

ANA ELISA SAKIAMA

**A INFLUÊNCIA DA ELETRICIDADE ESTÁTICA NO MANUSEIO DE  
LÍQUIDOS INFLAMÁVEIS / COMBUSTÍVEIS**

São Paulo  
2010

**EPMI  
ESP/EST-2010  
Sa29i**

## AGRADECIMENTOS

Aos amigos Luzia Gomes da Silva e Edson Rodrigues e também agradeço a empresa onde trabalho, da qual obtive todo o conhecimento necessário.

## RESUMO

O objetivo deste trabalho é identificar, descrever e analisar os riscos da eletricidade estática no manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis. O trabalho foi estudar a grandeza Eletricidade estática, os riscos da mesma e como prevenir a sua ação durante o processo de trabalho com Líquidos inflamáveis. Iniciamos o trabalho apresentando alguns conceitos importantes, como a definição de uma atmosfera explosiva, a definição de líquidos inflamáveis entre outras. Após as definições, verificou a necessidade de avaliar os riscos que envolvem a operação com Líquidos inflamáveis e como devemos controlar a eletricidade estática. Após realizarmos a avaliação do risco, foi possível verificar, que a simples atividade de trabalhar com Líquidos inflamáveis, geram vários riscos e um dos principais é a eletricidade estática gerada. Detectamos que para gerar o fogo é necessário ter 3 componentes, o comburente (Oxigênio, presente no ar), Combustível (o Líquido inflamável) e a ignição (que no nosso caso é eletricidade estática). Conforme verificado, quando trabalhamos com Líquidos inflamáveis, já temos 2 componentes, o comburente e o combustível, faltando apenas à ignição. No nosso trabalho, concluímos que uma das formas seguras de trabalhar com líquidos inflamáveis é prevenindo ou eliminando a formação da eletricidade estática. A forma mais comum de formação de estática é na movimentação líquidos inflamáveis na tubulação, mangueira, durante o transporte entre outras formas.

A conclusão que tiramos após a elaboração do trabalho é que não temos como eliminar a geração da eletricidade estática, porém é possível trabalhar de forma segura no manuseio com líquidos inflamáveis. O importante é conhecer o risco da estática e trabalhar preventivamente, eliminando a estática formada antes de iniciar a operação e evitar que ocorram as novas formações de eletricidade estática durante a operação.

## ABSTRACT

The objective is to identify, describe and analyze the risks of static electricity when handling flammable liquids. The study was about greatness Static electricity, the same risks and how to prevent its action during the process of working with flammable liquid. The study was the magnitude Static Electricity, its risks and how to prevent its action during the process of working with flammable liquid. We have started the studied with some important concepts such as the definition of an explosive atmosphere, the definition of flammable liquid among others. After the definitions, it was detected the need to assess risks involving the operation with flammable liquid and how to control static electricity. After conducting the risk assessment, it was verified that the simple activity of working with flammable liquid, generates a number of risks and a major static electricity is charged. We have detected that to started the fire it is necessary three components together, the oxidizer (oxygen present in air), Fuel (flammable liquid) and ignition (in our case is static electricity). As observed, when working with flammable liquids, we have two components, the oxidizer and fuel, without just the ignition. In our study, we have concluded that one of the safe ways of working with flammable liquid is preventing or eliminating the formation of static electricity. The most common form of static build-up is the movements of flammable liquids in the pipe, hose during transport and other forms.

The conclusion we draw after the carrying out the study is that we cannot eliminate the generation of static electricity, but it is possible to work safely when handling flammable liquid. The important point is to know the risk of static and work proactively to eliminate the static formed before starting the operation and prevent the occurrence of the new formation of static electricity during operation

## LISTAS DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Efeito da Eletricidade Estática

Figura 2: Formação da eletricidade provocada pela movimentação de líquido.

Figura 3: Formação de Eletricidade Estática através da queda do líquido no reator / tanque

Figura 4: Área identificada conforme o Cenário atingido

Figura 5 – Curva Iso Risco

## LISTAS DE TABELAS

Tabela 1: Dados Meteorológicos Médios

Tabela 2: Freqüência dos ventos

Tabela 3: Cenários indesejáveis

Tabela 4: Cenários de Vulnerabilidade das hipóteses

Tabela 5: Freqüência das Hipóteses Acidentais Corrigidas

Tabela 6: Probabilidades de Ignição Imediata

Tabela 7: Probabilidades de Ignição em uma Nuvem em Movimento

Tabela 8: Árvore de Eventos para Grandes Vazamentos de Líquido Inflamável / combustível

Tabela 9: Freqüências dos Cenários Acidentais

## LISTAS DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAE – Análise por Árvore de Eventos  
AAF – Análise por Árvore de Falhas  
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química  
ASSOCIQUIM - Associação Brasileira de Distribuidores de Produtos Químicos e Petroquímicos  
ACMH – Advisory Committee on Major Hazards  
AIChE – American Institute of Chemical Engineers  
AIChem – Institution of Chemical Engineers  
AIT - Temperatura de auto-ignição  
AMFE – Análise de Modos de Falhas e Efeitos  
API – American Petroleum Intitute  
APP – Análise Preliminar de Perigos  
APR – Análise Preliminar de Riscos  
ASME – American Society of Mechanical Engineers  
ASTM - American Society for Testing Materials  
CCPA – Advisory Committee on Major Hazards  
CEE – Comunidade Econômica Européia  
CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo  
CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente  
EAR – Estudo de Análise de Risco  
EIA – Estudo de Impacto Ambiental  
ESD - Electrostatic discharge  
FAR – Fatal Accidents Rate  
FEAM – Fundação Estadual do Meio Ambiente (MG)  
FEEMA – Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente (RJ)  
FEPAM – Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roesller (RS)  
FISPQ – Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos.  
FMECA – Failure Model Effects Causes Analysis  
GLP – Gás Liquefeito do Petróleo

HazOp – Hazards and Operability Studies  
HSC – Health and Safety Commission  
HSE – Health and Safety Executive  
IAC – Instituto Agronômico de Campinas  
IEC International Electrotechnical Commission Standards  
IBAMA – Instituto Brasileiro do Meio Ambiente  
LII – Limite Inferior de Inflamabilidade  
PAE - Plano de Atendimento a Emergência  
PRODIR - Processo Distribuição Responsável  
PGR - Programa de Gerenciamento de Risco  
PT – Permissão de Trabalho  
RDP - Responsible Distribution Process  
RH – Recursos Humanos  
RIMA - Relatório de Impacto Ambiental  
SASSMAQ - Sistemas de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade  
SM – Solicitação de Manutenção  
MSDS - Material Safety Data Sheets  
NFPA - National Fire Protection Association

# SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo	2
1.2 Justificativa	2
<b>2 REVISÃO DA LITERATURA</b>	<b>2</b>
2.1 Conceitos e Terminologias	3
2.2 Históricos de Aplicação da Ciência de Análise de Riscos	6
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>10</b>
3.1 Coleta de dados	10
3.2 Classificações de produtos	11
3.2.1 Classificação das Substâncias Perigosas	12
3.3 Etapas da Análise de Riscos	14
3.4 Técnicas para Aplicação das Etapas de análise de Riscos	15
3.5 Programas de gerenciamento de risco (PGR)	17
3.5.1 Informações de Segurança	19
3.5.2 Revisões dos riscos	19
3.5.3 Gerenciamentos de Modificações	19
3.5.4 Manutenção	20
3.5.5 Procedimentos Operacionais	20
3.5.6 Programas de Treinamento	20
3.5.7 Procedimentos de Investigação de Incidentes / Acidente	21
3.5.8 Auditorias	22
3.5.9 Plano de Emergência	23
3.6 Análises das Instalações, Operações e Região	23
3.6.1 Análise das Instalações	23
3.6.2 Análise das Operações:	25
3.6.3 Análise da região	27
3.7 Identificações dos Perigos	28
3.8 Estimativa das Conseqüências	30
3.9 Estimativa das Frequências de Ocorrência	31
3.10 Estimativa e Avaliação dos Riscos	32

3.11 Resultados de uma Análise de Riscos	34
<b>4 RESULTADO E DISCUSSÕES</b>	<b>37</b>
4.1 Caracterizações das Instalações, Operações e Região	37
4.1.1 Instalações e Operações:	38
4.1.2 Região	39
4.2 Identificações dos Perigos	42
4.2.1 Identificação de cenários	46
4.3 Estimativas das Conseqüências	48
4.3.1 Fenômenos Envolvidos	47
4.4 Estimativas das Freqüências de Ocorrência	51
4.4.1 Freqüência dos Cenários Acidentais	55
4.5 Estimativa e Avaliação dos Riscos	59
4.5.1 Risco Individual	60
4.5.1.1 Resultado do Risco Individual	61
4.5.2 Risco Social	62
4.5.2.1 Resultado do Risco Social	63
<b>5 CONCLUSÃO</b>	<b>64</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>65</b>
<b>7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA</b>	<b>69</b>
<b>8 ANEXOS</b>	<b>70</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Baseado no livro “De Magnete” de Willian Gilbert (15401-1603) foi um dos primeiros trabalhos científicos a diferenciar as propriedades do fenômeno da atração elétrica do fenômeno magnéticos.

No livro “De Magnete”, o autor, Gilbert, estudou o âmbar que produz a eletricidade estática. O âmbar é conhecido como elektron, em grego, e electro em latim. “Willian Gilbert decidiu remeter para o fenômeno pelo electricus adjetivo, dando origem aos termos modernos elétricos” e “eletricidade”.

Através do Alessandro Volta (1745-1827), após tomar conhecimento do trabalho de Galvani (1737-1798), descobriu a eletricidade dinâmica, que ocorreu em 1800, os cientistas esperaram quase um século pela descoberta. Volta se dedicou a investigar o fenômeno que mais tarde inventou a bateria elétrica. As características primordiais são a de impor uma “ação perpétua ou impulsão ao fluido elétrico” e, sua energia após cada descarga pode ser restabelecida (VOLTA, 1935, p. 427).

A eletricidade estática e a dinâmica, foi questionada por Martins (1999), quando ambas são consideradas idênticas. Martins diz que ao se esfregar uma caneta no cabelo conseguimos atrair pequenos pedaços de papeis e com uma pilha isto não ocorre. Por outro lado, a pilha consegue acender uma pequena lâmpada e a eletricidade estática não podemos utilizar para esta mesma finalidade. Como sairemos do escopo do trabalho, não iremos entrar nesta questão.

A importância do questionamento do Martins é salientar que no século XVIII foi um período caracterizado pelo empirismo e pelo realismo ingênuo. Uma fase marcada por obstáculos e por concepções de que a eletricidade estava estreitamente ligada aos efeitos da luz e do calor. Se por um lado estas idéias guiaram os cientistas em suas pesquisas, dando um grande passo ao desenvolvimento e aos fenômenos eletromagnéticos de maneira geral, por outro, elas entravaram no início da eletricidade dinâmica e consequentemente a gênese do eletromagnetismo.

Em paralelo, e vinculando as questões ao ensino, mostraremos a importância de conhecer a eletricidade estática, para que agindo preventivamente nos processos com líquidos inflamáveis / combustíveis.

A eletricidade estática é a carga elétrica em um corpo cujos átomos apresentam um desequilíbrio em sua neutralidade. A área da física que estuda os efeitos da eletricidade estática é a Eletrostática.

O fenômeno da eletricidade estática ocorre quando a quantidade de elétrons que gerada de cargas positivas ou negativas é maior em relação à carga elétrica dos núcleos dos átomos. O corpo está carregado negativamente quando existe um excesso de elétrons em relação aos prótons. O corpo está carregado positivamente quando existem menos elétrons que prótons. Se o número total de prótons e elétrons é equivalente, o corpo está num estado eletricamente neutro.

Existem muitas formas de "produzir" eletricidade estática, uma delas é friccionar certos corpos, por exemplo, o bastão de âmbar, para produzir o fenômeno de Triboelectrificação.

