMENTO PRIMARIO (U.O. 1149 - U.O. 1138)

27/11/90

FL. 1 / 2

Nº. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	ROMPIMENTO OU FURO NO FEIXE TUBULAR DOS SUBRESFRIADORES.	- STRESS DO MATERIAL.	VAZAMENTO DE ETILENO NO RESFRIADOR COM CONTAMINACAO DE PROPYLENO.	II	- POSSUI CONTROLADOR DE PRESSAO. - POSSUI MEDIDOR DE TEMPERATURA. - ESTABELECE ROTINA DE MANUTENCAO.
2	SUPERENCHIMENTO DO FLASH TANQUE E-114	- FALHA DO SISTEMA CONTROLADOR LIC-J-131 DE ENTRADA DO PRODUTO. - FALHA DO CONTROLADOR DE NIVEL LIC-J-132.	COMPROMETIMENTO NA CIRCULACAO DE PROPYLENO NOS CONDENSADORES. ARRASTE DE LIQUIDO P/ COMPRESSOR.	II	- PROGRAMA DE MANUTENCAO PREVENTIVA NO SISTEMA DE CONTROLE DE NIVEL DO FLASH TANQUE. - POSSUI SISTEMA DE ALARME.
3	FALTA DE FLUXO MINIMO NA BOMBA.	- FALHA NO FIC J-110 E NO FIC J-111. - FALHA NO SISTEMA DE PROPYLENO QUE REFRIGERA O ETILENO. - FALTA DE NIVEL DO TANQUE 102	AQUECIMENTO DO SELO DA BOMBA COM VAPORIZACAO DO ETILENO E CONSEQUENTE CAVITACAO DA BOMBA.	II	- MANUTENCAO PREVENTIVA DOS INSTRUMENTOS. - POSSUI TERMOSTATO NA BOMBA PRIMARIA.
4	VAZAMENTO NAS BOMBAS PRIMARIAS.	- FALHA MECANICA NA VEDACAO DO SELO DA BOMBA. - FALHA NO SIC J-110 OU J-119. - FALHA ROLAMENTOS DO EIXO DA TURBINA. - FALHA NO PIC J-120 OU J-121. - FALHA NA VALVULA DE ENTRADA DE VAPOR DE 600 PSIG. - FALHA DO SISTEMA DE REFRIGERACAO DO RESFRIADOR DE GLEO.	VAZAMENTO DE ETILENO.	II	- POSSUI SISTEMA DE SHUT DOWN PARA ALTA ROTACAO. - POSSUI SENSORES AUTOMATICOS VIBRACAO AXIAL E RADIAL. - POSSUI SENSORES AUTOMATICOS DE GAS ETILENO. - POSSUI ROTINA DE MANUTENCAO E INSPECCAO.

CETESB

DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS
ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS

DEO

27/11/98

EMPRESA : UNION CARBIDE

UNIDADE : RESFRIAMENTO DO ETILENO E BOMBAMENTO PRIMARIO (M.O. 1149 - M.O. 1138)

FL. 2 / 2

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
5	FURO OU RUPTURA NA LINHA DE ETILENO ENTRE AS BOMBAS PRIMARIAS E OS INTENSIFICADORES.	- VIBRACAO CAUSADA NA LINHA ENTRE A BOMBA E O INTENSIFICADOR. - CORROSAO. - FADIGA DA TUBULACAO EM FUNCAO DA ALTA PRESSAO.	VAZAMENTO DE ETILENO.	IV	- PROGRAMA DE MANUTENCAO E INSPECAO.

CETESB	DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS			DEO
28/11/90	EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : BOMBAMENTO A ALTA PRESSAO (K.O. 1140)			FL. 1 / 1

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	FALTA DE PRESSAO NA CAMARA DO SELO MECANICO DO SISTEMA DE LUBRIFICACAO.	- FALHA NO SISTEMA DE LUBRIFICACAO. - FALHA DAS VALVULAS DA LINHA DE OLEO PARA OS INTENSIFICADORES.	VAZAMENTO PELO SELO MECANICO.	II	- EXISTE LINHA CAPTADORA DE VAZAMENTOS DE ETILENO PELO SELO MECANICO.
2	DESFASEAMENTO NO SINCRONISMO DOS INTENSIFICADORES.	- FALHA NOS MICROS DE REVERSAO DOS INTENSIFICADORES. - FALHA ELETRONICA. - FALHA NA CALIBRAGEM. - FALHA NA CHAVE SELETORA DE FASEAMENTO. - FALHA NA VALVULA SOLENOIDE.	VARIAÇAO MUITO GRANDE NO FLUXO E PRESSAO DO REATOR.	II	- POSSUI ROTINAS DE MANUTENCAO PREVENTIVA.
3	RUPTURA DA TUBULACAO DE 1 1/4" DE ETILENO ENTRE OS INTENSIFICADORES E OS REATORES.	- FADIGAS DA TUBULACAO EM FUNCAO DA ALTA PRESSAO. - VIBRACAO DOS INTENSIFICADORES NA TUBULACAO.	VAZAMENTO DE ETILENO.	III/IV	- AS TUBULACOES SAO EXAMINADAS PERIODICAMENTE COM RAIO X. - TODAS AS SOLDAS SAO RADIOGRAFADAS. - TODA TUBULACAO E MONITORADA PERMANENTEMENTE POR DETETORES.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS		DEO
04/12/90 _____		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : REACAO (U.O. 1143)		FL. 1 / 2

No. DE ORDEN	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	AUMENTO DA TEMPERATURA NO REATOR.	- FALHA DA VALVULA DE EMERGENCIA E-126 EM ABRIR. - ALTERACAO DA MASSA DO PRODUTO NO REATOR. - IMPUREZAS REMANESCENTES QUANDO DA ROTINA DE MANUTENCAO. - FALHA DA VALVULA DE REJEICAO EM ABRIR.	ALTERACAO NA QUALIDADE DO PRODUTO. AUMENTO DA PRESSAO, ROMPIMENTO DA TUBULACAO C/ VAZAMENTO DE ETILENO.	IV	- POSSUI DUPLO CONTROLE DE TEMPERATURA NA SALA DE CONTROLE, PERFIL DE TEMPERATURA DOS REATORES NO COMPUTADOR E NO PAINEL. - POSSUI TERMOPARES PARA MONITORAR A TEMPERATURA.
2	SOBREPRESSAO NO REATOR.	- FALHA DA VALVULA DE PRODUTO EM ABRIR. - FALHA DO SISTEMA J-190 EM ATUAR NA VALVULA DE PRODUTO. - FALHA NA VALVULA DE EMERGENCIA EM ABRIR. - FALHA NA VALVULA DE REJEICAO. - FALHA NO TIC-J105 EM ATUAR NA VALVULA DE EMERGENCIA E/OU NA VALVULA DE REJEICAO. - ERRO DE OPERACAO EM AJUSTAR O SET POINT DE PRESSAO E TEMPERATURA.	AUMENTO DE TEMPERATURA, ROMPIMENTO DA TUBULACAO COM VAZAMENTO DE ETILENO. ALTERACAO NA QUALIDADE DO PRODUTO.	IV	- POSSUI CONTROLE DO PERFIL DE TEMPERATURA CONSTANTE NOS DOIS COMPUTADORES. - POSSUI DESARME AUTOMATICO PARA QUALQUER ALTERACAO DA TEMPERATURA E PRESSAO. - POSSUI ROTINAS DE MANUTENCAO PREVENTIVA DA INSTRUMENTACAO.
3	DIMINUICAO DO FLUXO DE AGUA SUPERAQUECIDA NO SISTEMA DE AQUECIMENTO DO REATOR.	- FALHA DAS VALVULAS DE CONTROLE DE FLUXO DE AGUA NAS SECOS DO REATOR. - FALHA DO SISTEMA DE FORNECIMENTO DE AGUA.	ALTERACAO DO PERFIL DE TEMPERATURA PODENDO ACARREJAR COMPROMETIMENTO DOS EQUIPAMENTOS.	III	- POSSUI ROTINAS DE MANUTENCAO. - POSSUI CONTROLE DO PERFIL DE TEMPERATURA NOS COMPUTADORES E PAINEL.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS		DEO
04/12/90		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : REACAO (U.O. 1143)		FL. 2 / 2

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
4	EXCESSO DE FLUXO DE GAS AUXILIAR (O ₂).	- FALHA NO INSTRUMENTO DE INJECAO DE O ₂	DECOMPOSICAO DO ETILENO.	IV	- POSSUI SHUT-DOWN QUE DESARMA O SISTEMA.
5	DIMINUICAO DOS INIBIDORES.	- FALHA NO INSTRUMENTO FORNECEDOR DE ADITIVO.	AUMENTO DA TEMPERATURA. PERDA DE EFICIENCIA.	III	- POSSUI ALARME SONORO E VISUAL DE ALTO E BAIXO FLUXO DE O ₂ .

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS			DEO	
04/12/90 _____		EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : SEPARACAO E EXTRUSAO (M.O. 1144)				
FL. 1 / 3						

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
1	AUMENTO DE PRESSAO NO RECEPTOR DE PRODUTO E-101/201.	- FALHA DA VAL. DE SEGURANCA E-116 NO TOPO DO RECEPTOR. - FALHA DA VALVULA VOGHT. - FALHA DO DISCO DE RUPTURA. - FALHA DO CONTROLADOR PIC-J117 DA VALVULA DA LINHA DE GAS DE RETORNO. - FALHA DA INSTRUMENTACAO NO PAINEL DO REATOR E EXTRUSOR.	ALIVO DE GAS ETILENO PELA VALVULA DE SEGURANCA.	III	- POSSUI TRES INSTRUMENTOS DE SEGURANCA PARA CONTROLE DA PRESSAO DA VALVULA VOGHT, VALVULA DE SEGURANCA E DISCO DE RUPTURA.
2	AUMENTO DE TEMPERATURA NO RECEPTOR DE PRODUTO.	- IRREGULARIDADE NO PERFIL DE TEMPERATURA NO REATOR. - FALHA DO ALARME LTAL-J100-7.	DECOMPOSICAO (PERDA DA QUALIDADE) PRODUTO (POLIETILENO).	II / III	- POSSUI SISTEMA DE CONTROLE DE TEMPERATURA LIGADO AO ALARME E ACONIONAMENTO DA VALVULA VOGHT.
3	VARIACAO DO NIVEL NO TANQUE RECEPTOR DE PRODUTO.	- FALHA NO INDICADOR DE NIVEL NO PAINEL DO EXTRUSOR. - FALHA NA OPERACAO DA VALVULA PNEUMATICA DE ALIMENTACAO PARA O EXTRUSOR. - FALHA DO SISTEMA DE EMISSAO E DETECCAO DE RADIACAO NO SANGUE.	SUBIDA DO NIVEL DE RESINA PARA A LINHA DE GAS DE RETORNO. AUMENTO DA PRESSAO NO BARRIL DO EXTRUSOR.	II / III	- O RECEPTOR DE PRODUTO POSSUI TRES INSTRUMENTOS DE SEGURANCA PARA PRESSAO : PRESSOSTATO, DISCO DE RUPTURA E VALVULA VOGHT.

CETESB	DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS			DEO
04/12/90 — — — —	EMPRESA : UNION CARBIDE UNIDADE : SEPARACAO E EXTRUSAO (M.O. 1144)			FL. 2 / 3

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
4	AUMENTO DE PRESSAO NO BARRIL DO EXTRUSOR.	- BAIXO NIVEL DE RESINA NO RECEPTOR DE PRODUTO. - DEFICIENCIA NO SISTEMA DE VAPOR. - DEFICIENCIA NO FLUXO DE RESINA. - FALHA NOS INSTRUMENTOS PI J111, PI J112 E 4 PAL J100-2.	PASSAGEM DE GAS PARA O EXTRUSOR. VAZAMENTO DE ETILENO PELO DISCO DE RUPTURA DO BARRIL.	IV	- O BARRIL POSSUI TRES INSTRUMENTOS DE SEGURANCA PARA PRESSAO : PRESSOSTATO, DISCO DE RUPTURA. - POSSUI ROTINA DE MANUTENCAO.
5	AUMENTO DE PRESSAO NO CABECOTE DO EXTRUSOR.	- DEFICIENCIA NO CABECOTE DO EXTRUSOR. - FALHA DO ALARME DE NIVEL EM FECHAR A VALVULA DE ALIMENTACAO DO EXTRUSOR.	BAIXA FLUIDEZ NA MATRIZ.	I	- POSSUI DETECTOR DE NIVEL DE RESINA POR RATO GAMA. - POSSUI MONITORAMENTO DE PRESSAO E PRESSOSTATO.
6	ALTO NIVEL DE RESINA NO BARRIL DO EXTRUSOR.	- FALHA DO SISTEMA DE AQUECIMENTO DE VAPOR 600 PSIG. - FALHA VALVULA REDUTORA DE PRESSAO (PIC J-123) EM REDUZIR A PRESSAO DE 600 PARA 250 PSIG.	VAZAMENTO DE POLIETILENO PARA SE- TOR DE SPG.	I	- ROTINAS DE MANUTENCAO DOS INSTRUMENTOS.
7	VARIACAO DE TEMPERATURA NO EXTRUSOR.	- FALHA O TIC J-110. - FALHA DA VALVULA DE ENTRADA DE AGUA QUENTE E DA SAIDA DE AGUA REFRIGERACAO DO TROCADOR.	IMPOSSIBILIDADE DE OPERAR O EXTRU- SOR.	I	- ROTINAS DE MANUTENCAO DOS INSTRUMENTOS.
8	VARIACAO DA TEMPERATURA DE AGUA PARA O GRANULADOR.		ENTUPIMENTO DA LINHA. AQUECIMENTO DA RESINA AGREGANDO UM PILLET AO OUTRO.	II	- ROTINAS DE MANUTENCAO DOS INSTRUMENTOS.

CETESB		DIVISAO DE OPERACOES DE RISCOS ANALISE PRELIMINAR DE RISCOS		DEO
04/12/90 ---		EMPRESA : UNION CAREIDE UNIDADE : SEPARACAO E EXTRUSAO (U.O. 1144)		FL. 3 / 3

No. DE ORDEM	E V E N T O	C A U S A	E F E I T O	CATEGORIA DO RISCO	MEDIDAS PREVENTIVAS OU CORRETIVAS
9	DIMINUICAO DO NIVEL DO TANQUE DE CIRCULACAO DE AGUA.	- FALHA DA VALVULA. - FALHA DO CONTROLADOR DE NIVEL. - FALHA NA REPOSICAO DE AGUA.	CAVITACAO DA BOMBA.	II	- POSSUI CONTROLE DE BAIXO FLUXO E ALARME DE BAIXO NIVEL.
10	PARALISACAO DO ENVIO DE AGUA P/ O GRANULADOR.	- FALHA DA BOMBA.	PARALISACAO DO TRANSPORTE DE RESINA. ENTUPIMENTO DO GRANULADOR.	II	- POSSUI SISTEMA DE PROTECAO DE DESARME DO MOTOR E VALVULA DE SEGURANCA.

5.3 Análise Crítica das Instalações

Esta análise foi desenvolvida com a finalidade de se avaliar as condições de segurança das instalações da planta de polietileno da Union Carbide, sendo realizada através de entrevistas e vistorias em conjunto com os engenheiros de segurança, processo e projeto da empresa, podendo assim serem delineados os pontos críticos da planta, para que com essas informações juntamente com os dados da análise histórica de acidentes e da análise preliminar de riscos, fosse possível selecionar as principais hipóteses acidentais.

As vistorias realizadas contemplaram três setores das instalações, separação e purificação de gases, reação e ensaque.

5.3.1 Separação e Purificação dos Gases

Um dos parâmetros importantes na produção de polietileno é a necessidade do etileno entrar nos reatores com pureza entre 93% e 94%. Isso é assegurado pela PQU-Petroquímica União que o fornece com cerca de 98% de pureza.

A área de separação e purificação é considerada pelos técnicos da empresa como a mais crítica em termos de ocorrência de vazamentos, uma vez que o etileno nessa unidade está no estado líquido a baixas temperaturas (em torno de -30°C). Assim, se ocorrer um vazamento, o líquido se expandirá rapidamente podendo formar mistura explosiva com o ar.

Fazem parte da área de separação e purificação os equipamentos pertencentes aos subsistemas da coluna de etano, dois tanques de armazenamento, bombas, gás de retorno procedente dos reatores para a coluna de óleo, o primeiro estágio de compressão e as bombas primárias.

A reação de polimerização no reator tem uma eficiência em torno de 20%, sendo que 80% do etileno que não reage retorna para a SPG.

Nesta unidade, quando um parâmetro sai de controle na coluna, o fato acontece lentamente e para ser corrigido também demora muito tempo. Portanto, a coluna é considerada como um equipamento seguro em operação, desde que a manutenção de sua instrumentação de controle seja realizada a contento. A literatura mostra que em geral os acidentes com colunas ocorrem durante o "start-up", após paradas para manutenção.

Na área de separação e purificação as bombas que transferem o etileno entre os tanques de armazenamento e as das linhas de refluxo nas colunas exigem atenção especial em termos de segurança, devido à possibilidade de vazamentos através dos selos mecânicos. Em torno dos selos mecânicos existem sensores para detecção de gases, os quais são acionados quando da ocorrência de vazamentos. No primeiro estágio de compressão as

bombas centrífugas, por trabalharem com altas pressões, ocasionam problemas de vibração.

Como medida de segurança as bombas possuem sensores automáticos de vibração axial e radial, monitorados pela sala de controle, tendo também sistemas "shut-down". Os selos mecânicos das bombas são os pontos frágeis do sistema; por esse motivo, a empresa tem a intenção de substituí-los por selos duplos, com sistemas de detecção e alarme, para a redução das consequências de eventuais vazamentos.