### 1.1 Objetivo:

O objetivo deste trabalho é investigar a influência e potenciais riscos que a eletricidade estática provoca durante o manuseio de líquidos inflamáveis / combustíveis e com isso trabalhar preventivamente.

### 1.2 Justificativa:

A eletricidade estática é uma grandeza que deve ser controlada. Possui um alto potencial de risco quando desconhecemos a sua existência. O fato da sua visualização ser de difícil detecção devemos trabalhar preventivamente, pois desta forma evitamos acidentes, que pode ser de grandes proporções, quando a eletricidade estática se manifesta, principalmente quando temos a presença da mesma em um ambiente com líquidos inflamáveis / combustíveis.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, iniciaremos apresentando alguns conceitos importantes aplicados à ciência de cargas eletrostáticas e eletricidade estática.

## 2.1 Conceitos e Terminologias

### Eletricidade Estática

De acordo com a Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity Electrostatics PD CLC/TR 50404:2003 e a eletricidade estática pode ser manifestada em qualquer material, é o fenômeno de acumulação de cargas elétricas. A mesma acontece nos processos de atrito entre materiais e se manifesta em vários fenômenos cotidianos, às vezes ocorre de forma inofensiva, mas em outros casos, sua manifestação pode ser muito perigosa, quando o ambiente também é perigoso.

Principalmente nos locais onde temos a umidade do ar muito baixa, ou seja, locais secos, as manifestações da eletricidade estática são observadas. Por exemplo, ao manusear um agasalho de lã sintética é possível ouvir pequenos estalos provocados pelas descargas elétricas que acontecem entre seus fios. No escuro é possível visualizar pequenas faíscas entre os fios que foram eletrizados. (Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity Electrostatics)

O significado da palavra 'Estática', derivada do Grego, é esperando para ser movimentada ou descarregada. O termo se refere ao fenômeno físico associado a cargas elétricas em repouso. É a eletricidade em repouso com uma voltagem típica entre 3000 e 100,000 Volts, mas com corrente muito baixas, na faixa de micro ampére. (Apresentação não divulgada da DU Pont)

A eletricidade estática é um fenômeno físico que não é fácil de visualização, mas se sente. No caso da manifestação da eletricidade estática em um ambiente classificado pode provocar a perda de produção, de tempo, de matéria - prima, podendo provocar incêndios proporções pequenos e/ou grandes, choque em operadores, contaminações com fuligem ou pó e causar graves danos aos componentes eletrônicos sensíveis, requerendo altos custos de manutenção e/ou reparos em serviços de campo. (Apresentação não divulgada da DU Pont)

A seguir, a ilustração - Figura 1 - onde visualizamos a manifestação da eletricidade estática.

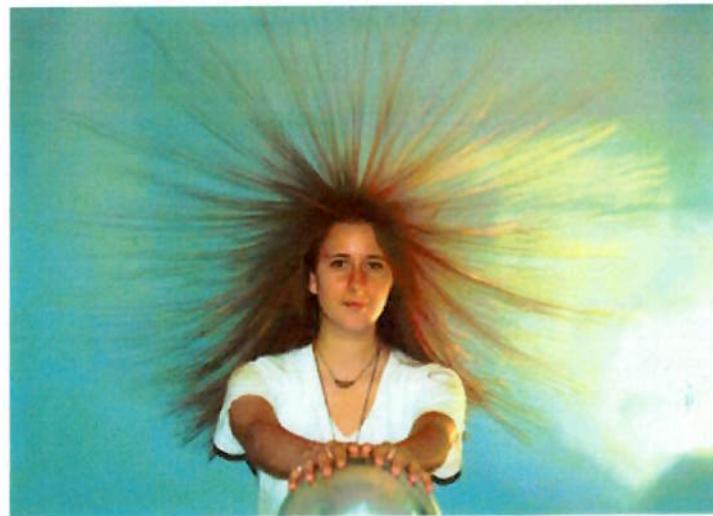


Figura 1: Efeito da Eletricidade Estática

Fonte: (Apresentação não divulgada da DU Pont)

Na movimentação entre dois sólidos ou, entre líquidos e sólidos quando se juntam e se separam os elétrons se transferem de uma superfície e se acumulam em outra. Se um desses objetos é isolante, as cargas aumentam. Uma vez que a carga não se dissipar, temos a formação da chamada estática.

No caso de um material condutivo, o mesmo também pode acumular eletricidade estática caso esteja envolvido em um material isolante.

A forma mais comum de geração de Eletricidade Estática é chamada Triboelectrificação. A Triboelectrificação ocorre quando dois materiais Dissimilares fazem contato e se separam.

Exemplos de Triboelectrificação:

- ➡ Deslizando sobre o tecido de um banco ao sair do carro.
- ➡ Quando se penteia o cabelo.
- ➡ Ao levantar de uma cadeira
- ➡ Quando uma pessoa caminha sobre piso acarpetado e o pé entra em contato com o carpete. Quando o pé se separa do carpete, cada fibra individual transfere carga para o corpo da pessoa. Como o pé entra em contato com centenas de milhares de fibras no carpete, a quantidade de carga elétrica transferida pode ser substancial.

Uma das formas de tornar um líquido carregado de eletricidade estática é no momento da sua movimentação, que é conhecida com um fenômeno de interface. Uma interface pode existir entre um líquido e seu container (ex. tubulação, vaso), um líquido e um sólido disperso, entre um líquido e bolhas de gás, ou entre dois líquidos não completamente miscíveis. À seguir segue as formas esquematizadas (Figura 2 e 3) da formação da eletricidade estática através da movimentação do líquido na tubulação.

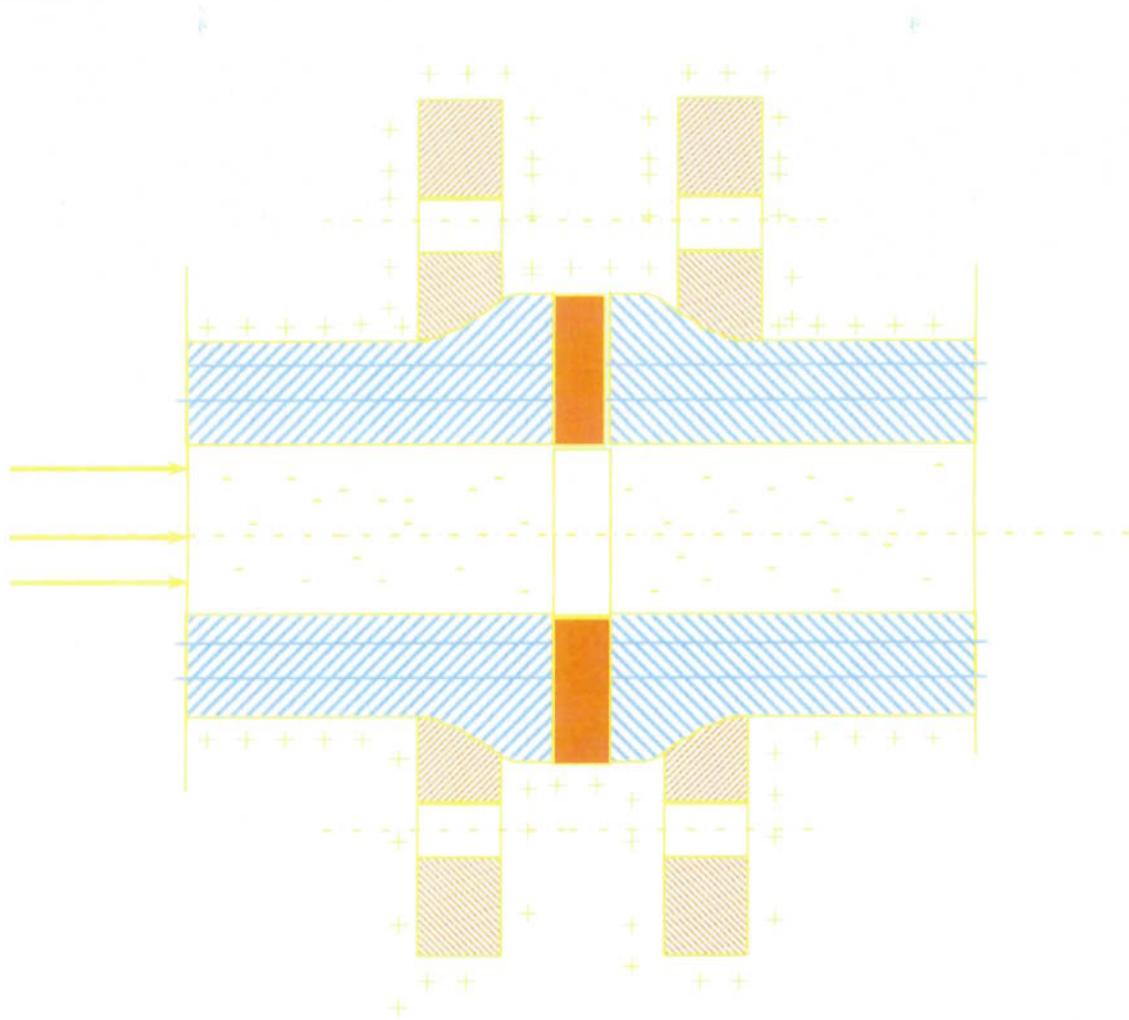


Figura 2: Formação da eletricidade provocada pela movimentação de líquido

Fonte: (Apresentação não divulgada da DU Pont)

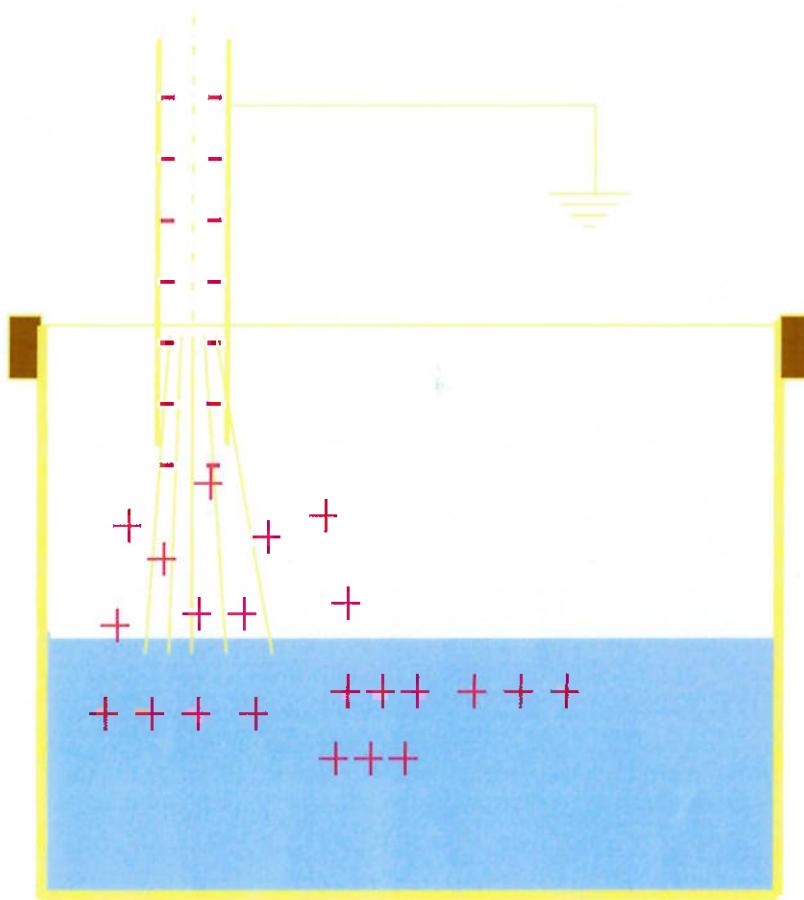


Figura 4: Formação de Eletricidade Estática através da queda do líquido no reator / tanque

Fonte: (Apresentação não divulgada da DU Pont)

De acordo com alguns fatores como a velocidade (para líquidos), número de pontos de contato (para sólidos) e número de partículas (para pó) etc, as cargas elétricas se acumulam na superfície dos materiais no sistema. Se não ocorrer novo fator de acumulação de carga, as existentes se dissiparão lentamente. Este fenômeno é chamado “relaxação”.

## 2.2 Históricos de Aplicação da Ciência de Análise de Risco:

A palavra risco faz parte do nosso dia-a-dia, sendo utilizada de diversas formas e sentidos. Alguns riscos, como por exemplo: o do acidente, o risco de não dar certo, o risco iminente, o alto risco são normalmente encontrados nas nossas literaturas técnicas ou leigas, cujo sentido predominante é o de representar certa chance de algo acontecer. O risco é iminente ou elevado para algo que nos parece óbvio ou com grande chance de acontecer. (CETESB, 2010)

As indústrias de processo têm desenvolvido uma metodologia específica em relação às possíveis falhas e perigos oriundos de suas atividades, as quais possam causar perda de vida e de propriedade. (CETESB, 2010)

Em 1931, Heinrich realizou uma pesquisa sobre os custos de um acidente em termos de Seguro Social e introduziu, pela primeira vez, a filosofia de “acidentes com danos à propriedade”, ou seja, acidentes sem lesão, em relação aos acidentes com lesão incapacitante. (CETESB, 2010).

Nos anos 60, tornou-se evidente que existiam diferenças consideráveis a atuação das empresas no que se referiam à saúde ocupacional, riscos de lesões e de perdas. Surgiram vários relatórios sobre segurança nas plantas químicas, tais como “Safety and Management”, pela Association of British Chemical Manufactures (ABCM), 1964 e “Safe and Sound”, pelo British Chemical Industry Safety Council (BCISCI), 1969, na Grã-Bretanha. Frank Bird Jr. fundamentou sua teoria de “Controle de Danos” (1966), após a análise de uma série de acidentes ocorridos numa empresa metalúrgica americana.

Também, nos anos 60 se iniciou um desenvolvimento, onde resultou em grandes mudanças nas indústrias químicas e petroquímicas, por exemplo, alterações nas condições de pressão e temperatura. Tornaram-se itens mais críticos e consequentemente, tiveram um aumento na energia armazenada nos processos, representando assim, um perigo maior. Nesta mesma época, as instalações de processo cresceram quase dez vezes mais, em tamanho. Também, começaram a operar em fluxo contínuo, aumentando o número de interligações com outras plantas, para a troca de sub-produtos, tornando, dessa forma, os processos mais complexos.

Esses desenvolvimentos não ocorreram isoladamente. No contexto social também foi se transformando e outros temas, como a poluição ambiental, se tornou um motivo de preocupação para o público e para os governantes. Como consequência, a indústria foi obrigada a examinar os efeitos de suas operações sobre o público externo e, em particular, a analisar mais cuidadosamente os perigos decorrentes de suas atividades. (CETESB, 2010).

Conforme informações da CETESB, 2010, têm os seguintes exemplos:

- ✿ Em 1970, no Canadá, John A. Fletcher continuou à obra iniciada por Bird, propôs os programas de "Controle Total de Perdas", com o objetivo de reduzir ou eliminar todos os acidentes que pudessem interferir ou paralisar um sistema.
- ✿ Em 1972, o engenheiro Willie Hammer criou-se uma nova mentalidade baseada nos trabalhos desenvolvidos, o qual utilizou sua a experiência adquirida na Força Aérea e nos programas espaciais norte-americanos. Desenvolveu diversas técnicas a serem aplicadas na indústria, com a finalidade de preservar os recursos humanos e materiais dos sistemas produtivos. Em paralelo, a indústria nuclear iniciou o desenvolvimento de atividades de consultoria na área de confiabilidade, e as indústrias começaram a adotar técnicas desenvolvidas pelas autoridades de energia atômica na avaliação de riscos maiores e na estimativa de taxas de falhas de instrumentos de proteção.
- ✿ Em 1974, a explosão desastrosa de um reator de produção de caprolactama, em Flixborough (Inglaterra), tornou-se um marco na questão da avaliação de riscos e prevenção de perdas na indústria química. O acidente levou ao estabelecimento do Advisory Committee on Major Hazards (ACMH), na Inglaterra, que durou de 1975 a 1983 e introduziu uma legislação para controle de riscos maiores nas indústrias.
- ✿ Em 1976, ocorreu um grande acidente em um reator químico, liberou dioxina, em Seveso (Itália), ocasionando um profundo impacto na Europa, tornando-se o estímulo para o desenvolvimento da Diretiva de Seveso – EC Directive on Control of Industrial Major Accident Hazards, em 1982.

Seguem exemplos de outros acidentes de grande impacto que seguiram no mundo, podendo-se citar, entre eles:

- ✿ San Carlos (Espanha, 1978),
- ✿ Bhopal (Índia, 1984),
- ✿ Cidade do Mexico (México, 1984),
- ✿ Chernobyl (Ucrânia, 1986)

#### ✿ Piper Alpha (Mar do Norte, 1988),

Estes acidentes vieram reforçar a necessidade de desenvolvimento na área de avaliação de riscos e prevenção de perdas, bem como a necessidade de estabelecimento de diretrizes, regulamentos e legislações sobre o tema, com o objetivo de reduzir ou evitar a ocorrência de acidentes industriais maiores. (CETESB, 2010).

Na década de 20, as primeiras preocupações com a saúde e segurança iniciaram na indústria alimentícia nos Estados Unidos. Após essa época, ocorreu uma preocupação dos pesquisadores de laboratórios de toxicologia, no início da década de 30, de avaliar as propriedades tóxicas de produtos potencialmente perigosos (CETESB, 2010).

Em 1985 foi criado o programa de atuação responsável pela Canadian Chemical Producers Association (CCPA) - Responsible Care Program, que recebeu o apoio oficialmente pela Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM). Em 1991, as empresas químicas interessadas podiam aderir ao Programa de Atuação Responsável, de forma voluntária. (ABIQUIM, 2010)

O programa iniciou através da implantação dos códigos, conforme a diretriz dada pela Abiquim. Entre eles, um dos princípios diretivos deste programa está o código de práticas gerencial de segurança de processos, voltados à prevenção de acidentes nas instalações industriais através da determinação das fontes de riscos. Em 1998, a adesão a este programa pelas Indústrias químicas associada, passou a ser obrigatória.

Seguindo a mesma diretriz dotada pela Abiquim, em 15 de dezembro de 2001, foi criado o PRODIR - Processo Distribuição Responsável. Foram convidados a participar do programa, de forma não obrigatória, as empresas associadas à ASSOCIQUIM - Associação Brasileira de Distribuidores de Produtos Químicos e Petroquímicos. Nesta mesma data, para as novas filiações de empresas à ASSOCIQUIM a adesão ao PRODIR é compulsória. Este processo de gestão foi criado voltado para o ramo da Distribuição de Produtos Químicos e Petroquímicos. Foi baseado no programa RDP (Responsible Distribution Process) da NACD dos Estados Unidos da America. - Programa de alcance mundial. Dentre os códigos

existentes, há a obrigatoriedade de cumprir o código de Gerenciamento de Risco. (ASSOCQUIM, 2010)

Com o Programa Atuação Responsável, as empresas químicas tiveram que expandir a sua preocupação para os seus parceiros, como os distribuidores de produtos químicos com o Prodir e desta forma, as Transportadoras não poderiam ficar fora desta cadeia.

Para atender a exigência do programa Atuação Responsável, criou o Sistemas de Avaliação de Saúde, Segurança, Meio Ambiente e Qualidade (SASSMAQ), ligado ao meio de transporte ou operação logística específica (rodoviário, ferroviário, armazém, estações de limpeza, prestadores de serviço em atendimento a emergências, etc.). Hoje, as empresas signatárias da Atuação Responsável da ABIQUIM e do Prodir da Associquim devem trabalhar com as Transportadoras que possuem o SASSMAQ. (ABIQUIM, 2010)

Após o rompimento de um duto de gasolina em Cubatão, seguido de um incêndio, cerca de 500 pessoas foram atingidas, sendo que 93 foram vitimas fatais, o Estado de São Paulo, começou ter uma preocupação com os acidentes de grande porte, sendo que ganhou ênfase em 1984. Em 1985 iniciou um processo de conscientização sobre a vulnerabilidade da região do Pólo Petroquímico de Cubatão, devido ao grande número de deslizamentos das encostas da Serra do Mar, podendo ocasionar a liberação de produtos perigosos, colocando em risco a população local. Em 1986, a CETESB promoveu o primeiro Curso de Análise de Riscos no âmbito do Estado de São Paulo, tornando-se o primeiro órgão ambiental a introduzir o assunto em nível nacional, bem como a criar uma unidade específica para tratar do tema.

### **3 MATERIAIS E MÉTODOS**

O trabalho foi desenvolvido definindo alguns conceitos que afetariam diretamente ou indiretamente no risco de manusear líquidos inflamáveis / combustíveis.

#### **3.1 Coleta de dados.**

A coleta de dados foi feita através de pesquisa na internet, conversas e visitas a empresas que possuem o risco alto quando nos referimos ao manuseio com líquidos inflamáveis e combustíveis.

A pesquisa na internet foi feita verificando páginas de instituições como CETESB / Fepam, Associações ligadas a área de químicos, como a Abiquim e Associquim e também verificando dissertações já publicadas sobre a Eletricidade Estática.

### 3.2 Classificações de produtos:

A atmosfera explosiva é quando temos uma mistura ideal de Oxigênio e substâncias inflamáveis / combustíveis na forma de gases, vapores, poeiras ou fibras com ar (ou Oxigênio) e quando ocorre sob condições atmosféricas. Na presença de uma fonte de ignição, a combustão se propaga provocando a explosão.

A explosão ocorre quando temos a formação da eletricidade estática em uma atmosfera explosiva. A união de ambas provoca à explosão.

Á seguir iremos definir, conforme a Resolução 420, o que é uma substância / combustível para que possamos entender melhor a formação de uma atmosfera explosiva, através da formação de vapores de líquidos inflamáveis / combustíveis. Para entender melhor, definiremos: o ponto de fulgor e ponto de ebulição:

- ◆ Ponto Fulgor é a temperatura mínima em que um sólido ou líquido desprende vapores suficientes para que se inflamem na presença de uma fonte de ignição.
- ◆ Ponto de ebulição ou temperatura de ebulição é a temperatura em que uma substância passa do estado líquido ao estado gasoso.

Após conhecer as definições acima, á seguir iremos definir uma substância inflamável / combustível:

- ◆ Gás Inflamável. É qualquer fluido combustível cujo ponto de ebulição à pressão atmosférica (760 mm. de coluna de mercúrio) é inferior a 15°C. Dentre outros temos: butano, propano, gás natural, acetileno e hidrogênio.
- ◆ Líquido Inflamável. É aquele cujo ponto de fulgor é inferior a 37,8°C e cuja pressão de vapor (absoluta) não excede 2,8 bar a 37,8°C. Dentre outros elementos temos: gasolina, querosene e álcool etílico.
- ◆ Líquido Combustível. É aquele cujo ponto de fulgor é igual ou superior a 37,8°C. Dentre outros temos: óleo diesel e óleo combustível.

- ◆ **Sólido Inflamável.** São os sólidos suscetíveis de serem inflamados facilmente por fontes exteriores de ignição, como faíscas, fagulhas e chamas, além de provocar e ativar incêndios por fricção. Dentre outros temos: naftalina, parafina e celulóide.
- ◆ **Sólido Combustível.** São aqueles que entram em combustão quando aplicada uma fonte de ignição com calor suficiente. Dentre outros temos: madeira; carvão e plásticos.

Após conhecermos a definição de atmosfera explosiva e substância inflamável / combustível, além identificarmos como se forma a Eletricidade estática, agora iremos conhecer um pouquinho como ocorre o fogo.