Para evitar cavitação nas bombas, na linha de descarga de cada uma existem linhas que permitem a recirculação de parte do etileno, mantendo sempre o fluxo mínimo para evitar tal falha.

Outros equipamentos com possibilidade de apresentarem falhas são os filtros de lã de vidro posicionados antes da coluna de óleo na linha do gás de retorno.

As impurezas provenientes do reator podem entupir o filtro ocorrendo vazamento no mesmo, ou na conexão com a tubulação. Se ocorrer tal evento, a queda de pressão e temperatura será acusada na sala de controle.

5.3.2 Reação

A área de reação abrange o sistema de bombeamento a alta pressão, os intensificadores, os reatores e a extrusão. Essa área está localizada à aproximadamente 200 m da área de separação e purificação, ficando bem próxima à sala de controle.

Segundo a literatura pesquisada e comentada na "Análise Histórica de Acidentes" esta planta por operar com alta pressão enfrenta, principalmente, problemas devido as vibrações podendo acarretar, entre outras, falhas mecânicas nos equipamentos sujeitos a tais condições.

Durante uma das visitas à planta presenciou-se a parada de um reator, e dos respectivos intensificadores, devido a uma trinca na "peteca" de um dos intensificadores, ocorrendo vazamento de etileno, o qual foi detectado pelo sensor que acionou o "shut-down" imediatamente. O intensificador danificado parou juntamente com os outros três que estão sincronizados e com o correspondente reator, sendo então a "peteca" substituída. Quatro horas depois os quatro intensificadores e o reator voltaram a funcionar. O etileno que estava no reator e nas linhas foi desviado por uma linha de retorno para a área de separação e purificação.

Ao presenciar esta parada pôde-se constatar os efeitos das condições severas a que os materiais estão expostos nas altas pressões; entretanto, também constatou-se a eficiência do sistema de segurança na detecção do vazamento e na parada da unidade.

Embora a área dos reatores trabalhe com condições de pressões muito altas, os sistemas de segurança são redundantes, as inspeções nas tubulações e instrumentações são rigorosas, através de operações de manutenção programadas; cabendo ressaltar que os dois reatores são envolvidos por paredes de concreto para conter eventuais explosões.

Como mencionado na análise histórica, os vazamentos de etileno são mais comuns nas tubulações, curvas e conexões próximas aos intensificadores, causados por fadiga dos materiais, provocados pelas vibrações.

Na planta em questão, a tubulação do etileno proveniente das bombas primárias para os intensificadores, tem aproximadamente 150 m de extensão e está sujeita às vibrações dos intensificadores e das bombas primárias. Se ocorrer um vazamento nesta linha, o mesmo será acusado através de queda de pressão nos dois equipamentos e o "shut-down" será acionado imediatamente; entretanto, o líquido pressurizado que estiver na linha vazará totalmente.

Da mesma forma, na linha de etileno que liga a saída dos intensificadores aos reatores, a pressão é em torno de 40000 psig, tendo o duto uma extensão de 40 m, razão pela qual também poderá ocorrer vazamento; entretanto, existem detectores de gás distribuídos ao longo da tubulação que acionarão o "shut-down", de imediato.

Outra medida de segurança nos reatores é a existência de 47 termopares em cada reator, os quais indicam como a polimerização está ocorrendo, além de determinar a taxa de catalisador necessário para a reação. Assim, o perfil de temperatura é monitorado constantemente por dois computadores, permitindo desta forma, controlar qualquer anormalidade, caso necessário.

No extrusor existem dois pontos possíveis de vazamentos, no barril onde o gás residual é separado da resina, podendo em caso de falha emitir gases pelo disco de ruptura, e através de eventual entupimento na matriz, que causará o rompimento do anel de cisalhamento, com decorrente vazamento de polietileno.

5.3.3 Ensaque

Após a extrusão os pellets são transportados para os tanques de produto sendo mantidos à temperatura de aproximadamente 40°C. Existe o perigo de explosão do etileno residual liberado espontaneamente pelos pellets, se em contato com uma fonte de ignição.

É essencial prevenir a formação da mistura inflamável etileno e ar, na concentração entre 2,7 a 36,0 % vol. Como segurança, além de ser bombeado ar na base do tanque para evitar a formação da mistura, existe ligação direta com a atmosfera, bem como disco de ruptura.

5.4 Hipóteses Acidentais

A partir da elaboração da Análise Histórica de Acidentes, Análise Preliminar de Riscos e das vistorias realizadas nas instalações da Union Carbide, foi possível identificar os principais riscos existentes no processo de fabricação de polietileno, sendo que aqueles considerados como mais significativos, apresentados neste capítulo, deverão merecer especial atenção, de modo que se tenha uma visão mais detalhada das possíveis consequências geradas, caso as mesmas venham a ocorrer.

Cabe ressaltar que a hipótese da empresa vir a sofrer impactos decorrentes de deslizamentos das encostas da Serra do Mar não foi considerada, uma vez que já existe um programa específico para controlar tais situações, prevendo inclusive ações emergenciais caso tais eventos ocorram.

A análise histórica desenvolvida mostrou que a maior incidência de acidentes em plantas similares se deu devido a falhas de equipamentos, mais especificamente ruptura ou furo em tubulações, causados por fadiga dos materiais em decorrência das condições estressantes do tipo de processo.

Com base na APR desenvolvida no item 5.2 foi possível extrair os eventos mais críticos, considerando-se para tanto aqueles mais significativos dos classificados nas Categorias de Risco III - Crítica e IV - Catastrófica. Assim, tem-se :

1. Subsistema de Fracionamento de Etileno (W.O. 1130)

Neste subsistema três eventos foram classificados na Categoria de Risco III (Crítica), os quais podem acarretar vazamentos de etileno. São os seguintes:

- a. vazamento pelos selos mecânicos das bombas de refluxo E-103/104 (Evento 7);
- b. vazamento de etileno pela abertura da válvula de segurança, devido a sobrepressão nos condensadores, causada pelo superenchimento dos mesmos (Evento 10);
- c. vazamento de etileno pela abertura da válvula de segurança devido a sobrepressão nos condensadores, causada pela falta de propileno nos mesmos (Evento 11).

Destas três hipóteses, nenhuma delas foi considerada significativa. Este fato pode ser explicado pelos seguintes motivos:

- as emissões geradas pelos selos mecânicos das bombas e através de abertura da válvula de segurança são de pequeno porte, ou seja, envolvem a liberação de pequenas quantidades de etileno para a atmosfera;

- este subsistema é dotado de ampla instrumentação de controle, além da existência de um sistema de manutenção bastante rígido e;
- a inexistência de fontes de ignição nesta área.

Desta forma, parece bastante remota a possibilidade de ocorrência destas hipóteses gerando consequências graves, em razão das considerações feitas acima.

2. Subsistema de Purificação do Gás de Retorno (W.O. 1149)

Neste subsistema a APR apontou três eventos classificados como críticos (Categoria de Risco III).

Por ser um sistema bastante semelhante ao anterior, os eventos que podem ocasionar vazamentos de etileno são os mesmos, ou seja:

- a. vazamento de etileno pelos selos mecânicos das bombas de refluxo (Evento 9);
- b. vazamento de etileno pela abertura da válvula de segurança devido a sobrepressão nos condensadores, causada pelo superenchimento dos mesmos (Evento 4);
- c. vazamento de etileno pela abertura da válvula de segurança devido a sobrepressão nos condensadores pela falta de propileno nos mesmos (Evento 5).

Da mesma forma que no subsistema anterior a possibilidade de ocorrência destas hipóteses, gerando consequências graves, é bastante improvável, em razão das considerações já abordadas no subsistema de fracionamento. Desta forma, também neste subsistema, nenhuma das hipóteses foi considerada significativa, não merecendo portanto um estudo mais detalhado.

3. Subsistema de Resfriamento do Gás de Retorno (W.O. 1148)

Neste subsistema dois eventos foram classificados nas Categorias de Risco III/IV - Crítica/Catastrófica. Assim, poderá ocorrer a emissão de etileno para a atmosfera nas seguintes situações:

- a. vazamento de etileno por ruptura da linha devido à restrição de fluxo de etileno no filtro, causada pelo acúmulo de cera (Evento 5);
- b. vazamento de etileno da linha devido à falha da válvula J-117 em não reduzir a pressão. (Evento 6).

Estas duas hipóteses foram consideradas como significativas,

uma vez que os vazamentos de etileno, nestes casos, se darão devido à ruptura de uma tubulação de 1" de diâmetro, podendo durar até 10 minutos, gerando portanto uma massa de etileno bastante considerável.

Outro fato a ser considerado é que, apesar deste subsistema possuir indicadores de pressão e temperatura, e também válvula de segurança, o mesmo não possui uma rotina específica de manutenção preventiva nestes instrumentos, o que aumenta sensivelmente a probabilidade de ocorrerem eventuais falhas, e consequentemente vazamentos de etileno.

Para fins de cálculo das possíveis consequências geradas por estas hipóteses, as mesmas foram agrupadas em uma única, já que o local e as condições de vazamento são as mesmas; isto é, foi considerada somente a seguinte hipótese: "Vazamento do gás etileno por ruptura da linha devido a restrição de fluxo no filtro ou devido a falha da válvula controladora J-117".

4. Subsistema de Armazenamento (W.O. 1132)

Neste subsistema quatro eventos foram classificados nas Categorias de Risco III/IV - Crítica/ Catastrófica, os quais poderão acarretar tanto vazamentos de etileno, quanto de propileno. São eles:

- a. vazamento de etileno por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-101 (Evento 2);
- b. vazamento de etileno por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-102 (Evento 4);
- c. vazamento de propileno por ruptura de juntas, flanges ou tubulações devido a sobrepressão no tanque de propileno (Evento 6);
- d. vazamento de aditivo (isopropanol) por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão nos tanques de aditivos (Evento 9).

Destas hipóteses serão estudadas, em termos de consequências, os vazamentos de etileno provenientes dos tanques de armazenamento E-101 e E-102. Os dois tanques serão estudados separadamente, pois possuem características de armazenamento diferentes.

As hipóteses de vazamento de propileno e aditivos foram descartadas neste estudo, visto que na pesquisa realizada, tanto no banco de dados, como em literatura especializada, e ainda nos registros da planta em estudo, não foi encontrado nenhum episódio que relatasse a ocorrência de vazamentos destes produtos em plantas de polietileno utilizando processo à alta pressão.

5. Subsistema de Resfriamento de Etileno e Bombeamento Primário (W.O. 1149 e W.O. 1138)

Apenas um evento estudado neste subsistema foi classificado como Catastrófico (Categoria de Risco IV). É o seguinte:

- a. vazamento de etileno por furo ou ruptura da linha entre as bombas primárias e os intensificadores (Evento 5).

Esta hipótese foi considerada como relevante, devido não só às condições severas e "estressantes" de pressão e vibração, mas também em razão da linha ter uma extensão de aproximadamente 150 m, e os sistemas de segurança preverem somente a paralisação das bombas; podendo no entanto, praticamente todo o inventário presente na tubulação vazar.

6. Subsistema de Bombeamento a Alta Pressão (W.O. 1140)

No estudo deste subsistema apenas um evento foi classificado como Crítico/Catastrófico (Categorias de Risco III/IV), causando a emissão de etileno para a atmosfera, conforme segue:

- a. vazamento de etileno devido a ruptura da tubulação de 1 1/4" entre os intensificadores e os reatores (Evento 3).

Da mesma forma que no subsistema anterior, devido as condições "estressantes" a que está submetida esta tubulação, tanto em função da alta pressão, como pela vibração causada pelos intensificadores, esta linha passa a ser o ponto mais vulnerável, podendo gerar vazamentos significativos de etileno para a atmosfera. Portanto, este evento deverá ser avaliado em termos das possíveis consequências que possa ocasionar.

7. Subsistema de Reação (W.O. 1143)

Embora três dos cinco eventos estudados tenham sido classificados na Categoria de Risco IV - Catastrófica, deve merecer especial atenção a situação apresentada a seguir, na qual poderá ocorrer a decomposição do etileno, podendo acarretar até a explosão do reator:

- a. explosão do reator devido a decomposição do etileno causada por excesso de fluxo do gás auxiliar (Oxigênio).

Este evento foi considerado como o mais relevante deste subsistema, pois de acordo com a pesquisa realizada, a reação de decomposição do etileno representa um dos maiores perigos na produção do polietileno por processo a alta pressão. A reação de polimerização é iniciada através da adição de oxigênio ao etileno. Se o conteúdo de oxigênio for muito alto o etileno decompõe-se em hidrogênio e metano gerando uma violenta explosão.

8. Subsistema de Separação e Extrusão (W.O. 1144)

Neste subsistema dois eventos foram classificados como Críticos/Catastróficos (Categorias de Risco III/IV), os quais podem acarretar vazamentos de etileno, conforme segue:

- a. vazamento de etileno pela abertura da válvula de segurança, devido ao aumento de pressão no tanque receptor de produto E-101/102;
- b. vazamento de etileno pelo disco de ruptura do barril, devido ao aumento de pressão.

Neste caso optou-se por considerar como mais significativa a hipótese que contempla o vazamento de etileno através da ruptura do barril. O vazamento pela válvula de segurança foi desconsiderado, por gerar uma massa de gás relativamente pequena em relação à anterior, além do sistema possuir redundâncias bastante relevantes.

9. Subsistema de Ensaque

Com relação a este subsistema, apesar do mesmo não ter sido contemplado na APR, por abranger operações relativamente simples, a realização da purga do produto é muito importante.

Em outras palavras, fazer a purga adequada da resina pronta é separar do monômero a parte que não reagiu, evitando assim a formação de uma mistura explosiva. Isto é particularmente desejável, pois durante o transporte pneumático dos pellets de polietileno podem ser geradas faíscas por eletricidade estática, que são prováveis fontes de ignição. Desta forma, neste subsistema considerou-se como significativa a seguinte hipótese:

- a. explosão do tanque de produto (polietileno), devido a formação de mistura explosiva durante a purga.

A Tabela 10 apresenta a listagem das hipóteses acidentais selecionadas.

5.4.1 Listagem das Hipóteses Acidentais Seleccionadas

Tabela 10 - Hipóteses Acidentais

Nº	Subsistema	Hipótese Acidental
3a 3b	Resfriamento do Gás de Retorno (W.O. 1148)	Vazamento de etileno por ruptura da linha, devido a restrição de fluxo no filtro ou devido a falha da válvula controladora J-117.
4a	Armazenamento (W.O. 1132)	Vazamento de etileno por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-101.
4b		Vazamento de etileno por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-102.
5a	Resfriamento do Etileno e Bom- beamento Primá- rio (W.O. 1149/ W.O. 1138)	Vazamento de etileno por furo ou rup- tura da linha entre as bombas e os intensificadores.
6a	Bombeamento a Alta Pressão (W.O. 1140)	Vazamento de etileno devido a ruptura da tubulação de 1 1/4" entre os in- tensificadores e os reatores.
7a	Reação (W.O. 1143)	Explosão do reator devido a decompo- sição do etileno, causada por exces- so de fluxo do gás auxilliar (oxigê- nio).
8b	Separação e Extrusão (W.O. 1144)	Vazamento de etileno pelo disco de ruptura do barril, devido ao aumento de pressão.
9a	Ensaque	Explosão do tanque de produto (polie- tileno), devido a formação de mistura explosiva (ar-etileno) durante a purga.

6. ANÁLISE E AVALIAÇÃO DAS CONSEQUÊNCIAS

6.1 Introdução

A estimativa das consequências dos eventos acidentais é de forma geral, realizada através da aplicação de modelos de simulação das consequências. Estes modelos requerem uma série de informações, as quais devem estar perfeitamente definidas para que se possa

ter uma correta interpretação dos dados.

Em vista disso, este capítulo aborda a preparação das hipóteses acidentais para a aplicação dos modelos, define os modelos de cálculo mais apropriados, considera os procedimentos de cálculo que deverão ser desenvolvidos, bem como define os dados de entrada que são utilizados.

Finalmente, apresenta de maneira objetiva os resultados obtidos nas simulações através de tabelas.

6.2 Definição das Secções de Ruptura

Para efeito da caracterização do fenômeno estudado, considerou-se as dimensões da secção de ruptura (orifício), segundo orientação do Banco Mundial, através do "Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques" (16), o qual dispõe sobre as falhas típicas e representativas relativas a cada componente.

No referido manual pode-se observar que para todos componentes considerados neste estudo (linhas, filtros, válvulas e outros), são sugeridas falhas do tamanho de 20 e 100% do diâmetro do componente.

Desta forma, para cada uma das hipóteses acidentais formuladas, foram estudados os seguintes casos:

- vazamento através de orifício de diâmetro equivalente a 20% do diâmetro do componente - Rachadura;
- vazamento através de orifício de diâmetro equivalente a 100% do diâmetro do componente - Colapso.

6.3 Modelos de Cálculo

A avaliação das consequências geradas pelo vazamento de substância inflamável foi realizada através da aplicação do conjunto de programas denominados WHAZAN - World Bank Hazard Analysis, desenvolvido pela Technica Internacional Ltd. e adotado pelo Banco Mundial para países em desenvolvimento.

Os modelos matemáticos utilizados foram :

- cálculo da vazão de saída de gás;
- cálculo da vazão de saída de líquido;
- cálculo da formação de poça;
- cálculo da radiação térmica proveniente de poça;
- cálculo da formação de jato;
- cálculo da radiação térmica proveniente do jato;
- cálculo da dispersão de nuvem densa;
- cálculo da dispersão de nuvem neutra;
- cálculo da explosão de nuvens de vapores não confinadas (UVCE's).

Os modelos de cálculo do código WHAZAN que foram utilizados nas simulações estão apresentados a seguir:

- **Gas Outflow** - estuda o vazamento de gases e vapores através de um orifício. O programa requer como dados de entrada as características do processo ou armazenamento (P e T) e do furo, fornecendo a taxa de vazamento (kg/s).
- **Liquid Outflow** - estuda o vazamento de substâncias através de um furo e da quantidade flasheada durante o vazamento devido a diferença de pressão entre o equipamento e o ambiente. O programa requer como dados de entrada as características do processo ou armazenamento e do furo, fornecendo a taxa de vazamento (kg/s) e a fração de produto flasheada.
- **Spreading/Evaporating Liquid** - estuda a formação e evaporação de um poça de líquido. O programa requer como dados de entrada a área do dique de contenção, velocidade do vento e a quantidade (kg) de produto vazado no caso de vazamento instantâneo, e o tempo de duração do mesmo, no caso de vazamento prolongado. Fornece como dados de saída as dimensões e a taxa de evaporação da poça formada.
- **Burning Liquid Pool** - calcula o perfil da radiação térmica emitida pelo incêndio de uma poça de líquido. O programa requer como dados de entrada a taxa e a duração do vazamento, a temperatura ambiente e a área do dique de contenção; fornece como dados de saída a altura da chama, o tempo total de queima e as distâncias de danos para níveis de radiação definidos.
- **Jet Dispersion** - estuda o vazamento de gases e vapores a alta velocidade a partir de um equipamento considerado. O programa requer como dados de entrada a temperatura e pressão do processo ou armazenamento, a área do furo e a temperatura ambiente, fornecendo como dados de saída as dimensões do jato para a concentração especificada e a temperatura após a expansão.
- **Jet Fire** - calcula o perfil da radiação térmica de um jato de fogo. O programa requer como dados de entrada a pressão e a temperatura no processo ou armazenamento, a área do furo e um nível de radiação definido. Fornece como dados de saída as distâncias de danos para níveis de radiação definidos.
- **Dense Cloud Dispersion** - estuda a dispersão de gases e vapores com densidades maiores que a do ar, provenientes de uma poça e/ou flasheados, a partir da taxa de vazamento. O programa requer como dados de entrada a taxa e a duração do vazamento, a temperatura do processo ou armazenamento, a categoria de estabilidade atmosférica, a velocidade do vento, a temperatura e a umidade ambiente e a concentração de interesse. Fornece como dados de saída o perfil da concentração em função da distância e o tempo necessário para que a nuvem se dilua à concentração de interesse especificada.

- **Buoyant Plume Dispersion** - estuda a dispersão de gases e vapores com densidades próximas à do ar, provenientes de vazamentos a baixa velocidade. O programa requer como dados de entrada a taxa e a duração do vazamento, a categoria de estabilidade atmosférica, a velocidade do vento, a temperatura e a concentração de interesse, fornecendo como resultado a máxima distância atingida pela concentração de interesse, na direção do vento.
- **Vapour Cloud Explosion** - estuda os danos gerados pela explosão de uma nuvem de vapor não confinada. O programa requer como dados de entrada a quantidade de produto que se encontra em condições de inflamabilidade e o rendimento da explosão, fornecendo os danos gerados pela sobrepressão em função da distância.

6.4 Metodologia de Cálculo

Conhecendo-se as características do etileno, bem como as condições de processo e/ou armazenamento do sistema, elaborou-se a seguinte sequência de estudo :

a. Vazamento de Etileno Gasoso:

O vazamento de etileno gasoso na atmosfera ocorre, com arraste de ar na corrente de gás efluente, e portanto com diluição do gás a partir do ponto de vazamento. Dessa forma, há a formação de um jato turbulento, onde a concentração e a velocidade do gás ao longo do eixo são funções da distância da seção de efluxo.

Conforme as características do etileno, as consequências de um vazamento de gás são resultantes de um possível incêndio/explosão do mesmo na atmosfera, sendo desconsiderada, portanto, a toxicidade do produto, uma vez que o etileno é considerado como um asfixiante simples.

No caso de ocorrer ignição imediata, forma-se uma chama característica, denominada "Jato de Fogo" (Jet Fire). Uma vez estabelecidas as dimensões do jato, pode-se avaliar os valores da radiação térmica recebida pelos pontos próximos à chama. Por outro lado, poderá ainda ocorrer, dentro do jato, uma explosão da massa de etileno gasoso existente entre os limites de inflamabilidade.

A ocorrência de incêndio ou explosão do jato depende fundamentalmente da massa de produto envolvida. Quanto maior for a massa, maior será a chance de ocorrer uma explosão dentro do jato.

O cálculo da massa de etileno gasoso em condições inflamáveis foi realizado admitindo-se que o jato apresenta a forma de uma elipse. Dessa forma, a quantidade de produto foi calculada a partir do volume de uma elipsóide (V), ou seja:

$$V = 4/3 \pi a.b^2$$

Onde,

V - volume da elipsóide (m³)

a, b - dimensões do jato (m)

Tais considerações são válidas para a hipótese 3a/3b, e para os dois tipos de ruptura, ou seja, rachadura e colapso.

No caso da hipótese 8b, não ocorre a formação de jato, pois para que isto ocorresse a pressão mínima no interior do tanque deveria ser de 1,81 bar, conforme o modelo de dispersão de jato. No entanto, o disco de ruptura entra em operação quando a pressão interna atinge 1,68 bar. Dessa forma, a liberação de etileno gasoso para a atmosfera ocorre a baixa velocidade, ou seja, sem grande arraste de ar, possibilitando então, sua dispersão no ambiente, o que poderá levar à formação de uma nuvem inflamável distante do ponto de vazamento.

O estudo do fenômeno acima descrito foi possível de ser realizado, a partir da utilização do modelo de dispersão de gás neutro e explosão de nuvem de vapor não confinada. O modelo de dispersão fornece a distância máxima a ser percorrida pela nuvem em condições inflamáveis. O valor obtido é dividido pela velocidade do vento (2,2 m/s) e multiplicado pela vazão de saída do produto. Desta forma, tem-se a massa inflamável a cada instante, e esta será utilizada no cálculo da sobrepressão gerada numa UVCE.

Ressalta-se que, a ignição de uma nuvem em condições inflamáveis poderá resultar num "flashfire" ou numa UVCE. O "flashfire" é a ignição retardada de uma nuvem de gás sem efeitos de sobrepressão porém, com efeitos térmicos nas proximidades da nuvem. Este evento não traz maiores consequências à população circunvizinha, a menos que haja um indivíduo dentro da área ocupada pela nuvem inflamável.

A UVCE (Unconfined Vapour Cloud Explosion) é a ignição retardada de uma nuvem de gás, onde ocorrem efeitos significativos de sobrepressão, gerando danos às pessoas, equipamentos e edificações.

A diferença fundamental entre o flashfire e a UVCE está na massa de produto em condições de inflamáveis e no comportamento da nuvem.

De acordo com a literatura especializada, sabe-se de experimentos já realizados, que a probabilidade de ocorrência de uma UVCE é significativa, apenas quando a massa de produto em condições inflamáveis for superior a 1000 kg.

No caso da hipótese 8b, ainda que a massa vazada seja menor que 1000 kg, foram simuladas as consequências de uma possível UVCE, já que o WHAZAN não permite o cálculo das consequências de um flashfire.

Da mesma forma, também não foi possível realizar simulações para as hipóteses 6a e 7a, uma vez que o código de cálculos disponível para este trabalho (WHAZAN), não permite utilizar valores de pressão acima de 1000 bar, enquanto que a pressão real no sistema varia de 2000 a 2700 bar na hipótese 6a e não permite a simulação de uma explosão confinada como na hipótese 7a.

Assim sendo, de acordo com o acima exposto, foram consideradas as seguintes sequências de cálculos para cada hipótese:

Hipótese 3a/3b:

Vazamento de gás etileno por ruptura da linha devido a restrição de fluxo no filtro ou devido a falha da válvula controladora J-117:

- Dispersão de Jato (Jet Dispersion);
- Jato de Fogo (Jet Fire);
- Explosão dentro do Jato (UVCE).

Hipótese 8b:

Vazamento de gás etileno pelo disco de ruptura do barril devido ao aumento de pressão:

- Vazamento de Gás (Gas Outflow);
- Dispersão de Nuvem Neutra (Buoyant Plume Dispersion);
- Explosão de Nuvem de Vapor Não Confinada (UVCE).

b. Vazamento de Etileno Líquido:

O vazamento de etileno líquido sob pressão, através de um orifício, ocorre com uma rápida vaporização de uma parte do produto devido a diferença de pressão entre o sistema e o ambiente. Esta vaporização é denominada "fracção flasheada". A fracção não flasheada irá dar origem à formação de uma poça que, após trocar calor com o solo e o ambiente, irá evaporar-se. Se ocorrer a ignição, o fenómeno resultante é um incêndio da poça.

O código de cálculos WHAZAN permite estudar a formação de uma poça de duas maneiras distintas: contínua e instantânea.

O caso contínuo é recomendável para a hipótese de rachadura (ruptura de 20 % do diâmetro do sistema em estudo), enquanto que o caso instantâneo é recomendável para a hipótese de colapso (ruptura de 100 % do diâmetro do sistema em estudo), uma vez que neste caso a vazão de saída do produto é muito grande possibilitando, desta forma, que nas hipóteses 4a, 4b e 5a praticamente toda a massa contida nos tanques venha a vaziar, sendo portanto, estudado como um caso de "vazamento instantâneo".

Quando da formação da poça de etileno, ocorrerá uma brusca queda de temperatura do produto, devido a despressurização conforme já mencionado, tendendo o produto a evaporar, sendo que nos momentos iniciais, que são os de interesse, seus vapores se comportam como os de um gás pesado. Portanto, a distância a ser percorrida pela nuvem com concentração equivalente à metade do limite inferior de inflamabilidade foi simulada no modelo de dispersão de gás pesado.

Ressalta-se que, para efeito deste estudo, a taxa de produto que dá origem à nuvem (taxa de alimentação) foi considerada como a somatória da fração flasheada com a taxa de evaporação do produto na poça.

Uma vez formada uma nuvem de etileno em condições inflamáveis poderá ocorrer a sua ignição, gerando um flashfire ou uma UVCE; cabendo lembrar que a diferença entre estes dois fenômenos já foi comentada anteriormente.

A estimativa da massa de produto em condições inflamáveis na nuvem foi realizada multiplicando-se a taxa de alimentação da nuvem pelo tempo necessário para a mesma atingir a concentração de interesse (50 % do LIE).

De acordo com o acima exposto, foi considerada a seguinte sequência de cálculos para as hipóteses 4a, 4b e 5a:

Hipóteses 4a e 4b:

Vazamento de etileno líquido por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-101 (4a) ou E-102 (4b):

- Vazamento de Líquido (Liquid Outflow);
- Formação e Evaporação de Poça (Spreading/ Evaporating Liquid);
- Incêndio de Poça (Burning Liquid Pool);
- Dispersão de Gás Pesado (Dense Cloud Dispersion);
- Explosão de Nuvem de Vapor Não Confinada (UVCE).

Hipótese 5a:

Vazamento de etileno líquido por furo ou ruptura na linha entre as bombas primárias e os intensificadores:

- Vazamento de Líquido (Liquid Outflow);
- Formação e Evaporação de Poça (Spreading/ Evaporating Liquid);
- Incêndio de Poça (Burning Liquid Pool);
- Dispersão de Gás Pesado (Dense Cloud Dispersion);
- Explosão de Nuvem de Vapor Não Confinada (UVCE).

De acordo com o procedimento estabelecido acima deve-se ressaltar alguns aspectos relacionados com a aplicação do WHAZAN na hipótese 5a. No caso do colapso (ruptura de 100 % do diâmetro do sistema em estudo) pode-se verificar que devido a alta pressão envolvida (122,4 bar), a vazão de saída do produto atinge 1280 kg/s, com uma fração flasheada de 35,4 %.

Do modelo de evaporação de poça obteve-se uma taxa de evaporação de 187,4 kg/s. De acordo com o procedimento utilizado, a vazão de produto que daria origem a nuvem (Q =taxa de alimentação) seria:

$$Q = \text{Fração Flasheada} + \text{Taxa de Evaporação}$$

$$Q = 448 \text{ (kg/s)} + 187,4 \text{ (kg/s)}$$

$$Q = 635,4 \text{ (kg/s)}$$

Ao se estudar a dispersão de uma nuvem formada a partir desta taxa obtém-se os tempos de 255 e 298 segundos para as categorias de estabilidade atmosférica B e E, respectivamente, para alcançar a concentração de interesse. Dessa forma, as massas de produto que fariam parte de uma UVCE seriam, de acordo com o procedimento adotado, as seguintes:

$$\text{MASSA} = \text{TAXA} \times \text{TEMPO}$$

Para a Categoria B, tem-se:

$$\text{MASSA} = 255 \text{ (s)} \times 635,4 \text{ (kg/s)}$$

$$\text{MASSA} = 162000 \text{ (kg)}$$

Para a Categoria E, tem-se:

$$\text{MASSA} = 298 \text{ (s)} \times 635,4 \text{ (kg/s)}$$

$$\text{MASSA} = 189300 \text{ (kg)}$$

No entanto, pode-se verificar que tais massas são irreais, uma vez que o tanque comporta uma capacidade máxima de 60000 kg. Desta maneira, tem-se um vazamento total do tanque, havendo no entanto a dificuldade de se estimar a quantidade de produto em condições inflamáveis.

Estudando-se os danos gerados em outros eventos desta natureza, e em função das próprias condições do vazamento, adotou-se que um terço da quantidade vazada, ou seja, cerca de 20 ton., estarão em condições de inflamabilidade, e participarão de uma eventual explosão não confinada (UVCE).

6.5 Definição dos Dados de Entrada

6.5.1 Condições Atmosféricas

Com relação às condições atmosféricas foram utilizadas no desenvolvimento deste estudo os seguintes dados:

- Umidade relativa do ar : 80 %
- Temperatura ambiente : média anual igual a 24°C (297 K)
- Categorias de estabilidade atmosférica: B (instável) e E (estável). Estes valores foram escolhidos em função dos valores de velocidade do vento e radiação solar predominantes na região em estudo. A categoria B ocorre somente durante o período diurno, enquanto que a categoria E ocorre somente durante o período noturno, como pode ser observado na Tabela 11, contida no manual do WHAZAN, mostrada a seguir:

Tabela 11 - Categorias de Estabilidade Atmosférica

Velocidade do vento a 10 m (m/s)	Período diurno			Período noturno	
	Forte	Moderado	Fraco	Parcialmente encoberto	Encoberto
2	A	A - B	B	--	--
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
6	C	D	D	D	D

- Velocidade do Vento : 2,2 m/s

6.5.2 Tempos de Vazamentos

Os tempos de vazamentos adotados neste trabalho foram aqueles fornecidos pela Union Carbide, no caso da hipótese de rachadura. Já para a hipótese de colapso, embora a empresa tenha fornecido tempos bastantes reduzidos, foi assumido que o tempo de reação seria o mesmo que para a hipótese de reachadura. Tal decisão está relacionada ao fato de que a hipótese assume que todos os equipamentos de detecção e controle de vazamentos não funcionarão e, desta forma, os tempos de reação também estão relacionados com as ações dos operadores.

Os tempos adotados estão tabelados no item 6.6.2 - Resultados das Simulações.

6.5.3 Outras Considerações

- **Rugosidade da região:** no caso em estudo a região foi considerada como área industrial, ou seja, com a presença de obstáculos de médio a grande porte.
- **Temperatura da superfície do solo:** 29°C (302 K)
- **Dique de contenção:** o modelo de formação e evaporação de poça requer como dado de entrada a área de dique, quando este existir. Neste estudo, foram utilizadas as áreas fornecidas pela Union Carbide. No caso da não existência de um dique de contenção, foi assumida uma área de 1000 m^2 , conforme recomendado pelo Manual do Banco Mundial (16).
- **Rendimento de uma explosão:** o modelo de cálculo da sobrepressão gerada por uma UVCE requer como dado de entrada o rendimento da explosão (Explosive Yield). Este dado significa a porcentagem de energia disponível na massa inflamável que irá se converter em sobrepressão. De acordo com estudos realizados e bibliografias internacionais, a utilização de um rendimento de 10%, como utilizado neste trabalho, apresenta uma confiabilidade de praticamente 100%.
- **Limite de Inflamabilidade:** os modelos de dispersão de jato, dispersão de nuvem densa e dispersão de gás neutro requerem como dado de entrada um valor de referência para os cálculos. No caso da dispersão de jato foi utilizado o valor do limite inferior de inflamabilidade, pois o código de cálculo é de natureza bastante conservativa. Já para os modelos de dispersão de gases pesados e neutros, foi utilizado como referência a metade do limite inferior de inflamabilidade, conforme recomendação do próprio Manual do Banco Mundial (16).

6.6 Análise dos Resultados Obtidos nas Simulações

Após a execução das simulações das consequências é necessário analisar os resultados obtidos em termos de distâncias perigosas atingidas pelos níveis definidos de radiação térmica e sobrepressão.

Estes níveis, adotados pelo Banco Mundial estão definidos a seguir, nas Tabelas 12, 13 e 14.