### 3.2.1 Classificações de Produtos Perigosos

Baseada na Resolução 420/04, utilizaremos a definição para classificarmos um produto como sendo perigoso. Conseqüentemente, a Resolução teve como base o Manual da ONU - Recommendations on the Transport of Dangerous Goods - Model Regulations (Orange Book).

À seguir, seguem as classes utilizadas para os produtos perigosos.

- ◆ **Classe 1: Explosivos**
- ◆ **Classe 2: Gases (Inflamáveis, Não inflamáveis / combustíveis / não tóxicos e tóxicos);**
- ◆ **Classe 3: Líquidos inflamáveis**
- ◆ **Classe 4: Sólidos inflamáveis; substâncias sujeitas à combustão espontânea; substâncias que, em contato com água, emitem gases inflamáveis;**
- ◆ **Classe 5: Substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos;**
- ◆ **Classe 6: Substâncias tóxicas e substâncias infectantes;**
- ◆ **Classe 7: Material radioativo**
- ◆ **Classe 8: Substâncias corrosivas**

#### ◆ Classe 9: Substâncias e artigos perigosos diversos

Como o foco do trabalho é os Líquidos inflamáveis / combustíveis, apenas para auxiliar na compreensão, conforme critérios adotados na Resolução 420 são definidos como:

“Líquidos inflamáveis: são líquidos, misturas de líquidos ou líquidos que contenham sólidos em solução ou suspensão (p. ex., tintas, vernizes, lacas etc., excluídas as substâncias que tenham sido classificadas de forma diferente, em função de suas características perigosas) que produzam vapor inflamável / combustível a temperaturas de até 60,5°C, em ensaio de vaso fechado, ou até 65,6°C, em ensaio de vaso aberto, normalmente referido como ponto de fulgor.”

Existe uma divergência entre a Resolução 420 e a definição utilizada pela da NR 20 (Norma Regulamentadora)– Líquidos combustíveis e inflamáveis, conforme segue:

- ◆ “Para efeito desta Norma Regulamentadora - NR fica definido “líquido combustível” como todo aquele que possua ponto de fulgor igual ou superior a 70°C (setenta graus centígrados) e inferior a 93,3°C (noventa e três graus e três décimos de graus centígrados).”
- ◆ “Para efeito desta Norma Regulamentadora, fica definido “líquido inflamável / combustível” como todo aquele que possua ponto de fulgor inferior a 70°C (setenta graus centígrados) e pressão de vapor que não exceda 2,8 kg/cm<sup>2</sup> absoluta a 37,7°C (trinta e sete graus e sete décimos de graus centígrados).”

Como o objetivo do nosso trabalho é a influência da eletricidade estática no manuseio com os Líquidos inflamáveis, a definição utilizada pela Resolução 420 como a NR 20, não irá interferir no risco principal e as consequências / ações a serem tomadas preventivamente. Desta forma, devem ser efetuadas em todos os processos / produtos com ponto de fulgor abaixo de 70°C.

A classificação de substância perigosa é um item importante e deve ser bem efetuado, pois está diretamente ligado com a eletricidade estática.

Segundo o Corpo de Bombeiro. Para a formação do fogo, utilizam a teoria do triângulo de fogo, que agora foi substituída pelo TETRAEDRO DO FOGO. A mudança ocorreu basicamente após conhecer que a reação em cadeia é uma parte importante na manutenção da chama, pois após a formação do fogo, se não eliminarmos a reação em cadeia, a chama não apaga. À seguir a definição de cada lado do tetraedro.

- Combustível é o material oxidável (sólido, líquido ou gasoso) capaz de reagir com o comburente (em geral o oxigênio) numa reação de combustão.
- Comburente é o material gasoso que pode reagir com um combustível, produzindo a combustão.
- Ignição é o agente que dá o início do processo de combustão, introduzindo na mistura combustível/comburente, a energia mínima inicial necessária.
- Reação em cadeia é o processo de sustentabilidade da combustão, pela presença de radicais livres, que são formados durante o processo de queima do combustível.

Como devemos trabalhar preventivamente, não iremos trabalhar com a Reação em cadeia, pois ela é importante quando queremos apagar o fogo e não quando evitamos a sua formação.

Desta forma, iremos trabalhar com Triângulo do fogo. Quando trabalhamos com líquidos inflamáveis, já possuímos 2 lados do triângulo, o combustível (o líquido inflamável / combustível) e o comburente (oxigênio). Desta forma, para que não ocorra o fogo, devemos trabalhar preventivamente na eliminação ou diminuição da 3 lados do Triângulo, que é a fonte ignição, que no nosso caso será a eletricidade estática. (Bombeiros, 2010)

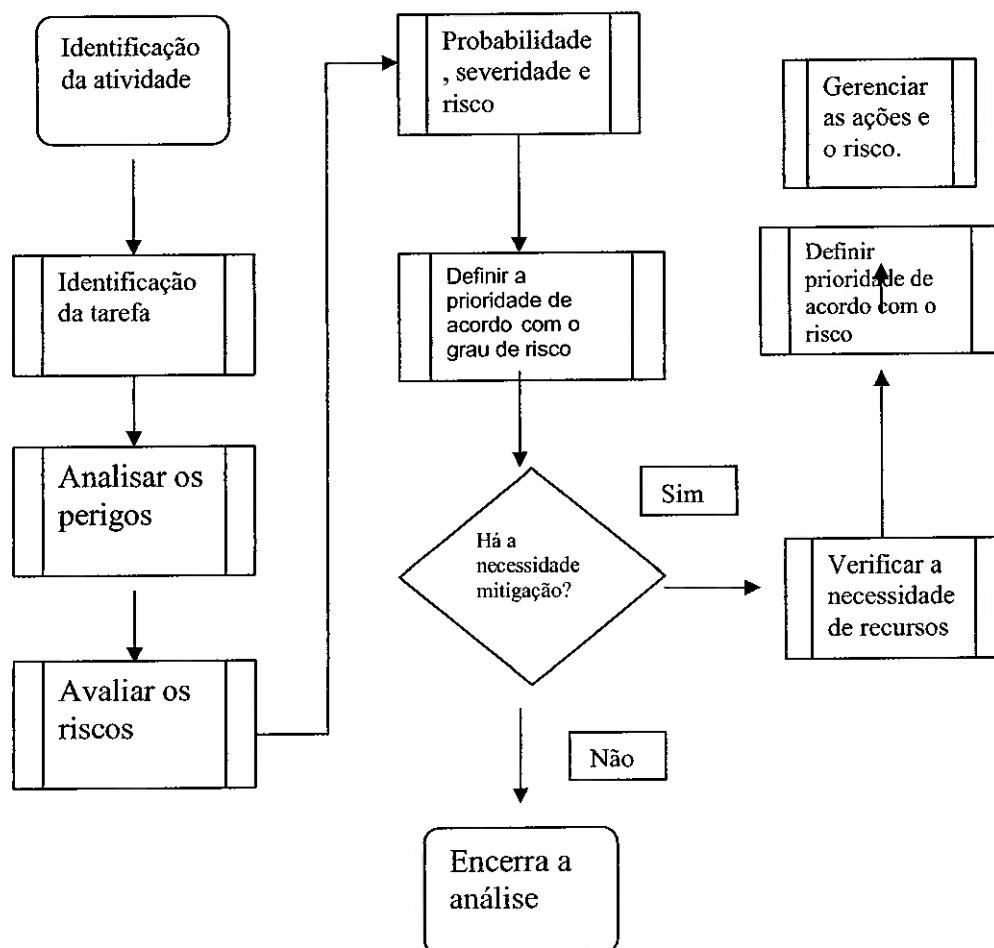
Já conhecemos a definição da Eletricidade estática e substância inflamável / combustível. Desta forma iremos estudar a consequência dos dois juntos.

### 3.3 Etapas da Análise de Riscos

Para minimizar o risco de contaminação ou acidente, levando em consideração a população, foi publicado em 23/01/1986, a Resolução nº 1, do Conselho Nacional do

Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente. Usando a força da lei, os Estudos de Análise de Riscos passaram a ser incorporados no processo, de acordo com os tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento. (CETESB, 2010)

Para orientar a elaboração do Estudo de Análise de Risco (EAR) no Estado de São Paulo, a CETESB elaborou o documento “Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Risco” – Norma P4.261, publicada em maio de 2003. À seguir, um exemplo das etapas necessárias para elaborar a Análise Preliminar de Risco



### 3.4 Técnicas para Aplicação das Etapas da Análise de Riscos

Existem algumas técnicas para elaborar a Análise de risco do processo. Conforme cito abaixo:

- ✿ Análise Preliminar de Risco (APR) – constitui-se em um conjunto de métodos e técnicas que aplicados a uma atividade proposta ou existente identificam e avaliam qualitativa e quantitativamente os riscos que essa atividade representa para a população vizinha, ao meio ambiente e à própria empresa. Os principais resultados de uma análise de riscos são a identificação de cenários de acidentes, suas freqüências esperadas de ocorrência e a magnitude das possíveis consequências. A APR não é uma técnica profunda de análise de riscos e geralmente precede a aplicação de outras técnicas mais detalhadas de análise, já que seu objetivo principal é determinar os riscos e as medidas preventivas antes da fase operacional (FEPAM, 2010)
- ✿ A Análise Preliminar de Perigo (APP) é baseada no PHA - Preliminary Hazard Analysis: iniciou no Departamento de Defesa dos EUA no programa de segurança militar. Trata-se de uma técnica para identificar os perigos presentes numa instalação, que podem ser ocasionados por eventos indesejáveis. É uma metodologia indutiva para identificar os potenciais perigos decorrentes de novas unidades instalações e sistemas ou da própria operação da planta que opera com materiais perigosos. Identificada cada dos possíveis perigos, procura examinar as maneiras pelas quais a energia ou o material de processo pode ser liberado de forma descontrolada, levantando as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente. Na sequência é feita uma Avaliação Qualitativa dos riscos associados, identificando-se aqueles que requerem priorização. Além disso, são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras dos riscos a fim de eliminar as causas ou reduzir as consequências dos cenários de acidente identificados. (CESTEB, 2010 e Prof Laís Alencar de Aguiar)
- ✿ A técnica denominada Estudo de Perigo e Operabilidade – HAZOP (HAZARD AND OPERABILITY STUDIES) tem como foco identificar os

problemas de Operabilidade de uma instalação, revisando metódicamente o projeto da unidade ou de toda fábrica. O principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP) é investigar de forma minuciosa e metódica cada parte do processo, visando investigar todos os possíveis desvios de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas consequências. Uma vez identificada às causas e as consequências de cada desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo. (CETESB, 2010)

✿ A metodologia de Análise do Tipo e Efeito de Falha, conhecida como FMEA (do inglês Failure Mode and Effect Analysis), é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto. Ou seja, detectar falhas antes que se produza uma peça e/ou produto. É uma ferramenta que deve ser utilizada também para a área de segurança quando estiver elaborando a sua Análise de risco. Identificando e conhecendo o processo / produto, é mais fácil identificar os riscos dos mesmos.

A utilização e boa elaboração de uma Análise de risco é o ponto chave na prevenção de um incêndio ou explosão. Principalmente quando o nosso processo envolve o manuseio com líquidos inflamáveis.

### 3.5. Programa de Gerenciamento de Risco (PGR)

Como o foco do nosso trabalho é Manuseio de Produtos inflamáveis, podemos utilizar dois documentos importantes exigidos pelo o órgão ambiental: o EAR (Estudo de Análise de Risco), devemos efetuar o PGR (Programa de Gerenciamento de Risco). (RCA, 2004)

Conforme descrito pelo Rabaneda, o PGR define as atividades e procedimentos a serem adotados durante as operações de recebimento, envase de líquidos inflamáveis / combustíveis visando à prevenção de acidentes envolvendo pessoas e o meio ambiente, a segurança dos funcionários e dos empreendimentos circunvizinhos as instalações. O PGR tem como base num conjunto de normas, procedimentos e instruções técnicas, estruturas e aplicáveis a todas as atividades

realizadas na empresa para prevenir, reduzir e controlar os riscos existentes nas instalações, de modo a manter a sua continuidade operacional, conforme os de padrões de segurança. É estruturado de forma a propiciar:

- ✚ Informações detalhadas quanto aos perigos inerentes às instalações e aos produtos manipulados;
- ✚ Definição das responsabilidades em todas as atividades e operações realizadas;
- ✚ Integração entre os funcionários da empresa.