Tabela 12 - Níveis de Radiação Térmica

Radiação térmica (kw/m ²)	CARACTERÍSTICAS
0,70	vermelhação e queimaduras após exposição prolongada
1,75	limite de dor alcançado após 60 s de exposição
2,00	danos a tubulações de PVC
5,00	limite de dor alcançado após 15 s de exposição
6,40	limite de dor alcançado após 8 s de exposição queimaduras de 2º grau após 20 s de exposição
9,50	limite de dor alcançado após 6 s de exposição
12,50	ignição pilotada da madeira em exposição prolongada
15,00	danos a materiais da Classe 2
16,00	queimaduras graves após 5 s de exposição
25,00	ignição espontânea da madeira
30,00	danos a materiais da Classe 1

Estes níveis de radiação também podem ser definidos da seguinte forma :

Tabela 13 - Níveis de Radiação Térmica:
Probabilidade de Morte x Tempo de Exposição

Radiação térmica (kw/m ²)	Tempo de exposição para % de morte (s)		
	1 %	50 %	99 %
1,6	500	1300	3200
4,0	150	370	930
12,5	30	80	200
37,5	8	20	50

As Tabelas 14 e 15 mostram os danos associados aos níveis de sobrepressão

Tabela 14 - Níveis de Sobrepressões

Nível de sobrepressão (bar)	CARACTERÍSTICAS
0,30	sobrepressão que provoca danos graves em prédios, estruturas e equipamentos; perigo a vida
0,10	sobrepressão que provoca danos graves reparáveis em prédios, estruturas; perigo a saúde e a vida
0,03	sobrepressão que provoca ruptura total de vidros, podendo causar ferimentos por lançamentos de estilhaços; mal estar à saúde
0,01	sobrepressão que provoca ruptura em aproximadamente 10 % dos vidros, com pequenas probabilidade de causar ferimentos.

Tabela 15 - Relação entre valores de sobrepressão e % de letalidade por picos de sobrepressão; duração infinita e morte por hemorragia pulmonar

DANOS	SOBREPRESSÃO (bar)
1 % de letalidade	1,00 E+06
10 % de letalidade	1,20 E+06
50 % de letalidade	1,40 E+06
90 % de letalidade	1,75 E+06
99 % de letalidade	2,00 E+06

6.6.1 Valores Adotados

Conforme já mencionado, o etileno apresenta apenas riscos de incêndio e explosão, não sendo relevante a sua toxicidade, uma vez que o mesmo é considerado como um asfixiante simples.

Para determinar as áreas sob risco devido às radiações térmicas provenientes de incêndios, e as sobrepressões decorrentes de explosões, foi necessária a adoção de alguns valores de referência.

Assim, para os casos de incêndio, o valor de referência adotado foi o de $12,5 \text{ kw/m}^2$, o que representa, conforme mostra a Tabela 13, uma probabilidade de morte de até 1 % da população atingida, para um exposição de 30 s.

Já para os casos de explosões, foram adotados como referências os valores de sobrepressões de 0,10 e 0,03 bar. O primeiro representa danos reparáveis a estruturas (paredes, portas, telhados, etc) e portanto perigo à saúde e à vida. O valor de 0,03 bar representa 100 % de chance de ruptura de vidros, podendo portanto provocar ferimentos às pessoas. Estes valores estão apresentados na Tabela 14.

Pode-se observar que os valores de referência adotados para as sobrepressões estão relacionados com danos materiais, e não diretamente com a letalidade. Isto é justificado pelo fato de que a principal causa de letalidade resultante de danos diretos de impulsos de pressão é a hemorragia pulmonar; entretanto, como exposto na Tabela 15, o corpo humano é muito mais resistente a impulsos de pressão que as estruturas rígidas como as edificações, ou seja, considerando-se os efeitos de sobrepressão, uma pessoa tem uma probabilidade de morte maior dentro de um edifício do que ao ar livre. Consequentemente, a letalidade pode ser associada a valores menores de sobrepressão que aqueles mostrados na Tabela 15.

6.6.2 Resultados das Simulações

As simulações das consequências encontram-se no Anexo III e os seus resultados estão tabelados a seguir.

6.6.2.1 Hipótese 3a/3b

Vazamento de gás etileno por ruptura da linha devido a restrição de fluxo no filtro, ou devido a falha da válvula controladora J-117.

Subsistema: Resfriamento do Gás de Retorno (W.O. 1148)

Dados de Entrada:

- Pressão (bar)	:	68
- Temperatura (K)	:	303
- Vazão (ton/h)	:	45
- Diâmetro (pol)	:	6
- Área do Furo (m)	:	Rachadura = 7,30 E-04 Colapso = 1,82 E-04
- Tempo de Vazamento (s)	:	Furo = 600 Colapso = 600
- Área do Dique (m ²)	:	não tem

Resultados:

1. Jato de Fogo:

a. Dimensões do Jato:

	RACHADURA	COLAPSO
COMPRIMENTO (m)	23,0	115,0
LARGURA (m)	2,4	12,0

b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de radiação térmica:

RADIACÃO TÉRMICA (kw/m ²)	DISTÂNCIAS ATINGIDAS (m)	
	RACHADURA	COLAPSO
4,0	56,0	281,0
12,5	43,0	216,0
37,5	37,0	185,0

2. UVCE - Explosão dentro do Jato:

- a. Quantidade de produto dentro dos limites de inflamabilidade:

Volume (V) de produto no jato:

$$V = 4/3 \pi ab^2, \text{ onde } a \text{ e } b \text{ são as dimensões do jato}$$

- Rachadura:

$$V = 4/3 \pi .11,5.(1,2)^2$$

$$V = 69,36 \text{ m}^3 \text{ ou } M = 80 \text{ kg}$$

- Colapso:

$$V = 4/3 \pi .57.(6)^2$$

$$V = 8618 \text{ m}^3 \text{ ou } M = 9988 \text{ kg}$$

- b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de sobrepressão:

DANO PROVAVEL (bar)	DISTÂNCIAS ATINGIDAS (m)	
	RACHADURA	COLAPSO
0,30	22,0	108,0
0,10	43,0	216,0
0,03	108,0	541,0
0,01	289,0	1440,0

6.6.2.2 Hipótese 4a:

Vazamento de etileno líquido por ruptura de juntas, flanges ou tubulações, devido a sobrepressão no tanque E-101.

Subsistema:

Armazenamento (W.O. 1132)

Dados de Entrada:

- Pressão (bar) : 19 (*)
- Temperatura (K) : 243
- Vazão (ton/h) : 15
- Diâmetro (pol) : 2
- Área do Furo (m^2) : Rachadura = $8,1 \cdot 10^{-5}$
Colapso = $2,0 \cdot 10^{-3}$
- Tempo de Vazamento (s) : Rachadura = 300
Colapso = 300
- Área do Dique (m^2) : 204
- Altura da Coluna de Líquido (m) : 12

(*) Valor mínimo aceito pelo WHAZAN = 20,6 bar

Resultados:

1. Incêndio de Poça:

a. Raio da poça:

- Rachadura: 2,2 m.
- Colapso : 6,0 m

b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de radiação térmica:

RADIACÃO TÉRMICA (kw/m^2)	DISTÂNCIAS ATINGIDAS (m)	
	RACHADURA	COLAPSO
4,0	18,4	56,2
12,5	10,4	31,8
37,5	6,0	18,3

2. UVCE:

- a. Quantidade de produto dentro dos limites de inflamabilidade e distância máxima atingida pela nuvem:

EVENTO	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	MASSA DO GÁS (kg)	DISTÂNCIA ATINGIDA (m)
RACHADURA	2,2	B	35,3	33,6
	2,2	E	42,3	40,3
COLAPSO	2,2	B	5103,0	179,0
	2,2	E	5860,0	204,0

Massa = $Q \cdot t$

Q = taxa de vazamento (kg/s)

t = tempo (s) para atingir a concentração de interesse, ou seja, 27000 ppm

- b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de sobrepressão:

DANO PROVAVEL (bar)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	DISTÂNCIA ATINGIDA (m)	
			RACHADURA	COLAPSO
0,30	2,2	B	16,5	87,0
	2,2	E	17,5	91,0
0,10	2,2	B	33,0	173,0
	2,2	E	35,0	181,0
0,03	2,2	B	82,5	433,0
	2,2	E	88,0	454,0
0,01	2,2	B	220,0	1160,0
	2,2	E	234,0	1210,0

6.6.2.3 Hipótese 4b

Vazamento de etileno líquido por ruptura de juntas, flanges ou tubulações devido a sobrepressão no tanque E-102.

Subsistema:

Armazenamento (W. O. 1132)

Dados de Entrada:

- Pressão (bar) : 30,6
- Temperatura (K) : 256
- Vazão (ton/h) : 15
- Diâmetro (pol) : 2
- Área do Furo (m) : Rachadura = 8,11 E-05
Colapso = 2,03 E-03
- Tempo de Vazamento (s): Furo = 300
Colapso = 300
- Área do Dique (m²) : 204
- Altura da Coluna de Líquido (m) : 12

Resultados:

1. Incêndio de Poça:

a. Raio da poça:

- Rachadura: 2,3 m
- Colapso : 8,0 m

b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de radiação térmica:

RADIACÃO TÉRMICA (kw/m ²)	DISTÂNCIAS ATINGIDAS (m)	
	RACHADURA	COLAPSO
4,0	19,4	56,2
12,5	11,0	31,8
37,5	6,3	18,3

2. UVCE:

- a. Quantidade de produto dentro dos limites de inflamabilidade e distância máxima atingida pela nuvem:

EVENTO	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	MASSA DO GÁS (kg)	DISTANCIA ATINGIDA (m)
RACHADURA	2,2	B	46,4	35,5
	2,2	E	55,1	42,3
COLAPSO	2,2	B	6048,0	184,1
	2,2	E	6840,0	208,6

$$\text{Massa} = Q \cdot t$$

Q = taxa de vazamento (kg/s)

t = tempo (s) para atingir a concentração de interesse, ou seja, 27000 ppm

- b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de sobrepressão:

DANO PROVAVEL (bar)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	DISTANCIA ATINGIDA (m)	
			RACHADURA	COLAPSO
0,30	2,2	B	18,1	92,0
	2,2	E	19,0	96,0
0,10	2,2	B	36,2	183,0
	2,2	E	38,0	191,0
0,03	2,2	B	90,4	458,0
	2,2	E	96,0	478,0
0,01	2,2	B	241,0	1220,0
	2,2	E	255,0	1270,0

6.6.2.4 Hipótese 5a:

Vazamento de etileno líquido por furo ou ruptura na linha entre as bombas primárias e os intensificadores.

Subsistema:

Resfriamento de etileno e bombeamento primário (W.O. 1149 e W.O. 1138).

Dados de Entrada:

- Pressão (bar) : 122,4
- Temperatura (K) : 242
- Vazão (ton/h) : 65
- Diâmetro (pol) : 6
- Área do Furo (m) : Rachadura = $7,30 \text{ E-}04$
Colapso = $1,80 \text{ E-}04$
- Tempo de Vazamento (s): Furo = 600
Colapso = 600
- Área do Dique (m^2) : não tem

Resultados:

1. Incêndio de Poça:

a. Raio da poça:

- Rachadura: 10,5 m
- Colapso : 18,0 m

b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de radiação térmica:

RADIACÃO TÉRMICA (kw/m^2)	DISTÂNCIAS ATINGIDAS (m)	
	RACHADURA	COLAPSO
4,0	71,0	112,0
12,5	40,0	63,0
37,5	23,0	36,5

2. UVCE:

- a. Quantidade de produto dentro dos limites de inflamabilidade e distância máxima atingida pela nuvem:

EVENTO	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	MASSA DO GÁS (kg)	DISTANCIA ATINGIDA (m)
RACHADURA	2,2	B	3848,0	162,6
	2,2	E	4368,0	185,6
COLAPSO	2,2	B	20000,0 *	561,0
	2,2	E	20000,0 *	656,0

Massa = $Q \cdot t$

Q = taxa de vazamento (kg/s)

t = tempo (s) para atingir a concentração de interesse, ou seja, 27000 ppm

(*) - Máxima massa possível de vazar (capacidade do tanque).

- b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de sobrepressão:

DANO PROVAVEL (bar)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	DISTANCIA ATINGIDA (m)	
			RACHADURA	COLAPSO
0,30	2,2	B	79,0	137,0
	2,2	E	82,0	137,0
0,10	2,2	B	157,0	273,0
	2,2	E	164,0	273,0
0,03	2,2	B	394,0	683,0
	2,2	E	411,0	683,0
0,01	2,2	B	1050,0	1820,0
	2,2	E	1100,0	1820,0

6.6.2.5 Hipótese 8b:

Vazamento de gás etileno pelo disco de ruptura do barril, devido ao aumento de pressão.

Subsistema:

Separação e Extrusão (W.O. 1144).

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

Dados de Entrada:

- Pressão (bar) : 1,68
- Temperatura (K) : 523
- Diâmetro (pol) : 8
- Área do Furo (m²) : 3,24 E-02
- Tempo de Vazamento (s) : 600
- Volume do Barril (m³) : 2,5
- Área do Dique (m²) : não tem

Resultados:

1. UVCE:

- a. Quantidade de produto dentro dos limites de inflamabilidade e distância máxima atingida pela nuvem :

EVENTO	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	MASSA DO GÁS (kg)	DISTÂNCIA ATINGIDA (m)
COLAPSO	2,2	B	105,0	42,0
	2,2	E	325,0	130,0

$$\text{Massa} = Q \cdot t$$

Q = taxa de vazamento (kg/s)

t = tempo (s) para a nuvem atingir a distância máxima com velocidade igual a do vento

b. Distâncias atingidas pelos níveis definidos de sobrepressão:

DANO PROVAVEL (bar)	VELOCIDADE DO VENTO (m/s)	PASQUILL	DISTANCIA ATINGIDA (m)
0,30	2,2	B	24,0
	2,2	E	35,0
0,10	2,2	B	47,0
	2,2	E	69,0
0,03	2,2	B	119,0
	2,2	E	173,0
0,01	2,2	B	316,0
	2,2	E	461,0

7. ANÁLISE DE VULNERABILIDADE

A análise de vulnerabilidade foi realizada com a finalidade de identificar as possíveis áreas a serem impactadas em decorrência das consequências geradas pelas hipóteses acidentais anteriormente estudadas. Os resultados destas análises foram expressos em mapas padrão da região de escala 1:10000, nos quais estão apresentadas as distâncias atingidas pelas intensidades das radiações térmicas provenientes dos incêndios, e também das sobrepressões decorrentes de explosões de nuvens de vapor não confinadas (UVCE's).

Cabe lembrar que para o caso de incêndio o valor da radiação térmica adotado ($12,5 \text{ kw/m}^2$), representa a probabilidade de morte de até 1% da população atingida para uma exposição de trinta segundos. Para os casos de explosão, o valor da sobrepressão de 0,1 bar, representa danos reparáveis a estruturas, e o valor de sobrepressão de 0,03 bar representa 100% de chance de ruptura de vidros, podendo provocar ferimentos às pessoas.

Na tabela 16 estão resumidas as áreas sob risco, mostradas nos mapas do Anexo IV, as quais correspondem aos resultados dos eventos estudados nas hipóteses anteriormente consideradas. Observa-se nessa tabela que os dados das simulações realizadas mostram que as distâncias atingidas pelas radiações térmicas geradas pelas hipóteses 3a/3b, 4a, 4b e 5a restringem-se às áreas internas da indústria.

Os prováveis riscos causados pela radiação térmica aos funcionários da Union Carbide pode ser considerado como não relevante, uma vez que a radiação emitida pelo jato decresce rapidamente com a distância neste tipo de incêndio estacionário, permitindo dessa forma a fuga dos operadores, o que não elimina a possibilidade de eventuais pessoas que estejam dentro dos limites da área considerada perigosa (43 m para rachadura e 216 m para colapso) fiquem sujeitas a lesões.

Em termos de riscos aos equipamentos os mesmos dependerão do tempo que ficarem expostos ao fogo, ressaltando-se que por tratarem-se dos equipamentos do sistema de purificação de gases, onde todos estes estão muito próximos uns dos outros, poderão ser gerados distúrbios que eventualmente acarretem descontroles das operações ali realizadas.

Na hipótese 5a há a possibilidade dos níveis de radiação térmica atingirem o feixe de tubulações que une o sistema de SPG e dos reatores. Cabe lembrar que se ocorrer o vazamento os sistemas "shut-down" interromperão as operações dos intensificadores e das bombas primárias, ficando no entanto o feixe de linhas exposto ao produto, razão pela qual deverá ser prioridade o isolamento do mesmo, caso o incêndio venha a ocorrer.

Tabela 16 - Resumo dos dados referentes as distâncias atingidas pelas radiações térmicas e o meio vulnerável

Hipótese	Distâncias Atingidas pela Radiação Térmica	Curva Correspondente	Meio Vulnerável
3a/3b	43.0 m - rachadura	C1	área interna da indústria
	216.0 m - colapso	C4	
4a	12.6 m - rachadura	C1	área interna da indústria
	40.0 m - colapso	C2	
4b	12.3 m - rachadura	C1	área interna da indústria
	39.0 m - colapso	C2	
5a	50.0 m - rachadura	C1	área interna da indústria
	81.0 m - colapso	C2	

Pressupondo-se que a fonte de ignição seja retardada, não havendo a formação do jato de fogo como no caso anterior, poderá ocorrer uma explosão da nuvem de vapor não confinada (UVCE).

A periculosidade da UVCE está relacionada ao fato do fenômeno ocorrer extremamente rápido, não permitindo a fuga das pessoas, sendo esta portanto a situação de maior perigo tanto para as pessoas da fábrica, quanto aos equipamentos existentes na área exposta.

Observa-se na tabela 17, que as pessoas sujeitas ao pior efeito de sobrepressão de 0,10 bar, são os próprios funcionários da Union Carbide. Já na hipótese 3a/3b e também na hipótese 5a, em caso de colapso, os danos poderão atingir o parque ecológico, e as dependências da Rhodia.

Para os níveis de sobrepressão de 0,03 bar, onde os danos previstos estão relacionados a 100% de chance de quebra de vidros, as distâncias e número provável de pessoas atingidas estão apresentados na Tabela 17.