Para alcançar a efetividade das ações previstas no PGR, a sua implementação está baseada nos seguintes pressupostos:

- ✚ Planejamento;
- ✚ Organização;
- ✚ Conscientização;
- ✚ Integração;
- ✚ Controle

O PGR deve ser elaborado pelo Supervisor de Produção, juntamente com o Engenheiro / Técnico de segurança:

São atribuições do Coordenador Geral do Programa:

- ✚ Coordenar as diversas atividades previstas no PGR;
- ✚ Compatibilizar as mudanças decorrentes do processo de gerenciamento de modificações;
- ✚ Assegurar e acompanhar as avaliações de segurança por meio de auditorias periódicas, incluindo a verificação de:
  - Medidas recomendadas na revisão de estudos de análise de riscos;
  - Atualização de manuais de operação e segurança;

- Cumprimento de normas, procedimentos e instruções técnicas;
- Programa de treinamento e capacitação de operadores;
- Avaliar as ações e procedimentos adotados em situações de emergência;
- Promover a integração entre as diversas áreas da empresa, de modo a propiciar as condições necessárias para a total implementação das ações previstas no programa;
- Elaborar e apresentar relatórios periódicos para a Alta direção da empresa.

Conforme diretriz do Rabaneda, cada atividade deve ser detalhadamente descrita na estrutura do PGR. À seguir descreveremos cada item que compõem o PGR.

### 3.5.1 Informações de Segurança

É um elemento fundamental do PGR, pois propiciam o conhecimento adequado das instalações, das características e riscos associados aos produtos manipulados e operações realizadas. As informações de segurança das instalações e operações devem ficar disponíveis para todos os funcionários para consulta.

- FISPQs dos produtos manuseados;
- Instalações e Equipamentos;
- Procedimentos Operacionais do Sistema de segurança.
- Responsabilidade definidas, em caso de sinistro.

### 3.5.2 Revisões dos riscos

Periodicamente as instalações e as operações devem ser verificadas, com o objetivo de identificar eventuais novas situações de perigo, isso permitir a implementação de medidas mitigadoras para a redução e o controle de riscos residuais. O importante é avaliar se não ocorreu nenhuma mudança nos procedimentos operacionais que possam provocar alguma situação de risco. Sem que o mesmo tenha sido avaliado antecipadamente.

O processo tem a finalidade de reavaliar os possíveis cenários de acidentes e suas respectivas consequências, isso faz com que revisamos o Plano de Ação de Emergência, mas também a implementação de eventuais ações mitigadoras.

### 3.5.3 Gerenciamentos de Modificações

As modificações devem ser avaliadas antecipadamente. Para isso devemos estabelecer e implementar procedimentos formais para que as alterações realizadas na empresa, tanto em termos de tecnologia como nas instalações. No procedimento, todas as solicitações de modificações devem ter a aprovação do comitê de Gerenciamento do Risco. O comitê deve ser formado por um membro representante da Alta direção, o supervisor de produção, Engenheiro / Técnico de segurança.

### 3.5.4 Manutenção

A manutenção deve possuir procedimentos descritos para a realização de suas atividades que garantam a continuidade das operações. Através das manutenções preventivas / corretivas têm por objetivo garantir o correto funcionamento dos equipamentos destinados às operações realizadas na empresa, de maneira a evitar que eventuais falhas possam comprometer a continuidade operacional, a segurança das instalações, das pessoas e do meio ambiente. Outro papel importante da manutenção é ter consciência que a atividade é de risco, tanto para as instalações como para as pessoas que executam. As manutenções somente devem ser realizadas mediante a SM (Solicitação de manutenção) e da PT (Permissão de Trabalho) que é elaborada, conforme o trabalho, pelo Engenheiro / Técnico de segurança juntamente com o supervisor de operações.

- ✚ Procedimentos de manutenção: entre eles criar uma planilha de manutenções preventivas de todos os equipamentos;
- ✚ Testes de alarmes;
- ✚ Testes das Bombas dos Sistemas de Combate a Incêndio;

### 3.5.5 Procedimentos Operacionais

Os procedimentos operacionais têm por finalidade padronizar todas as operações realizadas na empresa, de modo que essas operações sejam executadas de acordo

com as instruções implementadas, que contemplam detalhadamente cada passo a ser seguido de acordo com cada operação e considerando os requisitos de segurança requerido.

### 3.5.6 Programas de Treinamento

Para que tenhamos sucesso, na implantação do PGR, toda a equipe deve ser treinada. O objetivo do Programa de Treinamento é garantir que os funcionários que realizam as operações de recebimento, envase de líquidos inflamáveis / combustíveis, sejam plenamente capacitados para desempenharem suas funções.

O treinamento adequado é uma exigência básica para a realização de operações eficientes e seguras.

Anualmente, ou sempre que necessário, deve ser realizado o levantamento das necessidades de treinamento, sendo que os cursos e treinamentos são ministrados para todos os funcionários, incluindo recém admitidos e/ou transferidos de funções, bem como reciclagem, visando à atualização e aperfeiçoamento de conhecimentos. Segue os itens que devem ser acompanhado pelo departamento RH (Recursos Humanos)

- ➔ Matriz de treinamento;
- ➔ Programa de Treinamento da Brigada de Emergência: anualmente a Brigada de emergência passa por treinamentos e mensalmente são realizados treinamentos práticos e pequenos, envolvendo alguns brigadista conforme alguns cenários, previamente escolhidos.
- ➔ Simulados Gerais e Emergência: são treinamentos práticos simulando uma situação de emergência real, com envolvimento de todas as áreas, todos os brigadistas, onde será avaliado o desempenho da mesma.

### 3.5.7 Procedimentos de Investigação de Incidentes / Acidentes.

O Procedimento de Investigação de incidentes /acidentes é uma parte importantíssima do Programa de Gerenciamento de risco. O objetivo é estabelecer requisito e identificar todos os elementos que contribuiu para a ocorrência deste

incidente / acidente, a fim de buscar mecanismos e ações que façam com que não ocorra novamente.

A investigação contempla a natureza do incidente / acidente, as causas e os fatores que contribuíram para a sua ocorrência e as ações corretivas a serem implementadas para a prevenção de ocorrências de novos incidentes / acidentes ou similares

### 3.5.8 Auditorias

Este item tem por objetivo estabelecer critérios para avaliar periodicamente se os procedimentos estão sendo cumpridos. Quanto ao desempenho efetivo dos itens contidos no PGR, garantindo assim a eficiência da implantação, o nível de comprometimento e a responsabilidade.

Além das auditorias que verificam se a operação está sendo executada conforme foi descrito e que é realizada por pessoas devidamente treinadas.

Como o foco do trabalho é o Manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis, devemos avaliar periodicamente os itens de instalações:

- ✚ Auditorias das NRs;
- ✚ Auditorias das instalações elétricas;
- ✚ Auditorias do sistema de alarme;
- ✚ Auditorias dos equipamentos intrinsecamente seguros, para avaliar se a continuidade da eficácia dos mesmos;
- ✚ Auditoria do sistema de aterramento, como a malha e os pontos de aterramento, incluindo as garras. Para avaliar se não há rompimento dos pontos e se o mesmo está adequado;

As auditorias são importantes para detectar as Não conformidades do sistema. O importante é realizarmos o acompanhamento das ações necessárias para sanar com as não conformidades detectadas. Não somente detectar, mas também devemos verificar se a ação proposta foi realizada e se foi eficaz ou não gerou novos riscos.

### 3.5.9 Plano de Emergência

Para todas as hipóteses de acidentes apontadas, devemos elaborar um Plano de ação para a emergência. O PAE (Plano de Atendimento a Emergência) contempla procedimentos específicos, baseados nos possíveis cenários acidentais, razão pela qual, as ações de respostas são compatíveis com os possíveis danos e impactos esperados, para as diferentes situações emergenciais.

O PAE deve ser permanentemente, revisados e integrados com as demais entidades participantes do plano.

Nas revisões do Plano são considerados os resultados e recomendações do processo de revisão dos riscos, em especial no tocante aos cenários acidentais, bem como eventuais sugestões oriundas das auditorias periódicas e da avaliação de exercícios simulados de resposta a emergências.

### 3.6 Análises das Instalações, Operações e Região

Para realizarmos o estudo de análise de riscos é necessário o conhecemos a região, as instalações e as operações nas áreas onde há armazenamento, manuseio ou produção de substâncias químicas classificadas como perigosas.

Quando falamos de manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis, o conhecimento da área torna-se essencial para a segurança da operação. Deve-se avaliar todos os pontos das instalações, área operacional e a região.

#### 3.6.1 Análise das Instalações:

Para iniciarmos a análise das instalações, é importantíssimo verificar se a área está classificada adequadamente para a atividade a ser executada. Isto deve ocorrer antes de iniciar a atividade com manuseio de líquidos inflamáveis.

O desenvolvimento de um trabalho de classificação de áreas de uma unidade industrial começa com a análise de “probabilidade” da existência ou aparição de atmosferas explosivas nos diferentes locais da unidade, onde será utilizada para o manuseio de líquidos inflamáveis. As áreas serão posteriormente definidas como Zonas 0, 1 ou 2, conforme a definição do IEC (International Electrotechnical Commission Standards).

Em geral, parte dos equipamentos do processo, tais como tampas, tomadas de amostras, bocas de visita, drenos, vents, respiros, flanges, etc. são considerados “fontes de risco” pela possibilidade de vazamento de produtos para os ambientes onde estão instalados. Estas fontes de risco são classificadas em “graus”, dependendo da duração e freqüência das atmosferas explosivas geradas por elas.

- ✿ São conhecidas como de grau contínuo aquelas fontes que geram risco de forma contínua ou durante longos períodos.
- ✿ São conhecidas como de grau primário aquelas fontes que geram risco de forma periódica ou ocasional durante condições normais de operação e
- ✿ São conhecidas como de grau secundário aquelas que geram risco somente em condições anormais de operação e quando isto acontece é por curtos períodos.

Deve-se entender como condições “normais de operação” aquelas encontradas nos equipamentos operando dentro dos seus parâmetros de projeto. Como por exemplo, fontes de risco de grau contínuo como o interno de um tanque de armazenamento de inflamáveis / combustíveis do tipo atmosférico, onde teremos permanentemente a presença da mistura explosiva enquanto houver produto e/ou vapores no tanque.

Já no mesmo tanque, uma fonte de risco de grau primário será o respiro do mesmo, por termos a saída de vapores do produto toda vez que o nível do tanque aumentar.

Na mesma situação anterior do tanque de armazenamento de inflamáveis / combustíveis poderemos ter fontes de risco de grau secundário, representadas, por exemplo, pelos flanges (que por envelhecimento da junta ou desaperto de parafusos podem vazar) ou também por perda do controle de nível (que provocará o derramamento de líquido na bacia). Estas duas situações representam condições anormais, não sendo, portanto, freqüentes nem de longa duração.

Segue abaixo a definição do Zoneamento (Gases e vapores), conforme IEC 60079-10 das áreas consideradas classificadas (Figura 6):

- ✿ Zona 0 – Local onde a ocorrência de mistura inflamável / combustível /explosiva por gases ou vapores é continua ou existe por longos períodos.

- Zona 1 - Local onde a atmosfera explosiva está presente em forma ocasional e em condições normais de operação, sendo normalmente geradas por fontes de risco de grau primário.
- Zona 2 - Local onde a atmosfera explosiva está presente somente em condições anormais de operação e persiste somente por curtos períodos de tempo, sendo geradas normalmente por fontes de risco de grau secundário.