Tabela 17 - Resumo dos dados referentes as distâncias atingidas por sobrepressões e o meio vulnerável

Hipótese	Distâncias Atingidas (m) pela Sobrepressão (UVCE)		Curva Correspondente nos Mapas	Meio Vulnerável	Nº de Pessoas Sujeitas às Sobrepressões
	0,1 bar	0,03 bar			
3a/3b	54,5 rachadura	-	C2	área interna da indústria	5
	273 colapso	-	C5	área interna da indústria	5
				área parcial da Rhodia	16
	-	108 rachadura	C3	área interna da indústria	25
	-	541 colapso	C6	metade do Parque Ecológico	30 (estimada)
				área parcial da Subestação da Eletropaulo	3
				área interna da indústria	25
				área da Rhodia	16
				trecho da rodovia Piaçaguera-Guarujá	200 (estimada)
4a	55 rachadura	-	C3	área interna da da Union Carbide	5
	283 colapso	-	C5	área interna da Union Carbide	26
	-	108 rachadura	C4	área interna da Union Carbide	25

(continuação)

Hipótese	Distâncias Atingidas (m) pela Sobrepressão (UVCE)		Curva Correspondente nos Mapas	Meio Vulnerável	Nº de Pessoas Sujeitas às Sobrepressões
	0,1 bar	0,03 bar			
	-	556 colapso	C6	área interna da Union Carbide área da Rhodia área parcial da Subestação da Eletropaulo área parcial da Subestação da Eletropaulo	25 16 3 3
4b	53 rachadura	-	C3	área interna da Union Carbide	5
	295 colapso	-	C5	área interna da Union Carbide	26
	-	117 rachadura	C4	área interna da Union Carbide	26
		582 colapso	C6	área interna da Union Carbide área da Rhodia área parcial da Subestação da Eletropaulo	26 16 3
5a	257 rachadura	-	C3	área interna da Union Carbide	26
	600 colapso	-	C5	área interna da indústria área parcial do Parque Ecológico indústria Rhodia	26 30 16

(continuação)

Hipótese	Distâncias Atingidas (m) pela Sobrepressão (UVCE)		Curva Correspondente nos Mapas	Meio Vulnerável	Nº de Pessoas Sujeitas às Sobrepressões
	0,1 bar	0,03 bar			
	-	504 rachadura	C4	área interna da Union Carbide	26
				área da Rhodia	16
				área parcial do Parque Ecológico	30
	-	1010 colapso	C6	área interna da Union Carbide	26
				área da Alba Química	170 (desativado)
				área da Aga S/A	35
				área da Rhodia	16
				área da Subestação da Eletropaulo	3
				Rodovia Piaçaguera- Guarujá (+ ou - 2km)	200
				área parcial do Parque Ecológico	20
				área interna da Union Carbide	26
	-	1010 colapso	C6	área da Alba Química	170 (desativado)
				área da Aga S/A	35
				indústria Rhodia	16
				área da Subestação da Eletropaulo	3
				rodovia Piaçaguera- Guarujá (+ou- 2 km)	200 (estimado)
				área do Parque Ecológico	20

(continuação)

Hipótese	Distâncias Atingidas (m) pela Sobrepressão (UVCE)		Curva Correspondente nos Mapas	Meio Vulnerável	Nº de Pessoas Sujeitas às Sobrepressões
	0,1 bar	0,03 bar			
8a	134	-	C1	área interna da Union Carbide	26
	-	238	C2	área interna da Union Carbide	26

8. CONSIDERAÇÕES GERAIS

Conforme exposto no início deste relatório o presente trabalho teve por principal objetivo treinar a equipe da CETESB no assunto "análise de riscos industriais", o que ao nosso ver foi plenamente atingido, uma vez que o mesmo propiciou uma visão bastante prática da utilização de algumas das técnicas internacionalmente conhecidas para o desenvolvimento deste tipo de estudo, além de também terem sido criadas as condições para análise de plantas industriais em campo.

Em termos de recomendações de medidas para mitigação dos riscos estudados podemos tecer os seguintes comentários:

- Por ser a planta de fabricação de polietileno da unidade de Cubatão da Union Carbide bastante antiga, a mesma foi ao longo do tempo passando por diversas melhorias, em termos de aumento da produtividade e implantação de sistemas de segurança de modo que sua operação fosse se tornando cada vez mais segura, razão pela qual a mesma pode ser considerada, como bem equipada em termos de instrumentação e sistemas de controle;
- Sugere-se que dentro de um programa de gerenciamento de riscos a ser implantado sejam considerados, entre outros, os seguintes aspectos:
 - desenvolvimento de estudos específicos para análise de falhas dos instrumentos de controle, através de técnicas específicas para tal, como por exemplo Análise de Modos de Falhas e Efeitos;
 - desenvolvimento de estudo específico para a unidade de reação, contemplando desvios específicos do processo, por exemplo através da aplicação de um HazOp;

- cálculo das consequências geradas pelas hipóteses 7a - explosão do reator e 9a - explosão do tanque de produto (polietileno), uma vez que tais hipóteses não foram contempladas neste estudo em função do sistema utilizado (WHAZAN) não trabalhar com explosões confinadas;
 - cálculo das consequências geradas pela hipótese 6a - vazamento por ruptura de tubulação no sistema de bombeamento a alta pressão, uma vez que a pressão de trabalho deste sistema (2,721 bar) não possibilita o cálculo através do WHAZAN, que só trabalha com pressões de até 1000 bar;
- c) A nível de medidas a serem implementadas, de imediato, pela empresa podemos sugerir:
- por ser esta planta operada a altas pressões, onde os equipamentos são submetidos a condições "estressantes", principalmente em termos de vibrações, a existência de um programa de manutenção, preditiva e preventiva, é de fundamental importância, para a garantia das condições de segurança da unidade;
 - outro aspecto relevante diz respeito à necessidade permanente de reciclagem e aperfeiçoamento dos operadores, de modo que cada vez mais se tenha certeza de que as operações vêm sendo realizadas de forma segura, inclusive em situações anormais;
 - os resultados aqui apresentados, em termos de consequências, gerados pelos eventos estudados, tanto internamente como externamente, fornecem novos subsídios para a reestruturação do plano de emergência da fábrica, principalmente em termos de ações de combate a vazamentos, isolamento, evacuação das instalações e das áreas existentes no entorno da fábrica;
 - finalmente, pode-se sugerir, também em função das condições severas em que os equipamentos operam, a instalação de selos duplos em bombas, de modo que sejam evitados pequenos vazamentos nas mesmas, diminuindo assim chance destes ocorrerem.

Do acima exposto pode-se concluir que o projeto em questão teve seu objetivo alcançado, cabendo no entanto os seguintes comentários:

- a) em função do atraso na execução do projeto, e considerando ainda a redução das metas a serem alcançadas, conforme já foi anteriormente exposto, pode-se concluir que o referido projeto teve seu cronograma sub-dimensionado quando da elaboração de sua proposta inicial;
- b) em função das limitações do software "WHAZAN" pode-se concluir que o mesmo não atende a todas as necessidades da CETESB, em termos de cálculos de consequências geradas por

vazamentos de produtos químicos;

- c) há a necessidade da existência de um sistema permanente de atualização e aperfeiçoamento profissional dos técnicos da CETESB na área de análise de riscos industriais, de modo que a médio prazo este assunto possa passar a ser utilizado mais intensamente como um importante instrumento de controle da "poluição acidental".

9. EQUIPE TÉCNICA

9.1 Divisão de Tecnologia de Riscos Ambientais

Ricardo Rodrigues Serpa

9.2 Setor de Análise de Riscos

Ofélia Maria Simões de Matos Makaron

Vivienne Maria M. Minniti

Maria Cecília de Oliveira

Michico Ishihara

9.3 Setor de Operações de Emergência

Helvio Aventurato

Edson Haddad

Marcos Tadeu Seriacopi

9.4 Colaboração - Union Carbide

Luiz Gonzaga Colella

João Manuel de Carvalho Moreno

Pedro Rosa

Hélio Carlos Ferreira

Luis Antonio Chiumm

9.5 Digitação

Pedro Tomé de Souza

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BENI, P.; TRAVERSARI, A. **Design of a safe secondary compressor.** IN : Safety in polyethylene plants. v. 2, Chemical Engineering Progress, 1974. p. 10 - 9.
2. CHAMBAR, J. L. **Selecting materials for high pressure fittings.** IN : Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 50 - 6.
3. FRYER, D. M. **Solving tube gland corrosion cracking.** IN: Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 57 - 8.
4. GIRIN, H. A. **Help in design of high pressure joints** IN: Safety in polyethylene plants. v. 2, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 28 - 38.
5. GUILL, A. W. **Protective design for reactor compressor, of high-pressure piping.** IN: Safety in polyethylene plants. Chemical Engineering Progress, 1973. p. 49 - 52.
6. HUGHES, W. T.; ELWONGER, C. M.; O'NEAL, L. R. **Fatigue - vibration problems in piping systems.** IN : Safety in polyethylene plants. Chemical Engineering Progress, 1973. p. 35 - 8.
7. IBP - Instituto Brasileiro do Petróleo - **Manual de Eteno.** Comissão para Movimentação de Produtos Especiais, 1978.
8. LINSSSEN, T. J. M.; DOLS, P. L. M.; BONGERS, P. J. W. **Fatigue crack initiation in high-pressure tubes** IN : Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 10 - 9.
9. MAGELI, O. L. et al. **Organic peroxide decomposition characteristics.** IN : Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 62 - 8.
10. MRAZ, G. J. WITKIN, D. E. **Pressure vessel codes and reactor design.** IN : Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 20 - 7.
11. ROGAN, J.; BETT, K. E.; FORD, H. **Design criteria for pressure vessels.** IN : Safety in polyethylene plants. Chemical Engineering Progress, 1973. p. 15 - 25.
12. SANDNER, B. W. **Alignment monitoring of hyper compressor plungers.** IN: Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 47 - 9.
13. SCHEUBER, K. ; OLIVIER, J. R. **Gas pulsations and vibrations in LDPE plants.** IN : Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 37 - 40.

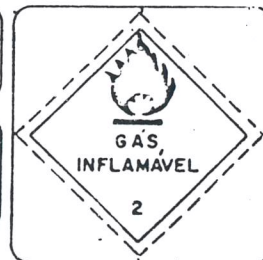
14. SINCAAM - Sistema Nacional de Cadastramento de Acidentes Ambientais. Banco de Dados da CETESB, 1989.
15. VILLAMIL, I. A. ; MUHLE, M. E.; BERET, S. E. Purging criteria for LDPE make bins. IN: Safety in polyethylene plants. v. 3, Chemical Engineering Progress, 1978. p. 70 - 1.
16. WHAZAN - World Bank Hazard Analysis. Manual of Industrial Hazard Assessment Techniques. Technica International Ltd. World Bank, 1986.
- 16) WOOSLEY, B. D. ; ROYALTY, C. A. Design criteria for high pressure piping. IN : Safety in polyethylene plants. Chemical Engineering Progress, 1973. p. 10 - 4.

11. ANEXOS

11.1 ANEXO I - Fichas Técnicas das Principais Substâncias Envolvidas no Processo



FICHA DE INFORMAÇÃO SOBRE PRODUTO QUÍMICO



NOME DO PRODUTO QUÍMICO

ETILENO

1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

1.1 - SINÔNIMO (1)	1.5 - CÓDIGO ABNT-ONU (7)	1 9 6 2 (comprimido)
Eteno		1 0 3 8 (liquefeito)
Gás oleificante		
Hidrogênio bicarburetado	1.6 - NÚMERO DE RISCO (8)	23 (para 1962)
		223 (para 1038)
1.2 - FÓRMULAS QUÍMICAS (1)	Gás inflamável (23)	
· FÓRMULA MOLECULAR C_2H_4	Gás refrigerado inflamável (223) (ver obs.)	
· FÓRMULA ESTRUTURAL		
$H_2C = CH_2$		
1.3 - FAMÍLIA QUÍMICA (1)	1.7 - CÓDIGO ADR (10)	1962
Hidrocarboneto		1038
1.4 - APARÊNCIA GERAL (1)	1.8 - FABRICANTES (3)	
Gás comprimido liquefeito	Copene; Copesul; Eletrocloro; Estireno; Petro-	
Sem coloração	brás; Petroquímica União; Salgema.	
Odor suave		
Flutua e ferve na água		
Produz nuvem de vapor visível e inflamável		

2 - MEDIDAS DE SEGURANÇA (1)

2.1 - MEDIDAS PREVENTIVAS IMEDIATAS:

Evitar contato com o líquido. Manter as pessoas afastadas. Chamar os bombeiros. Parar o vazamento se possível. Desligar as fontes de ignição. Ficar contra o vento e usar neblina d'água para baixar o vapor.

2.2 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - (EPI):

Usar máscara semi-facial com filtro contra vapores orgânicos.

3 - RISCOS AO FOGO (1)

3.1 - AÇÕES A SEREM TOMADAS QUANDO O PRODUTO ENTRA EM COMBUSTÃO:

Parar o fluxo de gás, se possível. Esfriar os recipientes expostos e proteger o homem contra os efeitos, com água. Deixe o fogo queimar.

3.2 - COMPORTAMENTO DO PRODUTO NO FOGO:

Os recipientes podem explodir. O retrocesso da chama pode ocorrer durante o arraste de vapor. O vapor pode explodir se a ignição for em área fechada.

3.3 - PRODUTOS PERIGOSOS DA REAÇÃO DE COMBUSTÃO:

Os vapores são anestésicos.

LEGENDA: O NÚMERO ENTRE PARÊNTESES INDICA A FONTE BIBLIOGRÁFICA

3.4 - AGENTES DE EXTINÇÃO QUE NÃO PODEM SER USADOS:

Não pertinente

3.5 - LIMITE DE INFLAMABILIDADE NO AR: - INFERIOR: 2,75%

- SUPERIOR: 28,6%

3.6 - PONTO DE FULGOR (FLASH POINT): -136,1°C (aproxim.) (vaso fechado)

3.7 - TEMPERATURA DE IGNIÇÃO: 450,4°C

3.8 - TAXA DE QUEIMA: 7,4 mm/ min.

3.9 - TAXA DE EVAPORAÇÃO (ÉTER= 1) (6): Dado não disponível

3.10 - "NFPA" (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION U.S.A):

CATEGORIA CLASSIFICAÇÃO

PERIGO DE SAÚDE (AZUL) (1)

INFLAMABILIDADE (VERMELHO) (4)

REATIVIDADE (AMARELO) (2)

OBSERVAÇÃO:

4 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS (1)

4.1 - PESO MOLECULAR: 28,05

4.2 - PONTO DE EBULIÇÃO: -103,7°C

4.3 - PONTO DE FUSÃO (2): -169°C

4.4 - TEMPERATURA CRÍTICA: 9,9°C

4.5 - PRESSÃO CRÍTICA: 50,5 atm

4.6 - DENSIDADE: 0,569 a -103,8°C

4.7 - DENSIDADE DO VAPOR: 1,0

4.8 - PRESSÃO DE VAPOR (2): 760 mm Hg a -103,7°C

4.9 - CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO: 115,4 cal/g

4.10 - CALOR DE COMBUSTÃO: -11.272 cal/g

4.11 - SOLUBILIDADE NA ÁGUA: Não pertinente

4.12 - VISCOSIDADE (2): Dado não disponível

4.13 - REATIVIDADE QUÍMICA COM:

- ÁGUA: Não reage

- MATERIAIS COMUNS: Não reage

- POLIMERIZAÇÃO: Não ocorre

- OUTROS: Dado não disponível

4.14 - DEGRADABILIDADE (15):

Produto volátil (dados de biodegradabilidade não disponíveis).

4.15 - POTENCIAL DE CONCENTRAÇÃO NA CADEIA ALIMENTAR:

Nenhum

4.16 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (D.B.O.): Nenhuma

4.17 - NEUTRALIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL :

Ajustar um encanamento em um incinerador ou em um fosso e queimar com cuidado. (4)

Recomenda-se o acompanhamento por um especialista do órgão ambiental.

6 - DADOS GERAIS

6.1 - TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO (1):	Ambiente
6.2 - VENTILAÇÃO PARA TRANSPORTE (1):	Válvula de alívio
6.3 - ESTABILIDADE DURANTE O TRANSPORTE (1):	Estável
6.4 - EMBALAGEM (9):	Dado não disponível
6.5 - USOS:	Fabricação de álcool etílico, etilenoglicóis, dicloreto de etileno, produtos de alumínio alquilados, cloreto de vinila, cloreto de etila, óxido de etileno, etilenoclorohidrinás, acetaldeído, alcoóis lineares, poliestireno, estireno, polietileno, cloreto de polivinila, (ver obs.)
6.6 - GRAU DE PUREZA (1):	99 - 100%
6.7 - CÓDIGO "NAS" (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES) (1):	
CATEGORIA	CLASSIFICAÇÃO
- FOGO	(4)
- SAÚDE	
VAPOR IRRITANTE	(0)
LÍQUIDO OU SÓLIDO IRRITANTE	(0)
VENENOS	(1)
- POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	
TOXICIDADE HUMANA	(0)
TOXICIDADE AQUÁTICA	(1)
EFEITO ESTÉTICO	(0)
- REATIVIDADE	
OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS	(1)
ÁGUA	(0)
AUTO REAÇÃO	(2)
6.8 - RADIOATIVIDADE (17):	
Não tem	
6.9 - MÉTODO DE COLETA (14):	
Dado não disponível	

7 - OBSERVAÇÕES

6.5. continuação: ... resinas de poliéster; refrigerante; química agrícola; soldagem e corte de metais; anestésico. (9)

5.2. Respiração: mamíferos (espécie não determinada) = LC₅₀ (5 min) = 950.000 ppm (23)

5.3. Taxa de toxicidade aos organismos aquáticos: TL_m (96 hs) = 100 - 1.000 ppm (23)

1.6. O símbolo de risco para Etileno liquefeito (Nº ONU 1038) é:



5 - INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

5.1 - TOXICIDADE - LIMITES E PADRÕES

- L.P.O. (1): Dado não disponível
- P.P.: Dado não disponível
- LT: BRASIL: - VALOR MÉDIO 48 hs. (13): Asfixiante simples E.U.A.: - TWA (1): Asfixiante simples
- VALOR TETO: Não pertinente - STEL: Não pertinente

5.2 - TOXICIDADE AO HOMEM E ANIMAIS SUPERIORES (VERTEBRADOS)

- M.D.T.: Dado não disponível
- M.C.T.: Dado não disponível

VIA	ESPECIE	RATO	CAMUNDONGO	OUTROS (ver obs.)
RESPIRAÇÃO			95 pph (23)	
CL ₅₀				
ORAL				
DL ₅₀				
CUTÂNEA				
DL ₅₀				

5.3 - TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS

AVAL.	ESPECIE	CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m	(ver obs.)
	PEIXES	Lepomis humilis (água continental): morte a 22 mg/l	(1 hora) (1)
	CRUSTÁCEOS		
	ALGAS		

5.4 - TOXICIDADE EM OUTROS ORGANISMOS

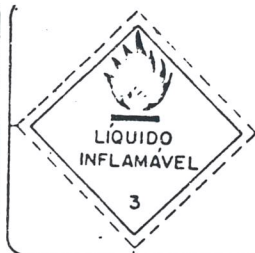
AVAL.	ESPECIE	EC ₅₀ , MEC ₅₀ , DI ₅₀ , R.M., CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m
	BACTÉRIAS	
	R.M. MUTAGÊNICOS	
	OUTROS	Para 25 espécies de vegetais testados nas concentrações de 0,001 a 40 ppm (1 - 720 hs), observou-se redução e retardamento do crescimento e queda das folhas e flores.