### 3.6.2 Análise das Operações:

Como o foco do nosso trabalho é o manuseio de líquidos inflamáveis / combustíveis e formação de eletricidade estática é fundamental que façamos uma análise crítica dos procedimentos adotados na área operacional.

Conforme informado no item 2.1, a eletricidade estática está presente em todos os locais que há a movimentação de líquidos e a condutividade do mesmo. A geração de eletricidade estática continua, onde quer que pessoas, máquinas, líquidos ou sólidos estejam em movimento. A maioria das vezes, esta carga é transferida para a Terra, tão rápido quanto é formada e ninguém a percebe. A única vez que a eletricidade estática é detectada é quando se acumula ou é descarregada.

Portanto, limitar velocidade de bombas para valores compatíveis com as quantidades manipuladas, uso de bombas de baixa vazão e menor potencial para gerar eletricidade estática e, por consequência, fonte de ignição.

Como não temos como eliminar a eletricidade estática formada, a principal ação a ser efetuada é prevenir. A melhor forma é realizando as ações propostas acima, que nos permite diminuir a formação de novas eletricidades estáticas e a melhor forma de eliminar a estática já formada, é através do aterramento de todos os equipamentos (bombas, mangueiras, acessórios, tanques, carro tanques, etc) utilizado na transferência de produto.

Não podemos esquecer que a formação de Eletricidade estática é rápida e nas atitudes mais comum, como andar no carpete, pentear o cabelo, entre outras atividades. Desta forma, não podemos esquecer-nos da vestimenta dos operadores, os mesmos devem usar roupas anti estática, EPI anti estático (principalmente as

luvas) e as botas, para que a movimentação do operador não proporcione a formação de estática.

Foi verificado que existem alguns produtos que contribuem na velocidade de eliminação da estática formada, durante o seu transporte. Esses produtos são conhecidos como produtos condutivos.

São definidos como:

- ◆ Alta condutividade: > 1.000 pS/m;
- ◆ Média condutividade: entre 50 pS/m e 1000 pS/m;
- ◆ Baixa condutividade: < 50 pS/m

Devemos redobrar os cuidados quando falamos dos líquidos inflamáveis / combustíveis de baixa condutividade, que podemos citar como exemplo, o tolueno, xileno, hidrocarbonetos aromáticos, gasolina, entre outros. Para estes casos, a formação de estática é muito mais rápida que a eliminação, fazendo com que o risco aumente consideravelmente.

Nos casos de alta e média condutividade, devemos controlar a formação de nova eletricidade estática gerada. À seguir as propriedades físicas de alguns solventes:

Substância	Ponto de fulgor - Flash Point (vaso fechado)	Baixo Limite Explosividade, % v/v	Alto Limite de Explosividade, % v/v	Temperatura de auto ignição (°C)
n-hexano	- 22	1,2	7,5	233
Acetona	- 18	2,6	12,8	485
Metil etil cetona	- 7	1,8	11,5	505
Acetato de etil	- 4	2,2	11,4	460
Tolueno	4	1,3	7	535
Metanol	10	7,3	36	455
Isopropanol	12	2	12	425
Etanol	13	3,3	19	365
m-Xileno	25	1,1	7	525
n-Butanol	35	1,4	11,2	340

### 3.6.3 Análise da região

Não podemos deixar de avaliar a região, quando efetuamos uma análise de risco. Na análise da região são levantados os dados meteorológicos locais para realizar as modelagens matemáticas, e de cálculo dos riscos, onde é analisada a vulnerabilidade da população local em função dos resultados obtidos na etapa de estimativa das consequências.

Os dados meteorológicos locais devem ter como referência os últimos 3 anos e deve contemplar informações sobre a umidade relativa, temperatura do ar, velocidade dos ventos e direção predominante dos ventos, de preferência por período do dia.

Como o foco do nosso trabalho é a eletricidade estática no manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis, um dos principais pontos que devemos avaliar nos dados meteorológicos é a umidade relativa, pois em locais de umidade baixa é mais propícia a formação de estática.

Nesta etapa foram identificadas as instalações, operações e região necessárias para que possamos ter conhecimento das necessidades em termos uma operação segura. Além dos sistemas de segurança presentes na instalação voltados à mitigação e prevenção de acidentes envolvendo as instalações. Baseada na característica das instalações, Operações e Região é elaborado um plano de emergência para atender adequadamente os pontos apresentados.

### 3.7 Identificações dos Perigos

As técnicas de identificação dos perigos / riscos são ferramentas voltadas à identificação dos possíveis eventos indesejáveis que podem levar a ocorrência de um sinistro, provenientes de condições inseguras da instalação, atos inseguros, ausência de procedimentos ou falta de especialização, podendo acarretar consequências significativas aos colaboradores, ao meio ambiente, à instalação e à população presente no entorno da instalação (vizinhança).

Conforme descrito no item 2.4, temos algumas técnicas para a identificação do Perigo / risco, porém foi verificado que neste caso, para a Identificação dos perigos / riscos, utilizaremos a técnica da APR (Análise Preliminar de Risco). O motivo da escolha é que as maiorias das empresas que manuseiam líquidos inflamáveis / combustíveis já estão em operação. Desta forma, a APR será mais eficaz.

Através da aplicação desta técnica são identificadas as situações capazes de gerar acidentes nas instalações, sob a forma de condições ou atos inseguros, falta de procedimento ou recursos humanos necessários (pessoas / treinamentos).

A APR deve ser elaborada pelo responsável da área e acompanhada pelo Engenheiro / Técnico de Segurança. Para cada atividade deverá ser elaborada uma APR e de acordo com cada tarefa executada. Deve - se avaliar quais são os Perigos e os riscos da mesma. Para cada perigo identificado, deve ser avaliada a Probabilidade e a gravidade da ocorrer o fato anormal. Após a avaliação da probabilidade e gravidade, detecta-se o Risco dessa tarefa.

O risco foi calculado sendo a probabilidade x a gravidade, conforme o quadro abaixo. Os riscos podem ser classificados como: baixo, médio e alto. Sendo que:

- Gravidade: são as consequências às pessoas, equipamentos ou instalações ocasionadas caso o evento aconteça;
- Probabilidade: é o período pré - determinado em que um evento poderá ocorrer;

PROBABILIDADE	0,1	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	MÉDIO	ALTO
	0,25	BAIXO	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO
	0,5	BAIXO	MÉDIO	ALTO	ALTO	ALTO
	1	MÉDIO	ALTO	ALTO	ALTO	ALTO
		1	2	3	4	5
		GRAVIDADE				

O risco é classificado como a combinação da probabilidade, ou seja, a freqüência que um evento ocorre em relação à magnitude.

- Quanto maior a probabilidade e maior a gravidade, maior será o risco do evento ocorrer
- Quanto menor for à probabilidade e maior a gravidade, maior será o período do risco do evento ocorrer, porém, caso o acidente ocorra, será de grandes danos às pessoas, equipamentos ou instalações.
- Quanto maior for à probabilidade e menor a gravidade, menor será o período do risco do evento ocorrer, caso o acidente ocorra, será com baixos danos, porém a probabilidade pode ser um indicador de um dano maior por vir.

As prioridades das medidas de mitigação devem ser definidas em função da classificação dos riscos de cada tarefa.

Nesta etapa selecionamos o método da Análise Preliminar de Riscos (APR). Esse método tem uma boa aplicabilidade, sendo eficaz para os casos onde as instalações já estão em operação, pois é de fácil compreensão e preenchimento. Quando

estamos tratando de um novo projeto, a APR também pode ser utilizada na análise do risco de acordo com o novo projetos.

Para aplicação da técnica de Análise Preliminar de Risco na instalação foi elaborada uma planilha padrão, onde se avaliada as tarefas, o risco, o perigo e as formas de mitigação tanto para as atividades rotineiras como para as situações anormais. A APR está disponível no anexo I.

### 3.8 Estimativa das Conseqüências

Baseada em equações matemáticas é possível determinar a amplitude dos danos provenientes de um evento não desejável. Desta forma, a etapa de estimativa das conseqüências é uma ferramenta importante para a elaboração de um plano de emergência. Podemos utilizar a ferramenta, simulando vários tipos de eventos não desejáveis e em pontos diferenciados e desta forma, sabemos quais são os pontos afetados.

Normalmente é utilizado um software específico para a realização das modelagens de conseqüências:

A etapa de estimativa das conseqüências envolve um estudo de diversos eventos não desejáveis em diferentes pontos e condições operacionais. Utilizando os softwares específicos, possuem vários modelos teóricos corrigidos por curvas de aderência, obtidas através de ocorrências reais de acidentes ou levantadas através de simulados.

Para que possamos ter uma estimativa das conseqüências que seja uma ferramenta eficaz, devemos definir uma série de parâmetros, com o local do sinistro, a substância e quantidade envolvida, a volatilidade do produto, a direção do vento, temperatura, umidade, pressão de trabalho, local (tubulação, reator, tanque, válvula, entre outros), tipo de sinistro (fogo, vazamento de produto, explosão, entre outros).

Além dos parâmetros citados acima, não podemos esquecer-nos de utilizar os dados meteorológicos.

Utilizando essa ferramenta obtemos a amplitude das conseqüências de cada evento não desejáveis provenientes das condições estudadas em cada condição de perigo ou hipótese accidental.

As condições de perigos ou hipóteses accidentais envolvendo um único produto podem ter diferentes consequências dependendo dos parâmetros inerentes da operação adotados. Além dos parâmetros operacionais estudados é necessário definir níveis de fatalidades.

Nesta etapa foram estimadas as amplitudes geradas na hipótese de um evento não desejável. Para isto foram utilizados modelos matemáticos computacionais presentes no software. Process Hazards Analysis System Tool (PHAST) Versão 6.1, da empresa DNV Techinica.

Para a realização desta etapa foram utilizados os parâmetros relativos às condições operacionais da instalação, de acordo com as hipóteses de evento não desejável identificado na Análise Preliminar de Risco.

### 3.9 – Estimativa das Freqüências de Ocorrência.

Definimos a estimativa da Freqüência de ocorrência tem com base as informações levantadas nas etapas de identificação dos perigos e análises das instalações, operações e região, itens que foram detectados na APR. Para a definição do Risco, é necessário ter a definição de Probabilidade.

A Probabilidade: é a estimativa de ocorrer o impacto, com informações constantes em registros de investigação de incidentes / acidentes em função da periodicidade:

- ★ Evento que ocorreu nos últimos 03 anos:  $P= 1$ ;
- ★ Evento que ocorreu nos últimos 05 anos:  $P= 0,50$ ;
- ★ Evento que ocorreu nos últimos 10 anos:  $P= 0,25$ ;
- ★ Evento que não ocorreu na unidade mas já aconteceu em outras:  $P= 0,10$ ;

Para que possamos ter uma estimativa das freqüências de ocorrência adequada, é necessário que buscamos dados que representam a situação real da instalação.

A estimativa da freqüência de ocorrência foi realizada após um levantamento do histórico de freqüências e probabilidades de ocorrer para os eventos estudados

como possíveis causas das hipóteses de acidentes e falhas dos sistemas de segurança presente na instalação, identificados na Análise Preliminar de Riscos.

Para a criação da tabela de probabilidade, devemos sempre avaliar os acidentes e incidentes já relatados, para que possamos ter uma situação o mais próxima da realidade. A freqüência de Ocorrência é utilizada principalmente para que possamos avaliar o nível do risco. De acordo com a probabilidade X gravidade da ocorrência. Desta forma, realizamos melhor o acompanhamento das ações pendentes e das mitigações já realizadas.

### 3.10 – Estimativa da Avaliação dos Riscos

Nesta etapa conforme os resultados obtidos são propostas as medidas para redução e controle dos mesmos. Em uma instalação, podemos detectar diversos tipos de riscos, de acordo com o objetivo de análise.