5.5 - INFORMAÇÕES SOBRE INTOXICAÇÃO HUMANA (1)

TIPO DE CONTATO (FORMA DE EXPOSIÇÃO)	SÍNDROME TÓXICA	TRATAMENTO
VAPOR	Não é irritante para os olhos, nariz e garganta.	Mover para o ar fresco.
	Se inalado causará dor de cabeça, tosse ou perda da consciência.	Se a respiração for dificultada ou parar, dar oxigênio ou fazer respiração artificial.
LÍQUIDO	Causará enregelamento.	Lavar as áreas afetadas com muita água.
		Não esfregar as áreas afetadas.



FICHA DE INFORMAÇÃO SOBRE PRODUTO QUÍMICO



NOME DO PRODUTO QUÍMICO

ÁLCOOL ISOPROPÍLICO

1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

1.1 - SINÔNIMO (1)	1.5 - CÓDIGO ABNT-ONU (7)
Dimetilcarbinol	1 2 1 9
Isopropanol	
2-Propanol	1.6 - NÚMERO DE RISCO (8)
Álcool sec-propílico	33
1.2 - FÓRMULAS QUÍMICAS (1)	
- FÓRMULA MOLECULAR C_3H_8O	Líquido altamente inflamável
- FÓRMULA ESTRUTURAL	
$\begin{array}{c} H \\ \\ H_3C - C - CH_3 \\ \\ OH \end{array}$	
1.3 - FAMÍLIA QUÍMICA (1)	1.7 - CÓDIGO ADR (10)
Álcool	1219
1.4 - APARÊNCIA GERAL (1)	1.8 - FABRICANTES (3)
Líquido aquoso	Rhodiz
Sem coloração	
Odor de álcool desagradável	
Flutua e mistura com água	
Produce vapor irritante	

2 - MEDIDAS DE SEGURANÇA (1)

2.1 - MEDIDAS PREVENTIVAS IMEDIATAS:

Evitar contato com o líquido e o vapor. Manter as pessoas afastadas. Chamar os bombeiros. Parar o vazamento se possível. Isolar e remover o material derramado. Desligar as fontes de ignição. Ficar contra o vento e usar neblina d'água para baixar o vapor.

2.2 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - (EPI):

Usar máscara facial panorama com filtro contra vapores orgânicos.

3 - RISCOS AO FOGO (1)

3.1 - AÇÕES A SEREM TOMADAS QUANDO O PRODUTO ENTRA EM COMBUSTÃO:

Extinguir com pó químico seco, espuma ou dióxido de carbono. Esfriar os recipientes expostos com água. O retrocesso da chama pode ocorrer durante o arraste de vapor.

3.2 - COMPORTAMENTO DO PRODUTO NO FOGO:

Vapor pode explodir se a ignição for em área fechada.

3.3 - PRODUTOS PERIGOSOS DA REAÇÃO DE COMBUSTÃO:

Não pertinente

LEGENDA: O NÚMERO ENTRE PARÊNTESES INDICA A FONTE BIBLIOGRÁFICA

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

3.4 - AGENTES DE EXTINÇÃO QUE NÃO PODEM SER USADOS:

Água pode ser ineficaz

3.5 - LIMITE DE INFLAMABILIDADE NO AR: - INFERIOR: 2,3%

- SUPERIOR: 12,7%

3.6 - PONTO DE FULGOR (FLASH POINT): 18,3°C (vaso aberto); 11,7°C (vaso fechado)

3.7 - TEMPERATURA DE IGNIÇÃO: 400°C

3.8 - TAXA DE QUEIMA: 2,3 mm/ min.

3.9 - TAXA DE EVAPORAÇÃO (ÉTER=1) (6): 7,7

3.10 - "NFPA" (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION U.S.A):

CATEGORIA	CLASSIFICAÇÃO
PERIGO DE SAÚDE (AZUL)	(1)
INFLAMABILIDADE (VERMELHO)	(3)
REATIVIDADE (AMARELO)	(0)

OBSERVAÇÃO:

4 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS (1)

4.1 - PESO MOLECULAR: 60,10

4.2 - PONTO DE EBULIÇÃO: 82,5°C

4.3 - PONTO DE FUSÃO (2): - 86°C a - 89°C

4.4 - TEMPERATURA CRÍTICA: 235,2°C

4.5 - PRESSÃO CRÍTICA: 47 atm

4.6 - DENSIDADE: 0,785 a 20°C (líquido)

4.7 - DENSIDADE DO VAPOR: 2,1

4.8 - PRESSÃO DE VAPOR (2): 40 mm Hg a 23,8°C

4.9 - CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO: 159 cal/g

4.10 - CALOR DE COMBUSTÃO: -7.201 cal/g

4.11 - SOLUBILIDADE NA ÁGUA: Miscível

4.12 - VISCOSIDADE (2): 2,05 cP

4.13 - REATIVIDADE QUÍMICA COM:

- ÁGUA: Não reage

- MATERIAIS COMUNS: Não reage

- POLIMERIZAÇÃO: Não ocorre

- OUTROS: Incompatível com nitratos, oxidantes fortes, álcalis fortes e ácidos fortes. (35)

4.14 - DEGRADABILIDADE (15):

Biodegradável por culturas aclimatadas (99% de remoção da DQO em sistema de lodos ativados aclimatados ao álcool isopropílico como única fonte de carbono).

4.15 - POTENCIAL DE CONCENTRAÇÃO NA CADEIA ALIMENTAR:

Nenhum

4.16 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (D.B.O.): 133% (5 dias)

4.17 - NEUTRALIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL (16):

Queimar em um incinerador químico equipado com pós-queimador e lavador de gases. Tomar os devidos cuidados na ignição pois o produto é altamente inflamável. A incineração será mais fácil misturando-se o produto com um solvente mais inflamável. (4) e (16)

Recomenda-se o acompanhamento de um especialista do órgão ambiental.

5 - INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

5.1 - TOXICIDADE - LIMITES E PADRÕES

- L.P.O. (1):	90 mg/m ³	
- P.P.: Dado não disponível		
- LT: BRASIL: VALOR MÉDIO 48 hs. (13):	765 ppm	E.U.A.: - TWA (1): 400 ppm
- VALOR TETO:	956,25 ppm	- STEL: 400 ppm/10 min.

5.2 - TOXICIDADE AO HOMEM E ANIMAIS SUPERIORES (VERTEBRADOS)

- M.D.T.: Ser humano: TDLo=15.710mg/kg; Homem(oral): TDLo=8.600 mg/kg / Carcinogênico	(35)
- M.C.T.: Ser humano: TCLo= 400 ppm (ver obs.)	(23)

VIA	ESPECIE	RATO	CAMUNDONGO	OUTROS
RESPIRAÇÃO		(8 hs) 16.000 ppm (23)		
CL ₅₀				
ORAL		5.840 mg/kg (23)	LDLo: 192 mg/kg (23)	Cão: 6.150 mg/kg (23)
DL ₅₀				
CUTÂNEA			933 mg/kg (intraperitoneal)	Coelho: 13 g/kg (23)
DL ₅₀			▲ (23)	

5.3 - TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS

AVAL.	CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m (obs.)
ESPECIE	
PEIXES	<u>Carassius auratus</u> : DL ₅₀ (24 hs): > 5.000 mg/l - água continental <u>Pimephales promelas</u> : Bioensaio estático nas águas do Lago Superior - E.U.A. (18 - 22°C), CL ₅₀ (1; 24; 48; 96 hs) = 11.830; 11.160; 11.130; 11.130 mg/l <u>Poecilia reticulata</u> : CL ₅₀ (7 d) = 7.060 ppm <u>Semolitus atromaculatus</u> (águas do Rio Detroit): DLo (24 hs) = 900 mg/l e DL ₁₀₀ (24 hs) = 1.100 mg/l (5)
CRUSTÁCEOS	<u>Crangon crangon</u> : CL ₅₀ (48 hs): média de 1.400 mg/l CL ₅₀ (96 hs): média de 1.150 mg/l (5)
ALGAS	L.tox. I.I.M.C. <u>Microcystis aeruginosa</u> = 1.000 mg/l <u>Scenedesmus quadricauda</u> (alga verde) = 1.800 mg/l <u>Chlorella pyrenoidosa</u> : tóxico a 17.400 mg/l (5)

5.4 - TOXICIDADE EM OUTROS ORGANISMOS

AVAL.	EC ₅₀ , MEC ₅₀ , DI ₅₀ , R.M., CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m
ESPECIE	
BACTÉRIAS	
R.M. MUTAGÊNICOS	<u>Saccharomyces cerevisiae</u> : "cyt" = 200 m mol/tubo (23)
OUTROS	

5.5 - INFORMAÇÕES SOBRE INTOXICAÇÃO HUMANA (1)

TIPO DE CONTATO (FORMA DE EXPOSIÇÃO)	SÍNDROME TÓXICA	TRATAMENTO
VAPOR	Irritante para os olhos, nariz e garganta.	Mover para o ar fresco. Se a respiração for dificultada ou parar, dar oxigênio ou fazer respiração artificial.
LÍQUIDO	Irritante para os olhos. Prejudicial se ingerido	Mantiver as pálpebras abertas e enxaguar com muita água. Beber água ou leite.

6 - DADOS GERAIS

6.1 - TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO (1): Ambiente

6.2 - VENTILAÇÃO PARA TRANSPORTE (1): Aberta ou pressão a vácuo

6.3 - ESTABILIDADE DURANTE O TRANSPORTE (1):
Estável

6.4 - EMBALAGEM (9): Dado não disponível

6.5 - USOS (4):
Intermediário para acetona; solvente; preservativo; perfume; lacas e vernizes; anticongelante.

6.6 - GRAU DE PUREZA (1): 91% , 95% anidro.

6.7 - CÓDIGO "NAS" (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES) (1):

CATEGORIA	CLASSIFICAÇÃO
- FOGO	(3)
- SAÚDE	
VAPOR IRRITANTE	(1)
LÍQUIDO OU SÓLIDO IRRITANTE	(0)
VENENOS	(2)
- POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	
TOXICIDADE HUMANA	(2)
TOXICIDADE AQUÁTICA	(2)
EFEITO ESTÉTICO	(1)
- REATIVIDADE	
OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS	(2)
ÁGUA	(0)
AUTO REAÇÃO	(0)

6.8 - RADIOATIVIDADE (17):

Não tem

6.9 - MÉTODO DE COLETA (14):

Coletar em frasco âmbar de 1 litro. Vedar a tampa do frasco com batoque de teflon. Refrigerar a 4°C.

Prazo de análise 24 horas.

7 - OBSERVAÇÕES

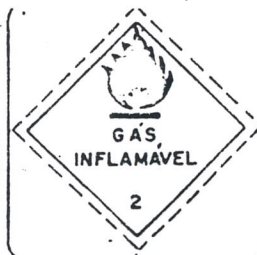
5.2. Irritação ao olho humano: 20 ppm (23)

Irritação aos olhos do coelho: 16 mg

5.3. Taxa de toxicidade aos organismos aquáticos: TLM (96 hs) = 100 - 1.000 ppm (23)



FICHA DE INFORMAÇÃO SOBRE PRODUTO QUÍMICO



NOME DO PRODUTO QUÍMICO

PROPYLENO

1 - IDENTIFICAÇÃO DO PRODUTO

1.1 - SINÔNIMO (1)	1.5 - CÓDIGO ABNT-ONU (7)
Metiletileno	1 0 7 7
Propeno	
	1.6 - NÚMERO DE RISCO (8)
	23
1.2 - FÓRMULAS QUÍMICAS (1)	
- FÓRMULA MOLECULAR C_3H_6	Gás inflamável
- FÓRMULA ESTRUTURAL	
H	
$H_3C - C = CH_2$	
1.3 - FAMÍLIA QUÍMICA (1)	1.7 - CÓDIGO ADR (10)
Hidrocarboneto	1077
1.4 - APARÊNCIA GERAL (1)	1.8 - FABRICANTES (3)
Gás comprimido liquefeito	Copene; Copesul; Petrobrás; Petroquímica União.
Sem coloração	
Odor suave	
Flutua e ferve em água	
Produz nuvem de vapor visível e inflamável	

2 - MEDIDAS DE SEGURANÇA (1)

2.1 - MEDIDAS PREVENTIVAS IMEDIATAS:
Evitar contato com o líquido. Manter as pessoas afastadas. Chamar os bombeiros. Parar o vazamento se possível. Desligar as fontes de ignição. Ficar contra o vento e usar neblina d'água para baixar o vapor. Evacuar a área em caso de grande vazamento.
2.2 - EQUIPAMENTOS DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL - (EPI):
Usar roupa completa de PVC, luvas de PVC cano médio, máscara facial panorâmica com filtro contra vapores orgânicos.

3 - RISCOS AO FOGO (1)

3.1 - AÇÕES A SEREM TOMADAS QUANDO O PRODUTO ENTRA EM COMBUSTÃO:
Parar o vazamento de gás se possível. Esfriar os recipientes expostos e proteger o homem contra os efeitos, com água.
3.2 - COMPORTAMENTO DO PRODUTO NO FOGO: Recipientes podem explodir. O vapor é mais pesado que o ar. Este vapor pode se deslocar a uma considerável distância e, caso haja contato com uma fonte de ignição qualquer, poderá ocorrer o retrocesso da chama.
3.3 - PRODUTOS PERIGOSOS DA REAÇÃO DE COMBUSTÃO:
Não perigoso

LEGENDA: O NÚMERO ENTRE PARÊNTESES INDICA A FONTE BIBLIOGRÁFICA

3.4 - AGENTES DE EXTINÇÃO QUE NÃO PODEM SER USADOS:

Não pertinente

3.5 - LIMITE DE INFLAMABILIDADE NO AR: - INFERIOR: 2,0%

- SUPERIOR: 11%

3.6 - PONTO DE FULGOR (FLASH POINT): -107,8°C (vaso fechado)

3.7 - TEMPERATURA DE IGNIÇÃO: 497,6°C

3.8 - TAXA DE QUEIMA: 8 mm/min (líquido)

3.9 - TAXA DE EVAPORAÇÃO (ÉTER=1) (6): Dado não disponível

3.10 - "NFPA" (NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION U.S.A):

CATEGORIA	CLASSIFICAÇÃO
PERIGO DE SAÚDE (AZUL)	(1)
INFLAMABILIDADE (VERMELHO)	(4)
REATIVIDADE (AMARELO)	(1)
OBSERVAÇÃO:	

4 - PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS E AMBIENTAIS (1)

4.1 - PESO MOLECULAR: 42,08

4.2 - PONTO DE EBULIÇÃO: -47,7°C

4.3 - PONTO DE FUSÃO (2): -185°C

4.4 - TEMPERATURA CRÍTICA: 91,8°C

4.5 - PRESSÃO CRÍTICA: 45,6 atm

4.6 - DENSIDADE: 0,609 a -47°C (líquido)

4.7 - DENSIDADE DO VAPOR: 1,4

4.8 - PRESSÃO DE VAPOR (2): 760 mm Hg a -47,7°C

4.9 - CALOR LATENTE DE VAPORIZAÇÃO: 104 cal/g

4.10 - CALOR DE COMBUSTÃO: -10.940 cal/g

4.11 - SOLUBILIDADE NA ÁGUA: Insolúvel

4.12 - VISCOSIDADE (2): Dado não disponível

4.13 - REATIVIDADE QUÍMICA COM:

- ÁGUA: Não reage

- MATERIAIS COMUNS: Não reage

- POLIMERIZAÇÃO: Não ocorre

- OUTROS: Dado não disponível

4.14 - DEGRADABILIDADE (15):

Produto volátil

4.15 - POTENCIAL DE CONCENTRAÇÃO NA CADEIA ALIMENTAR:

Nenhum

4.16 - DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (D.B.O.): Nenhuma

4.17 - NEUTRALIZAÇÃO E DISPOSIÇÃO FINAL (36):

Ajustar o encanamento em um fosso e queimar com cuidado.

(4)

Recomenda-se o acompanhamento por um especialista do órgão ambiental.