Dentre os diferentes tipos de riscos que podem ser estimados o risco individual e o risco social. O risco social é empregado para a análise voltada à comunidade. O risco individual pode ser entendido como sendo “a freqüência esperada que um indivíduo venha a sofrer um determinado nível de dano, decorrente da realização de atividades perigosas específicas”. (Jones, 1994).

O Ministério do Trabalho e Emprego não aborda a aplicação de análise de riscos para realização de avaliações ocupacionais em ambientes com líquidos inflamáveis / combustíveis, não tendo nenhum critério de avaliação definido para esta análise. A NR-16 preconiza a elaboração de análises de risco, porém com foco na exposição do trabalhador aos riscos associados à instalações elétricas, mas de qualquer forma não existem critérios de avaliação definidos para este tipo de análise.

Como ênfase do nosso trabalho é a Influência da eletricidade estática no manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis, vale à pena ressaltar que os princípios básicos do controle estático: às vezes, descarga eletrostática no controle do ambiente parece ser um desafio formidável. No entanto, a tarefa de projetar e implementar programas de controle ESD (Electrostatic discharge) se torna menos complexo se concentrar princípios básicos do controle. Ao fazer isso, também precisamos ter em mente o corolário do direito ESD Murphys, “Não importa o que

nós fazemos, mas a eletricidade estática sempre encontrará uma forma de descarga."

Desta forma, quando efetuamos uma avaliação dos riscos onde há o envolvimento de operações com líquidos inflamáveis / combustíveis devemos ter em mente, sempre as formações da eletricidade estática na operação, desta forma necessitaram:

- ✚ Equipamentos e peças com formas adequadas para ser tão imune como razoável;
- ✚ Eliminação e redução da geração;
- ✚ Dissipação e neutralização;
- ✚ Proteger o produto: uma forma é fornecer as peças e conjuntos forma para efetuar o aterramento ou desvio que vai "dissipar" qualquer descarga formada.

Apesar de que cada empresa ser única quando falamos de necessidade de controle de ESD, porém existem elementos críticos, para o sucesso no desenvolvimento e implementação de um programa de controle eficaz ESD, segue abaixo:

- ✚ Estabelecer um coordenador e equipes ESD: uma comissão ou equipe ESD ajuda a garantir uma variedade de pontos de vista, a disponibilidade do conhecimento necessário e empenho para o sucesso. Um comitê ativo de ajuda a ESD unifica os esforços e traz conhecimentos adicionais para o projeto. A comissão ou participação da equipe deve incluir representantes de áreas como engenharia, fabricação, apresentado de serviço, treinamento e qualidade.
- ✚ Identificar suas perdas: antes de procurar soluções para seus problemas, você terá que determinar a extensão de suas perdas para ESD. Estas perdas podem ser refletidas ao receber os relatórios, em rendimentos de plantas, relatórios de análise de falhas, e outros dados que você pode ter ou que necessitam de obter.

- ◆ Avaliar suas instalações, processos e necessidades: seu próximo passo é conseguir uma boa compreensão do seu ambiente e seu impacto na ESD. Verificando a sua perda de sensibilidade e de dados, você pode avaliar suas instalações, à procura de áreas e procedimentos que podem estar contribuindo para seus problemas ESD definido. Esteja atento a situações como a geração de materiais estáticos e pessoas que lidam com processos de ESD. Tudo deve ser documentado.
- ◆ Construir um programa de controle ESD: uma vez que você compreender o seu ambiente e do impacto que a ESD tem sobre seus produtos e serviços, você então deve construir o seu programa de controle ESD.
- ◆ Obter o apoio da Alta Direção da empresa.
- ◆ Estabelecer e implementar procedimentos e especificações;
- ◆ Treinamento de todos os envolvidos;
- ◆ Revisões periódicas, auditoria, análise, relatório de feedback, melhorias.

A estimativa e avaliação dos riscos foram realizadas a partir dos resultados obtidos nas etapas de estimativa, das consequências e das freqüências de ocorrência.

As áreas de riscos da instalação forma determinadas em função da avaliação dos resultados obtidos com valores propostos para tolerabilidade dos riscos de operação em ambientes ocupacionais.

### 3.11– Resultados da Análise de Riscos.

Como o foco do nosso trabalho é a influência da eletricidade estática no manuseio de líquidos inflamáveis / combustíveis, quando realizamos a Análise de risco, detectamos que há muitas razões de segurança quando estiver trabalhando com solventes inflamáveis / combustíveis. Alguns princípios gerais e considerações ajudam a minimizar as preocupações de inflamabilidade. Em alguns casos, pode não ser aplicável a todos, devido às condições locais, requisitos aplicação, ou outras circunstâncias. Eles, no entanto, fornecer uma visão geral de algumas

considerações básicas, e fornecer um ponto de partida para os usuários de solventes para desenvolver suas próprias práticas e manipulação segura de planos.

- ➔ Compreender o solvente: isso significa que devemos conhecer as propriedades físicas e químicas do solvente a ser utilizado. Isso é de extrema importância. Na FISPB do produto deve ser consultado para obter informações básicas sobre as propriedades de um determinado solvente, como a volatilidade, pressão de vapor, ponto de ebulição, ponto de fulgor, princípios básicos de primeiros socorros e outras informações associadas. Os fabricantes ou fornecedores podem também ser consultados para informações adicionais. Principalmente conhecer a condutividade do mesmo.
- ➔ Identificar fontes de ignição potenciais: identificar fontes potenciais e incorporando nos processos industriais “Práticas operacionais”, se for caso, ajuda a evitar que entrem em contato, fontes de ignição e vapores de solventes. Muitos vapores de solvente são mais pesados do que o ar e medidas devem ser tomadas ações para evitar a migração do vapor até a uma fonte de ignição. Exemplos: Não fumar, definir e aplicar limites de distância adequada entre a fonte de ignição e a área de uso de solventes inflamáveis / combustíveis, entre outros cuidados. Neste item, a Classificação de área é um suporte fundamental para esta etapa.
- ➔ Compreender as condições de auto-ignição: a temperatura de auto-ignição (AIT) é a temperatura em que, na presença de oxigênio suficiente, um material se auto incendeia, sem a necessidade de um fator externo. É documentado que os valores de AITs não são absolutos, mas variam de acordo com condições como a pressão, o movimento da mistura vapor-ar em relação à superfície quente dentro do volume do recipiente, e teor de oxigênio.
- ➔ Controle de eletricidade estática: o armazenamento adequado e procedimento de manuseio devem ser estabelecidos para: aterramento dos equipamentos temporário e / ou permanente; controle de tanques e navios para reduzir a probabilidade de uma descarga estática.

Aterramento e situações típicas de ligação para muitas aplicações de rotina podem ser encontrada na NFPA 77.

- Maximizar a ventilação de forma adequada à aplicação: boa ventilação é uma importante ferramenta para gerenciar o uso de solventes. A ventilação ajuda a dispersar os vapores de solventes e manter um suprimento de ar fresco na área de utilização. Embora o grau de ventilação desejável varia dependendo da circunstância, métodos para promover a ventilação inclui trabalhar em um ambiente aberto. Algumas considerações fundamentais em matéria de ventilação são o tamanho da área em que os solventes serão utilizados, a circulação de ar dentro dessa área, a quantidade de solvente utilizado, a taxa de utilização de solventes e a taxa de evaporação do solvente.
- Manter a temperatura de trabalho adequado: Trabalhando a uma temperatura ambiente pode diminuir a volatilização de solventes, diminuindo a taxa na qual os vapores de solvente entram na atmosfera. Trabalhando com solventes quando a temperatura do ar é mais frio pode ser uma ferramenta útil para a gestão de inflamabilidade do solvente.
- Treinamento dos funcionários. educação apropriada, informações, instruções e formação deve ser fornecida às pessoas que manuseiam solventes.
- Relatório de vazamentos e derramamentos de acordo com os regulamentos federais e estaduais: incidentes como vazamentos ou derramamentos de solventes devem ser comunicados em conformidade com as políticas da empresa, instruções MSDS / FISPQ e quaisquer requisitos regulamentar aplicável. Adequada a limpeza e eliminação de resíduos devem ser fornecidos.
- Considerar o fornecimento de soluções de contenção secundária: soluções em contenção secundária, tais como tambores de tamanho maiores pode ser uma ferramenta útil.
- Desenvolver procedimentos de carregamento e descarregamento adequados: carga e descarga de veículos e contentores tais como

tambores, podem apresentar questões de tratamento especial. Considere se medidas adicionais podem ser necessárias para reduzir a probabilidade de acúmulo de carga estática ou derrames.

- ➔ Desenvolvimento de um plano de emergência: um plano de emergência deve ser desenvolvido para as instalações onde os solventes são utilizados. Pode ser útil para projetar um curto, fácil de compreender o plano que está facilmente disponível para o pessoal.
- ➔ Considerar como soluções de armazenamento de inertização: Se for o caso, considere a utilização de práticas de armazenamento com gás inerte, como nitrogênio, forma para ajudar a remover o oxigênio do sistema.
- ➔ Desenvolvimento de procedimentos operacionais padrão. Alguns exemplos de procedimentos operacionais padrão devem incluir manipulação de solventes, minimizando vazamentos e de dissipação de carga estática.

A metodologia aplicada neste trabalho realizado a partir da aplicação das etapas de um estudo de análise de riscos em uma instalação onde há armazenamento e manipulação de substância / combustível com o objetivo de determinar áreas de riscos presentes em um ambiente ocupacional. Sendo estas:

- ➔ Classificação das Substâncias Perigosas
- ➔ Caracterização das Instalações, Operações e Região;
- ➔ Identificação dos Perigos;
- ➔ Estimativa das Freqüências de Ocorrência;
- ➔ Estimativa e Avaliação dos Riscos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES - ESTUDO DE CASOS

### 4.1 Caracterizações das Instalações, Operações e Região

Voltado para o foco do nosso trabalho, iremos utilizar como base uma empresa fictícia de distribuição de produtos químicos de nome XX.

#### 4.1.1 Instalações e Operações:

A empresa XX é uma distribuidora de produtos químicos. A mesma trabalha basicamente com líquidos inflamáveis / combustíveis. Recebe o produto à granel, armazena em tanques para posterior envase em embalagens: como contentores de 1000 litros e tambores de 200 litros ou em carro tanque ( 3M<sup>3</sup>; 5M<sup>3</sup> e 15 m<sup>3</sup>).

O solvente fica armazenado em tanque de aço carbono ou inox, em uma bacia de contenção para líquidos inflamáveis / combustíveis.

Para a operação de envase de líquidos inflamáveis / combustíveis são realizadas em áreas específicas.

Na execução da atividade de armazenamento, envase e distribuição de líquidos inflamáveis / combustíveis, segue a relação dos produtos químicos perigos que a empresa manipulada:

Produtos	
Acetato de Amila	Metanol
Acetato de Etila	Metil Etil Cetona
Acetona	Metil Isobutil Cetona
Aguaraz	Solvente AB9
Álcool Etílico	Solvente para Borracha
Hexano	Tolueno
Isopropanol	Xileno

Para todos os produtos relacionados, foram estudados e disponibilizados as principais características de periculosidade, tendo como foco inflamabilidade, toxicidade e quantidade armazenada.

Os itens selecionados foram:

- ◆ Características Gerais e Propriedades Físico-químicas (Densidade, Temperatura de ebulição, Temperatura de fusão, Viscosidade, Pressão de Vapor e Solubilidade);
- ◆ Propriedades Toxicológicas (TLV – TWA);
- ◆ Riscos ao fogo – Inflamabilidade (Ponto de fulgor, Limite de Inferior de inflamabilidade – LII e Limite superior de inflamabilidade - LSI);
- ◆ Reatividade;

#### 4.1.2 Região

A empresa está localizada em uma região caracterizada como Zona Industrial. Desta forma, possui um baixo índice de população. A movimentação de pedestre / veículos transitando pela calçada / rua é bastante baixa. A maior concentração populacional é encontrada nas empresas vizinhas.