5 – INFORMAÇÕES ECOTOXICOLÓGICAS

5.1 - TOXICIDADE - LIMITES E PADRÕES

- L.P.O. (1): Dado não disponível
- P.P.: Dado não disponível
- LT: BRASIL: - VALOR MÉDIO 48 hs. (13): Asfixiante simples E.U.A.: - TWA (1): 4.000 ppm
- VALOR TETO: Dado não disponível - STEL: Dado não disponível

5.2 - TOXICIDADE AO HOMEM E ANIMAIS SUPERIORES (VERTEBRADOS)

- M.D.T.: Dado não disponível (ver obs.)
- M.C.T.: Dado não disponível

VIA	ESPECIE	RATO	CAMUNDONGO	OUTROS
RESPIRAÇÃO				
CL ₅₀				
ORAL				
DL ₅₀				
CUTÂNEA				
DL ₅₀				

5.3 - TOXICIDADE AOS ORGANISMOS AQUÁTICOS

(ver obs)

AVAL.	ESPECIE	CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m
PEIXES		
CRUSTÁCEOS		
ALGAS		

5.4 - TOXICIDADE EM OUTROS ORGANISMOS

AVAL.	ESPECIE	EC ₅₀ , MEC ₅₀ , DI ₅₀ , R.M., CL ₅₀ , CE ₅₀ , TL _m
BACTÉRIAS		
R.M. MUTAGÊNICOS		
OUTROS		

5.5 - INFORMAÇÕES SOBRE INTOXICAÇÃO HUMANA (1)

TIPO DE CONTATO (FORMA DE EXPOSIÇÃO)	SÍNDROME TÓXICA	TRATAMENTO
VAPOR	Se inalado causará tontura ou perda da consciência.	Mover para o ar fresco.
		Se a respiração for dificultada ou parar, dar oxigênio ou fazer respiração artificial.
LÍQUIDO	Causará enregelamento.	Enxaquar as áreas afetadas com muita água.
		Não esfregar as áreas afetadas.

6 - DADOS GERAIS

6.1 - TEMPERATURA DE ARMAZENAMENTO (1):	Ambiente
6.2 - VENTILAÇÃO PARA TRANSPORTE (1):	Valvula de alívio
6.3 - ESTABILIDADE DURANTE O TRANSPORTE (1):	
	Estável
6.4 - EMBALAGEM (9):	Dado não disponível
6.5 - USOS (4):	
	Alcool isopropílico, polipropileno, glicerol sintético, óxido de propileno, heptano, cumeno, ácido acrílico e resinas vinílicas. (9)
6.6 - GRAU DE PUREZA (1):	Químico: 92 %; polimerização: 99 %; pesquisa: 99 %; propileno concentrado: 80 %
6.7 - CÓDIGO "NAS" (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES) (1):	
CATEGORIA	CLASSIFICAÇÃO
- FOGO	(4)
- SAÚDE	
VAPOR IRRITANTE	(0)
LÍQUIDO OU SÓLIDO IRRITANTE	(0)
VENENOS	(1)
- POLUIÇÃO DAS ÁGUAS	
TOXICIDADE HUMANA	(0)
TOXICIDADE AQUÁTICA	(1)
EFEITO ESTÉTICO	(0)
- REATIVIDADE	
OUTROS PRODUTOS QUÍMICOS	(1)
ÁGUA	(0)
AUTO REAÇÃO	(1)
6.8 - RADIOATIVIDADE (17):	
	Não tem
6.9 - MÉTODO DE COLETA (14):	
	Dado não disponível

7 - OBSERVAÇÕES

- 5.2. - Irritação aos olhos do homem: 3,9 mg/kg (5)
- 5.3. - Taxa de toxicidade aos organismos aquáticos: TLm (96 hs) = acima de 1.000 ppm (23)

11.2 ANEXO II - Frequência do Vento por Direção e Velocidade

Frequência do Vento por Direção e Velocidade

Estação: Cubatão/Vila Parisi

Direção	V E L O C I D A D E (m/s)						Frequência %
	0-1,5	1,6-2,5	2,6-5,5	5,6-10,5	10,6-15,5	> 15,6	
N	4,77	1,19	1,38	0,56	0,04	0	7,94
NNE	4,30	1,45	1,97	0,20	0,02	0	7,94
NE	1,02	0,48	0,91	0,05	0	0	2,46
ENE	0,38	0,37	0,74	0,02	0	0	1,51
E	0,23	0,18	0,50	0	0	0	0,91
ESE	0,59	0,59	0,82	0,09	0	0	2,09
SE	0,81	1,25	2,34	0,20	0,02	0	4,62
SSE	1,89	2,37	2,87	0,34	0,07	0	7,54
S	4,15	5,55	4,90	0,23	0,03	0	14,85
SSW	5,57	5,86	4,30	0,09	0	0	15,82
SW	5,17	4,82	2,50	0,02	0	0	12,51
WSW	3,14	1,48	0,30	0,02	0	0	4,94
W	1,20	0,56	0,26	0,13	0	0	2,16
WNW	2,28	1,11	0,52	0,17	0,02	0	4,10
NW	1,92	1,24	0,85	0,59	0	0	4,59
NNW	2,43	1,52	1,26	0,66	0,11	0	5,97
Frequência %	39,85	30,02	26,40	3,37	0,31	0	99,95

Fonte : CETESB

Período : 1987 - 1989

11.3 ANEXO III - Simulações das Consequências

Hipótese 3a/3b - Vazamento de Gás Etileno por Ruptura da Linha
Devido a Restrição de fluxo no filtro ou Devido
a Falha da Válvula Controladora J-117

RACHADURA

W H A Z A N

Jet Dispersion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 37

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 303.0
Storage Pressure (Bar)	= 68.00
Discharge Area (m2)	= 7.30E-04
Discharge Coefficient	= .600
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Concentration (%)	= 2.700

Results

Length of Jet (m)	= 22.98
Width of Jet (m)	= 2.411
Temperature After Expansion (K)	= 194.3
Temperature After Mixing (K)	= 293.2

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Jet Fire

Date 29-MAY-1991 Time 14: 39

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 303.0
Storage Pressure (Bar)	= 68.00
Discharge Area (m2)	= 7.30E-04
Discharge Coefficient	= .600
Specified Radiation level (kW/m2)	= 12.50

Results

Effect Dist (m) Along Jet	= 43.22
Effect Dist (m) Perpendicular to Jet	= 18.00
Max Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 56.34
Max Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 43.22
Max Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 37.15

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 43

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 80.00
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 3.78E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 21.68
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 43.37
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 108.4
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 289.1

Continue or Store Data (C or S) :

C O L A P S O

W H A Z A N

Jet Dispersion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 43

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 303.0
Storage Pressure (Bar)	= 68.00
Discharge Area (m2)	= 1.82E-02
Discharge Coefficient	= .600
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Concentration (%)	= 2.700

Results

Length of Jet (m)	= 114.7
Width of Jet (m)	= 12.04
Temperature After Expansion (K)	= 194.3
Temperature After Mixing (K)	= 293.2

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Jet Fire

Date 29-MAY-1991 Time 14: 44

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 303.0
Storage Pressure (Bar)	= 68.00
Discharge Area (m2)	= 1.82E-02
Discharge Coefficient	= .600
Specified Radiation level (kW/m2)	= 12.50

Results

Effect Dist (m) Along Jet	= 215.7
Effect Dist (m) Perpendicular to Jet	= 90.00
Max Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 281.2
Max Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 215.7
Max Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 185.4

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 45

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 9.99E+03
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 4.71E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 108.4
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 216.7
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 541.9
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 1.44E+03

Continue or Store Data (C or S) :

Hipótese 4a - Vazamento de Etileno Líquido por Ruptura de Juntas,
Flanges ou Tubulações Devido a Sobrepressão no
Tanque E-101

CETESB - CIA. DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

RACHADURA

W H A Z A N

Liquid Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 14: 47

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 243.0
Storage Pressure (Bar)	= 20.52
Release Area (m2)	= 8.10E-05
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 12.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 2.344
Flashed Fraction at 1 Bar	= .359

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Prolonged Liquid Spill

Date 29-MAY-1991 Time 14: 50

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Rate of Spill (kg/s)	= 1.500
Duration of Spill (s)	= 300.0
Bund Area (m2)	= 204.0
Windspeed (m/s)	= 2.200

Results

Maximum Pool Area (m2)	= 15.33
Time to Max Pool Area (or Bund) (s)	= 9.337
Pool Area at End of Period (m2)	= 15.33
Mass Vaporised by End of Period (kg)	= 450.0
Max Evaporation Rate (kg/s)	= 3.625
Evap. Rate at End of Period (kg/s)	= 1.500

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Pool Fire

Date 29-MAY-1991 Time 14: 52

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Release Rate (kg/s)	= 1.500
Release Duration (s)	= 300.0
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Efficiency Factor XE	= .350

Results

Steady-State Pool Radius (m)	= 2.210
Flame Height (m)	= 12.91
Total Burning Time (s)	= 300.0
Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 18.42
Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 10.42
Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 6.015

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 14: 53: 38

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 2.35 kg/s
 Initial flash : .238
 Duration : 300.0 seconds
 Temp. before release : 243.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc. : 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 274.2 K
 Initial cloud conc. : 11.021 vol %
 Initial density : 1.292 kg/m3
 Initial semi-width : 2.0 m
 Cross sectional area : 8. m2
 Initial height : 2.0 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : B
 Printout requested at : 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	2.0	2.0	11.0208	274.20
Forced convection from .0 M					
2.3	5.0	4.4	1.6	6.3886	284.60
4.5	10.0	6.3	1.6	4.4803	288.05
Entrainment velocity reached limit of .16 M/s at 14. M					
6.8	15.0	8.0	1.8	3.2545	290.23
9.1	20.0	9.4	2.0	2.4543	291.63
11.4	25.0	10.8	2.2	1.9224	292.55
Dew point of water reached at 30. M					
13.6	30.0	12.1	2.4	1.5504	293.28
1.3500 vol % concentration reached 33.6 M at time 15. s					

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 14: 54: 45

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 2.35 kg/s
 Initial flash : .238
 Duration : 300.0 seconds
 Temp. before release : 243.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc.: 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 274.2 K
 Initial cloud conc. : 11.021 vol %
 Initial density : 1.292 kg/m3
 Initial semi-width : 2.0 m
 Cross sectional area : 8. m2
 Initial height : 2.0 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : E
 Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	2.0	2.0	11.0208	274.20
Forced convection from .0 M					
2.3	5.0	4.4	1.5	6.5562	284.33
4.5	10.0	6.3	1.5	4.7922	287.57
6.8	15.0	8.0	1.6	3.6498	289.65
Entrainment velocity reached limit of .11 M/s at 15. M					
9.1	20.0	9.4	1.7	2.8556	291.07
11.4	25.0	10.8	1.8	2.2984	292.05
13.6	30.0	12.0	2.0	1.8952	292.75
Dew point of water reached at 35. M					
15.9	35.0	13.2	2.2	1.5938	293.41
18.2	40.0	14.4	2.3	1.3621	293.96
1.3500 vol % concentration reached 40.3 M at time 18. s					

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 55

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 35.30
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 1.67E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 16.51
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 33.02
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 82.54
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 220.1

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 14: 56

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 42.30
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 2.00E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 17.53
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 35.07
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 87.67
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 233.8

Continue or Store Data (C or S) :

C O L A P S O

W H A Z A N

Liquid Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 14: 57

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 243.0
Storage Pressure (Bar)	= 20.52
Release Area (m2)	= 2.00E-03
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 12.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 57.88
Flashed Fraction at 1 Bar	= .359

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Instant Liquid Spill

Date 29-MAY-1991 Time 14: 59

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Spill Size (kg)	= 6.00E+04
Bund Area (m2)	= 204.0
Windspeed (m/s)	= 2.200

Results

Maximum Pool Area (m2)	= 204.0
Time to Max Pool Area (or Bund) (s)	= 1.265
Pool Area at End of Period (m2)	= 204.0
Mass Vaporised by End of Period (kg)	= 1.25E+04
Max Evaporation Rate (kg/s)	= 41.77
Evap. Rate at End of Period (kg/s)	= 41.77

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Pool Fire

Date 29-MAY-1991 Time 15: 0

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Released Mass (kg)	= 6.00E+04
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Efficiency Factor XE	= .350

Results

Maximum Pool Radius (m)	= 8.058
Flame Height (m)	= 31.72
Total Burning Time (s)	= 3.01E+03
Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 56.17
Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 31.77
Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 18.34

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)
Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 4: 10

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 63.00 kg/s
Initial flash : .238
Duration : 300.0 seconds
Temp. before release : 243.0 K
Molecular weight : 28.05
Boiling point : 170.8 K
Specified lower conc.: 1.350 vol %
Initial dilution : 60.0 Times
Fraction rained out : .500
Fraction left out : .000
Fraction liquid : .000
Initial cloud temp. : 274.2 K
Initial cloud conc. : 11.021 vol %
Initial density : 1.292 kg/m3
Initial semi-width : 10.2 m
Cross sectional area : 208. m2
Initial height : 10.2 m
Surface roughness : .170
Ambient temperature : 297.0 K
Roughness length : .95 m
Air density : 1.178 kg/m3
Relative humidity : 80. %
Wind speed : 2.2 m/s
Mixing ratio : .015
Pasquill category : B
Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	10.2	10.2	11.0208	274.20
Forced convection from .0 M					
9.1	20.0	30.5	6.8	5.7818	285.57
18.2	40.0	45.3	6.0	4.4071	288.16
27.3	60.0	58.0	5.8	3.6013	289.73
36.4	80.0	69.4	5.8	3.0178	290.86
45.5	100.0	79.8	6.0	2.5618	291.74
54.5	120.0	89.3	6.3	2.1700	292.45
63.6	140.0	98.2	6.8	1.8436	293.02
Dew point of water reached at 152. M					
72.7	160.0	106.5	7.3	1.5707	293.74
1.3500 vol % concentration reached					179.0 M at time
					81. s

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)
Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 4: 48

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 63.00 kg/s
Initial flash : .238
Duration : 300.0 seconds
Temp. before release : 243.0 K
Molecular weight : 28.05
Boiling point : 170.8 K
Specified lower conc. : 1.350 vol %
Initial dilution : 60.0 Times
Fraction rained out : .500
Fraction left out : .000
Fraction liquid : .000
Initial cloud temp. : 274.2 K
Initial cloud conc. : 11.021 vol %
Initial density : 1.292 kg/m3
Initial semi-width : 10.2 m
Cross sectional area : 208. m2
Initial height : 10.2 m
Surface roughness : .170
Ambient temperature : 297.0 K
Roughness length : .95 m
Air density : 1.178 kg/m3
Relative humidity : 80. %
Wind speed : 2.2 m/s
Mixing ratio : .015
Pasquill category : E
Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	10.2	10.2	11.0208	274.20
Forced convection from .0 M					
9.1	20.0	30.5	6.7	5.8144	285.52
18.2	40.0	45.2	5.9	4.4878	288.04
27.3	60.0	57.8	5.6	3.7270	289.54
36.4	80.0	69.1	5.5	3.1838	290.63
45.5	100.0	79.5	5.6	2.7582	291.48
54.5	120.0	89.0	5.7	2.4042	292.17
63.6	140.0	97.9	6.0	2.0996	292.73
Dew point of water reached at 160. M					
72.7	160.0	106.2	6.3	1.8281	293.38
81.8	180.0	113.9	6.8	1.5917	293.93
90.9	200.0	121.3	7.3	1.3863	294.41
1.3500 vol % concentration reached					204.0 M at time 93. s

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 5

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 5.10E+03
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 2.41E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 86.64
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 173.3
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 433.2
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 1.16E+03

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 5

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 5.86E+03
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 2.77E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 90.73
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 181.5
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 453.6
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 1.21E+03

Continue or Store Data (C or S) :

Hipótese 4b - Vazamento de Etileno Líquido por Ruptura de Juntas,
Flanges ou Tubulações Devido a Sobrepressão no
Tanque E-102

RACHADURA

W H A Z A N

Liquid Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 15: 7

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 256.0
Storage Pressure (Bar)	= 30.60
Release Area (m2)	= 8.11E-05
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 12.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 2.874
Flashed Fraction at 1 Bar	= .423

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Prolonged Liquid Spill

Date 29-MAY-1991 Time 15: 8

Data Used In Calculations

Chemical - Ethylene

Rate of Spill (kg/s)	= 1.700
Duration of Spill (s)	= 300.0
Bund Area (m2)	= 204.0
Windspeed (m/s)	= 2.200

Results

Maximum Pool Area (m2)	= 17.51
Time to Max Pool Area (or Bund) (s)	= 9.782
Pool Area at End of Period (m2)	= 17.51
Mass Vaporised by End of Period (kg)	= 510.0
Max Evaporation Rate (kg/s)	= 4.108
Evap. Rate at End of Period (kg/s)	= 1.700

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Pool Fire

Date 29-MAY-1991 Time 15: 9

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Release Rate (kg/s)	= 1.700
Release Duration (s)	= 300.0
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Efficiency Factor XE	= .350

Results

Steady-State Pool Radius (m)	= 2.353
Flame Height (m)	= 13.48
Total Burning Time (s)	= 300.0
Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 19.44
Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 10.99
Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 6.348

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)
Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 10: 21

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 2.90 kg/s
Initial flash : .281
Duration : 300.0 seconds
Temp. before release : 256.0 K
Molecular weight : 28.05
Boiling point : 170.8 K
Specified lower conc.: 1.350 vol %
Initial dilution : 60.0 Times
Fraction rained out : .500
Fraction left out : .000
Fraction liquid : .000
Initial cloud temp. : 278.5 K
Initial cloud conc. : 9.478 vol %
Initial density : 1.270 kg/m3
Initial semi-width : 2.4 m
Cross sectional area : 11. m2
Initial height : 2.4 m
Surface roughness : .170
Ambient temperature : 297.0 K
Roughness length : .95 m
Air density : 1.178 kg/m3
Relative humidity : 80. %
Wind speed : 2.2 m/s
Mixing ratio : .015
Pasquill category : B
Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	2.4	2.4	9.4777	278.46
Forced convection from .0 M					
2.3	5.0	4.9	1.9	5.8645	285.69
4.5	10.0	6.9	1.9	4.2963	288.46
6.8	15.0	8.6	2.0	3.2719	290.27
Entrainment velocity reached limit of .16 M/s at 17. M					
9.1	20.0	10.2	2.2	2.5243	291.56
11.4	25.0	11.7	2.4	2.0098	292.43
13.6	30.0	13.0	2.6	1.6423	293.05
Dew point of water reached at 33. M					
15.9	35.0	14.3	2.9	1.3714	293.73
1.3500 vol % concentration reached 35.5 M at time 16. s					

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 11: 0

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 2.90 kg/s
 Initial flash : .281
 Duration : 300.0 seconds
 Temp. before release : 256.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc.: 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 278.5 K
 Initial cloud conc. : 9.478 vol %
 Initial density : 1.270 kg/m3
 Initial semi-width : 2.4 m
 Cross sectional area : 11. m2
 Initial height : 2.4 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : E
 Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	2.4	2.4	9.4777	278.46
Forced convection from .0 M					
2.3	5.0	4.9	1.9	5.9853	285.50
4.5	10.0	6.9	1.8	4.5271	288.11
6.8	15.0	8.6	1.8	3.5748	289.82
Entrainment velocity reached limit of .11 M/s at 19. M					
9.1	20.0	10.2	1.9	2.8712	291.07
11.4	25.0	11.6	2.1	2.3504	291.97
13.6	30.0	13.0	2.2	1.9653	292.64
Dew point of water reached at 35. M					
15.9	35.0	14.3	2.4	1.6706	293.24
18.2	40.0	15.5	2.5	1.4407	293.77
1.3500 vol % concentration reached				42.3 M at time 19. s	

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 11

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylène

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 46.40
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 2.19E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 18.08
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 36.17
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 90.42
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 241.1

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 12

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 55.10
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 2.60E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 19.15
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 38.30
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 95.75
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 255.3

Continue or Store Data (C or S) :

COLAPSO

W H A Z A N

Liquid Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 15: 12

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 256.0
Storage Pressure (Bar)	= 30.60
Release Area (m2)	= 2.03E-03
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 12.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 71.94
Flashed Fraction at 1 Bar	= .423

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Instant Liquid Spill

Date 29-MAY-1991 Time 15: 13

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Spill Size (kg)	= 6.00E+04
Bund Area (m2)	= 204.0
Windspeed (m/s)	= 2.200

Results

Maximum Pool Area (m2)	= 204.0
Time to Max Pool Area (or Bund) (s)	= 1.265
Pool Area at End of Period (m2)	= 204.0
Mass Vaporised by End of Period (kg)	= 1.25E+04
Max Evaporation Rate (kg/s)	= 41.77
Evap. Rate at End of Period (kg/s)	= 41.77

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Pool Fire

Date 29-MAY-1991 Time 15: 15

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Released Mass (kg)	= 6.00E+04
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Efficiency Factor XE	= .350

Results

Maximum Pool Radius (m)	= 8.058
Flame Height (m)	= 31.72
Total Burning Time (s)	= 3.01E+03
Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 56.17
Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 31.77
Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 18.34

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 17: 25

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 72.00 kg/s
 Initial flash : .281
 Duration : 300.0 seconds
 Temp. before release : 256.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc.: 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 278.5 K
 Initial cloud conc. : 9.478 vol %
 Initial density : 1.270 kg/m3
 Initial semi-width : 11.9 m
 Cross sectional area : 281. m2
 Initial height : 11.9 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : B
 Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	11.9	11.9	9.4777	278.46
Forced convection from .0 M					
9.1	20.0	32.4	8.1	5.2277	286.71
18.2	40.0	47.7	7.2	4.0323	288.89
27.3	60.0	60.9	6.8	3.3377	290.20
36.4	80.0	72.7	6.7	2.8394	291.15
45.5	100.0	83.7	6.8	2.4498	291.89
54.5	120.0	93.8	7.0	2.1242	292.50
63.6	140.0	103.2	7.4	1.8461	292.99
Dew point of water reached at 150. M					
72.7	160.0	112.0	7.8	1.5996	293.64
81.8	180.0	120.3	8.4	1.3884	294.14
1.3500 vol % concentration reached				184.1 M at time	84. s

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 19: 39

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release	:	72.00	kg/s
Initial flash	:	.281	
Duration	:	300.0	seconds
Temp. before release	:	256.0	K
Molecular weight	:	28.05	
Boiling point	:	170.8	K
Specified lower conc.	:	1.350	vol %
Initial dilution	:	60.0	Times
Fraction rained out	:	.500	
Fraction left out	:	.000	
Fraction liquid	:	.000	
Initial cloud temp.	:	278.5	K
Initial cloud conc.	:	9.478	vol %
Initial density	:	1.270	kg/m3
Initial semi-width	:	11.9	m
Cross sectional area	:	281.	m2
Initial height	:	11.9	m
Surface roughness	:	.170	
Ambient temperature	:	297.0	K
Roughness length	:	.95	m
Air density	:	1.178	kg/m3
Relative humidity	:	80.	%
Wind speed	:	2.2	m/s
Mixing ratio	:	.015	
Pasquill category	:	E	
Printout requested at:	:	1.3500	vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	11.9	11.9	9.4777	278.46
Forced convection from .0 M					
9.1	20.0	32.4	8.1	5.2521	286.67
18.2	40.0	47.6	7.1	4.0922	288.80
27.3	60.0	60.7	6.7	3.4320	290.06
36.4	80.0	72.5	6.5	2.9659	290.98
45.5	100.0	83.3	6.4	2.6024	291.69
54.5	120.0	93.4	6.5	2.3008	292.28
63.6	140.0	102.8	6.7	2.0406	292.77
Dew point of water reached at 160. M					
72.7	160.0	111.6	6.9	1.8126	293.33
81.8	180.0	119.7	7.3	1.6045	293.84
90.9	200.0	127.5	7.8	1.4224	294.28
1.3500 vol % concentration reached				208.6 M at time	95. s

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 26

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 6.05E+03
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 2.85E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 91.69
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 183.4
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 458.4
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 1.22E+03

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 26

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 6.84E+03
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 3.23E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 95.53
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 191.1
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 477.6
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 1.27E+03

Continue or Store Data (C or S) :

Hipótese 5a - Vazamento de Etileno Líquido por Furo ou Ruptura na
Linha Entre as Bombas Primárias e os
Intensificadores

RACHADURA

W H A Z A N

Date 29-MAY-1991 Time 15: 31

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 242.0
Storage Pressure (Bar)	= 122.4
Release Area (m ²)	= 7.30E-04
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 13.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 51.97
Flashed Fraction at 1 Bar	= .354

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 35: 4

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 52.00 kg/s
 Initial flash : .234
 Duration : 600.0 seconds
 Temp. before release : 242.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc. : 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 273.8 K
 Initial cloud conc. : 11.160 vol %
 Initial density : 1.293 kg/m3
 Initial semi-width : 9.2 m
 Cross sectional area : 170. m2
 Initial height : 9.2 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : B
 Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	9.2	9.2	11.1603	273.82
Forced convection from .0 M					
9.1	20.0	28.4	6.1	5.7233	285.68
18.2	40.0	42.3	5.5	4.3118	288.36
27.3	60.0	54.3	5.3	3.4743	289.98
36.4	80.0	64.9	5.4	2.8636	291.16
45.5	100.0	74.7	5.7	2.3896	292.05
54.5	120.0	83.5	6.1	1.9852	292.76
Dew point of water reached at 130. M					
63.6	140.0	91.8	6.7	1.6548	293.51
72.7	160.0	99.6	7.4	1.3806	294.14
1.3500 vol % concentration reached				162.6 M at time	74. s

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)
Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 15: 35: 39

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release	:	52.00	kg/s
Initial flash	:	.234	
Duration	:	600.0	seconds
Temp. before release	:	242.0	K
Molecular weight	:	28.05	
Boiling point	:	170.8	K
Specified lower conc.	:	1.350	vol %
Initial dilution	:	60.0	Times
Fraction rained out	:	.500	
Fraction left out	:	.000	
Fraction liquid	:	.000	
Initial cloud temp.	:	273.8	K
Initial cloud conc.	:	11.160	vol %
Initial density	:	1.293	kg/m3
Initial semi-width	:	9.2	m
Cross sectional area	:	170.	m2
Initial height	:	9.2	m
Surface roughness	:	.170	
Ambient temperature	:	297.0	K
Roughness length	:	.95	m
Air density	:	1.178	kg/m3
Relative humidity	:	80.	%
Wind speed	:	2.2	m/s
Mixing ratio	:	.015	
Pasquill category	:	E	
Printout requested at:	:	1.3500	vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	9.2	9.2	11.1603	273.82
Forced convection from			.0 M		
9.1	20.0	28.4	6.0	5.7637	285.62
18.2	40.0	42.3	5.3	4.4093	288.21
27.3	60.0	54.1	5.1	3.6226	289.77
36.4	80.0	64.6	5.1	3.0552	290.90
45.5	100.0	74.3	5.2	2.6102	291.77
54.5	120.0	83.3	5.4	2.2412	292.46
Dew point of water reached at			140. M		
63.6	140.0	91.4	5.8	1.9168	293.09
72.7	160.0	99.1	6.2	1.6411	293.79
81.8	180.0	106.3	6.8	1.4075	294.33
1.3500 vol % concentration reached				185.6 M at time	84. s

CETESB - CIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL
BIBLIOTECA

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 36

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 3.85E+03
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 1.82E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 78.86
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 157.7
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 394.3
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 1.05E+03

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 15: 37

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg) = 4.37E+03
Yield Factor = 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J) = 2.06E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m) = 82.26
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m) = 164.5
Max Distance to Major Glass Damage (m) = 411.3
Max Distance to 10% Glass Damage (m) = 1.10E+03

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Liquid Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 15: 38

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 242.0
Storage Pressure (Bar)	= 122.4
Release Area (m2)	= 1.80E-02
Discharge Coefficient	= .600
Liquid Head (m)	= 13.00

Results

Liquid Outflow Rate (kg/s)	= 1.28E+03
Flashed Fraction at 1 Bar	= .354

Continue or Store Data (C or S) :

C O L A P S O

W H A Z A N

Instant Liquid Spill

Date 29-MAY-1991 Time 15: 42

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Spill Size (kg)	= 6.00E+04
Bund Area (m2)	= 1.00E+03
Windspeed (m/s)	= 2.200

Results

Maximum Pool Area (m2)	= 1.00E+03
Time to Max Pool Area (or Bund) (s)	= 6.202
Pool Area at End of Period (m2)	= .0
Mass Vaporised by End of Period (kg)	= 6.00E+04
Max Evaporation Rate (kg/s)	= 187.4
Evap. Rate at End of Period (kg/s)	= .0

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Pool Fire

Date 29-MAY-1991 Time 15: 43

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Released Mass (kg)	= 6.00E+04
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Efficiency Factor XE	= .350

Results

Maximum Pool Radius (m)	= 17.84
Flame Height (m)	= 55.11
Total Burning Time (s)	= 617.1
Distance (m) to 4.0 kW/m2	= 111.8
Distance (m) to 12.5 kW/m2	= 63.27
Distance (m) to 37.5 kW/m2	= 36.53

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)

Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 16: 20: 57

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 635.00 kg/s
 Initial flash : .234
 Duration : 600.0 seconds
 Temp. before release : 242.0 K
 Molecular weight : 28.05
 Boiling point : 170.8 K
 Specified lower conc. : 1.350 vol %
 Initial dilution : 60.0 Times
 Fraction rained out : .500
 Fraction left out : .000
 Fraction liquid : .000
 Initial cloud temp. : 273.8 K
 Initial cloud conc. : 11.160 vol %
 Initial density : 1.293 kg/m3
 Initial semi-width : 32.2 m
 Cross sectional area : 2070. m2
 Initial height : 32.2 m
 Surface roughness : .170
 Ambient temperature : 297.0 K
 Roughness length : .95 m
 Air density : 1.178 kg/m3
 Relative humidity : 80. %
 Wind speed : 2.2 m/s
 Mixing ratio : .015
 Pasquill category : B
 Printout requested at : 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	32.2	32.2	11.1603	273.82
Forced convection from .0 M					
22.7	50.0	117.0	19.5	5.2851	286.37
45.5	100.0	176.8	16.9	4.0762	288.67
68.2	150.0	227.7	15.7	3.4268	289.98
90.9	200.0	273.0	15.1	2.9836	290.90
113.6	250.0	314.2	14.8	2.6426	291.62
136.4	300.0	352.7	14.8	2.3639	292.20
159.1	350.0	388.3	15.0	2.1240	292.69
Dew point of water reached at 400. M					
181.8	400.0	421.7	15.3	1.9119	293.24
204.6	450.0	452.8	15.9	1.7200	293.74
227.3	500.0	482.1	16.6	1.5464	294.18
250.0	550.0	509.7	17.6	1.3841	294.58
1.3500 vol % concentration reached					561.6 M at time 255. s

W H A Z A N

HEAVY CLOUD DISPERSION MODEL

Copyright (C)
Technica Ltd.

Date 29- 5-1991 Time 16: 21: 49

Continuous release of Ethylene (Flashing)

Rate of release : 635.00 kg/s
Initial flash : .234
Duration : 600.0 seconds
Temp. before release : 242.0 K
Molecular weight : 28.05
Boiling point : 170.8 K
Specified lower conc. : 1.350 vol %
Initial dilution : 60.0 Times
Fraction rained out : .500
Fraction left out : .000
Fraction liquid : .000
Initial cloud temp. : 273.8 K
Initial cloud conc. : 11.160 vol %
Initial density : 1.293 kg/m3
Initial semi-width : 32.2 m
Cross sectional area : 2070. m2
Initial height : 32.2 m
Surface roughness : .170
Ambient temperature : 297.0 K
Roughness length : .95 m
Air density : 1.178 kg/m3
Relative humidity : 80. %
Wind speed : 2.2 m/s
Mixing ratio : .015
Pasquill category : E
Printout requested at: 1.3500 vol %

TIME (s)	DISTANCE DOWNWIND (M)	CLOUD RADIUS (M)	CLOUD HEIGHT (M)	C/L CONC. (vol %)	CLOUD TEMP. (K)
.0	.0	32.2	32.2	11.1603	273.82
Forced convection from .0 M					
27.3	60.0	130.0	18.7	4.9748	286.95
54.5	120.0	198.0	16.1	3.8280	289.19
81.8	180.0	255.2	14.9	3.2255	290.45
109.1	240.0	305.9	14.3	2.8180	291.34
136.4	300.0	351.9	14.0	2.5060	292.03
163.6	360.0	394.4	13.9	2.2510	292.59
Dew point of water reached at 420. M					
190.9	420.0	433.6	14.0	2.0312	293.19
218.2	480.0	469.4	14.4	1.8349	293.74
245.5	540.0	502.9	14.9	1.6569	294.24
272.7	600.0	534.2	15.6	1.4941	294.67
1.3500 vol % concentration reached				656.1 M at time	298. s

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 16: 22

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 2.00E+04
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 9.44E+11
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 136.6
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 273.2
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 683.0
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 1.82E+03

Continue or Store Data (C or S) :

Hipótese 8b - Vazamento de Gás Etileno pelo Disco de
Ruptura do Barril Devido ao Aumento de Pressão
(100% de Abertura)

W H A Z A N

Gas Outflow

Date 29-MAY-1991 Time 16: 25

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Storage Temperature (K)	= 523.0
Storage Pressure (Bar)	= 1.680
Release Area (m2)	= 3.24E-02
Discharge Coefficient	= .600

Results

Gas Outflow Rate (Kg/s)	= 5.515
-------------------------	---------

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Plume Model

Date 29-MAY-1991 Time 16: 26

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Height (m)	= .0
Release Rate (kg/s)	= 5.500
Concentration of Interest (ppm)	= 1.35E+04
Wind speed (m/s)	= 2.200
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Surface Roughness Parameter	= .170

Results

Max Downwind Effect Distance (m)	= 42.00
Max Crosswind Effect Distance (m)	= 6.725
Max Concentration at Ground (ppm)	= 1.00E+06

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Plume Model

Date 29-MAY-1991 Time 16: 27

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Height (m)	= .0
Release Rate (kg/s)	= 5.500
Concentration of Interest (ppm)	= 1.35E+04
Wind speed (m/s)	= 2.200
Ambient Temperature (K)	= 297.0
Surface Roughness Parameter	= .170

Results

Max Downwind Effect Distance (m)	= 130.0
Max Crosswind Effect Distance (m)	= 6.310
Max Concentration at Ground (ppm)	= 1.00E+06

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 16: 28

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 105.0
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 4.96E+09
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 23.74
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 47.48
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 118.7
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 316.5

Continue or Store Data (C or S) :

W H A Z A N

Vapour Cloud Explosion

Date 29-MAY-1991 Time 16: 28

Data Used in Calculations

Chemical - Ethylene

Flammable Mass in Cloud (kg)	= 325.0
Yield Factor	= 1.00E-01

Results

Total Energy Available (J)	= 1.53E+10
Max Dist. to Heavy Building Damage (m)	= 34.60
Max Dist. to Repairable Bldg Damage (m)	= 69.20
Max Distance to Major Glass Damage (m)	= 173.0
Max Distance to 10% Glass Damage (m)	= 461.3

Continue or Store Data (C or S) :

11.4 ANEXO IV - Mapas de Vulnerabilidade