Foi realizado um levantamento de números de pessoas nas empresas vizinhas, ficando em torno de aproximadamente 500 pessoas, durante a semana (segunda à sexta feira).

Os dados meteorológicos da região, obtido juntamente com a Infraero, referem-se à Estação Meteorológica do aeroporto Internacional Guarulhos, do período de 2001 à 2003, conforme demonstram as tabelas a seguir:

Tabela 1: Dados Meteorológicos Médios

---

Parâmetro	Valor
Temperatura Média do Ar – Período Diurno	21,69°C
Temperatura Média do Ar – Período Noturno	18,23°C
Umidade relativa do Ar – Período Diurno	76,68%
Umidade relativa do Ar – Período Noturno	91,21%
Velocidade Média do Vento – Período Diurno	2,86 m/s
Velocidade Média do Vento – Período Noturno	2,0 m/s

Fonte: (Aeroporto de Guarulhos –Cumbica, 2001) – Adaptado

Tabela 2: Freqüência dos ventos

Direção	Freqüência (%)	
	Dia	Noite
S → N	16,3	10,5
SW → NE	12,2	7,4
W → E	11,4	13,6
NW → SE	9,8	12,8
N → S	13,3	20,6
NE → SW	14,9	20,3
E → W	14,7	9,5
SE → NW	7,8	0,5

Fonte: (Aeroporto de Guarulhos –Cumbica, 2001) - Adaptado

#### 4.2 Identificações dos Perigos

A empresa XX utilizou a identificação do perigo, através da APR (Análise Preliminar de Risco). Foram levantadas as situações capazes de originar um acidente nas instalações. E avaliada qualitativamente estabelecendo a freqüência e a gravidade da mesma. Conforme informado anterior, a definição de Risco = Probabilidade X gravidade. Em seguida, foram identificadas as categorias para a Gravidade com relação às causas básicas para cada perigo identificado e os seus respectivos efeitos indesejáveis, os quais dependem da evolução do acidente após a ocorrência.

<b>Categoria</b>	<b>Denominação</b>	<b>Descrição / Característica</b>
I	Desprezível	Incidentes operacionais que podem causar indisposição ou mal estar
II	Marginal	Com potencial para causar ferimentos ao pessoal, pequenos danos ao meio ambiente ou equipamentos / instrumentos.
III	Crítica	Com potencial para causar uma ou algumas vítimas fatais ou grandes danos ao meio ambiente ou às instalações.  Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
IV	Catastrófica	Com potencial para causar várias vítimas fatais;  Danos irreparáveis (custo / tempo) às instalações.

E para a identificação do Risco, a Probabilidade que ocorra será conforme os registros de investigação de incidentes / acidentes em função da periodicidade:

- ✿ Evento que ocorreu nos últimos 03 anos:  $P= 1$ ;
- ✿ Evento que ocorreu nos últimos 05 anos:  $P= 0,50$ ;
- ✿ Evento que ocorreu nos últimos 10 anos:  $P= 0,25$ ;
- ✿ Evento que não ocorreu na unidade mas já aconteceu em outras:  $P= 0,10$ ;

Por exemplo, a hipótese accidental de um “grande vazamento de líquido / combustível devido a ruptura da linha de envase”, pode ter como consequência, a ocorrência de um incêndio na nuvem de vapor formada à partir da liberação de gases inflamáveis / combustíveis, ou ainda, uma explosão da nuvem de vapor. O conjunto formado pela hipótese accidental, suas consequências, foi denominado “cenário accidental”.

Para cada tarefa, foi efetuada a Planilha de APR, conforme descrito à seguir:

Na tarefa de manuseio de líquidos inflamáveis / combustíveis, foram identificados alguns riscos e consequentemente algumas medidas de mitigação, conforme segue abaixo:

- ✚ Aterramento do carro tanque: Incêndio / Explosão
- ✚ Inspeção dos lacres das válvulas e domo do caminhão (Queda de altura superior a 1,5m): lesão ou Morte
- ✚ Coleta de Amostra (Queda de altura superior a 1,5m): lesão ou Morte
- ✚ Conferir a quantidade informada na ordem de acordo com a capacidade do tanque (Ocorrer transbordo do tanque): Incêndio / Explosão
- ✚ Iniciar a transferência do produto (Vazamento do produto): Incêndio / Explosão
- ✚ Fechar válvula do alívio do caminhão (Queda de altura superior a 1,5m): lesão ou Morte
- ✚ Retirar o aterramento do caminhão (Quebra do equipamento): danos às instalações e ou pessoas
- ✚ Aterrkar containers e balança e aguardar luz verde (Aterramento irregular): Incêndio / Explosão
- ✚ Retirada do contentor da balança (Vazamento do produto): Incêndio / Explosão
- ✚ Aterrkar tambores balança, mangote e aguardar luz verde (Aterramento irregular): Incêndio/ Explosão

- ◆ Inspeção dos tambores (Geração de Faíscas proveniente da lâmpada de inspeção): Incêndio/ Explosão
- ◆ Iniciar envase do produto (Vazamento do produto): Incêndio/ Explosão
- ◆ Acompanhar o envase do produto (Vazamento do produto): Incêndio/ Explosão
- ◆ Colocação de lacres nos tambores (Vazamento do produto): Incêndio/ Explosão
- ◆ Retirada dos rótulos antigos dos contentores (Faísca): Incêndio / Explosão

Para que possamos evitar todos os eventos indesejáveis apontados, devemos efetuar as medidas de mitigação.

Alguns serão considerados EPC e outras EPI até que tenhamos um ambiente esteja adequadamente seguro.

Entre as medidas de mitigação utilizadas, temos:

- ◆ O estudo da classificação de área, para que possamos trabalhar na Zona 0 e 1 com os equipamentos à prova de explosão;
- ◆ Nas áreas detectadas como classificada, somente pode ter equipamento conforme a sua classificação, por exemplo, as bombas, balanças, medidores de vazão, tomadas, lâmpadas entre outros, devem possuir dispositivos seguro para á área inflamáveis.
- ◆ Não se esquecendo de trabalhar com empilhadeiras que possuem dispositivos que a torna segura, que não gerem faíscas, devido ao ambiente inflamável / combustível.
- ◆ Possuir o aterramento, com indicador visual (verde e vermelho), qualitativo, do aterramento, com inter travamento de bombas, válvulas e medidores de vazão. Caso o aterramento não esteja sendo eficaz ou se perca o mesmo, as bombas desligam automaticamente;

- ◆ Trabalhar com todo o sistema aterrado, como balança, bombas, embalagens, mangotes, válvulas, caminhão tanque entre outros equipamentos, se for necessário. Não deixar nenhum ponto sem a conexão terra;
- ◆ Trabalhar com o controle de vazão dos equipamentos, para evitar o turbilhonamento do produto e formação de nova estática. Não pode ultrapassar 5 m/s.
- ◆ Evitar o envase (tanque, caminhão tanque, embalagem), pela parte inferior ou utilizando um prolongador, para evitar o “splash” do produto na embalagem, desta forma, a formação de mais estática;
- ◆ EPI anti-estático, como roupas (calça e camisa), avental, luvas e botas. Para que a movimentação das pessoas, junto ao chão, não provoque formação de eletricidade estática;
- ◆ Piso não pintado ou com revestimento adequado, para dissipaçāo da estática formada;
- ◆ Não manusear nenhum equipamento de plástico, como tambores, filmes, pás, entre outros, pois o plástico é isolante, não permitindo que a estática formada seja dissipada. Exceto para os casos em que o plástico possua um tratamento comprovado que permite a liberação da estática;
- ◆ Possuir na área somente ferramenta anti estática, para evitar a utilização de ferramentas inadequadas para o trabalho em ambiente / combustível ;
- ◆ Nenhum tipo de manutenção pode ser efetuado, sem a Permissão do trabalho, efetuada pelo Engenheiro / Técnico de segurança e o diretor / gerente da área.

Todas essas medidas de mitigação só são eficazes se juntamente com elas, tivermos o treinamento das pessoas, o procedimento adequado para as atividades e o acompanhamento e comprometimento das chefias. Além das auditorias realizadas pela área de segurança e as manutenções adequadas.

As auditorias devem ser realizadas, pelo menos 1 vez ao ano, para checar se todos os itens apontados continuam sendo executados e se as manutenções dos equipamentos e parte elétricas estão sendo realizadas adequadamente evitando que um equipamento deixa de ser intrinsecamente seguro para a área classificada.

#### 4.2.1 Identificação de cenários.

Com a identificação dos riscos, também foi identificado alguns cenários de possíveis acidentes. Foram considerados os perigos e as causas associadas aos eventos iniciadores e respectivos cenários.

À seguir o quadro com alguns cenários não desejáveis:

Tabela3: Cenários indesejáveis

Cenário	Efeito	Operação
Grande vazamento de solvente desde o carro tanque até o tanque de armazenamento		Descarga de solvente do carro tanque para o tanque
Grande vazamento de líquidos desde um dos tanques de armazenamento até o envase	Incêndio em poça Flashfire UCVE (Unconfined Vapour Explosion)	Envase à partir de um dos tanques de armazenamento.
Grande vazamento de solvente desde o caminhão tanque até o envase.		Envase de líquidos inflamáveis / combustíveis à partir do caminhão tanque
Formação de vapor em condições explosivas em um dos tanques de armazenamento de solvente	CVE (Confined Vapour Explosion)	Armazenamento de solvente

Fonte: (RCA, 2004) - Adaptado

#### 4.3 Estimativas das Conseqüências

A avaliação das conseqüências decorrentes dos cenários acidentais (dispersão de gás ou vapor na atmosfera, jato de fogo, flashfire e explosão de nuvem de vapor e de fase de vapor) gerados por vazamento de solventes, foi realizada através da

aplicação modelos matemática. Foi utilizado o software PHAST, versão 6.1, desenvolvido pela empresa DNV-Technica.

Os cenários estudados foram considerados pelos seguintes aspectos:

- ◆ Quantidade da substância envolvida;
- ◆ Característica do cenário em estudo, como pressão, temperatura e diâmetro da linha, entre outras;
- ◆ Característica do vazamento, como área do furo e tipo de liberação (contínua ou instantânea);
- ◆ Condições meteorológicas, como velocidade do vento, temperatura ambiente e umidade relativa do ar;

À partir desse dados, realizou a estimativa das conseqüências para todos os eventos que podem ocorrer no cenário em estudo. Os principais modelos utilizados incluíram os seguintes cálculos:

- ◆ Taxa de vazamento (gás, líquido ou bifásico);
- ◆ Formação e evaporação de poça;
- ◆ Formação e dispersão de jato;
- ◆ Dispersão de vapores na atmosfera;
- ◆ Radiação térmica decorrente de incêndio de poça, jato ou flashfire;
- ◆ Explosão de nuvem de vapor na atmosfera – VCE (Vapour Cloud Explosion) e de fase vapor;

#### 4.3.1 Fenômenos Envolvidos:

O vazamento de um líquido inflamável / combustível no ambiente acarretará na formação de poça de produto que pode trocar calor com o solo e o ambiente e evaporar-se. Se a ignição ocorrer, o fenômeno resultante é conhecido como incêndio de poça.

A análise do comportamento de incêndio de poças é realizada considerando-se as dimensões da poça e a taxa de evaporação do produto, ou seja, a taxa na qual o produto deixa a poça e alimenta o incêndio.

No caso de não ocorrer a ignição imediata da poça, pode-se estudar o comportamento de uma nuvem de vapor formada a partir da evaporação da poça através da utilização de modelos de dispersão atmosférica. Esta nuvem de vapor poderá, de acordo com a massa envolvida e o seu grau de confinamento, dar origem à formação de uma massa de produto em condições inflamáveis / combustíveis, que ao encontrar uma fonte de ignição poderá resultar em dois fenômenos: **flashfire** ou **VCE** (Vapour Cloud Explosion).

- ✚ **Flashfire:** ignição retardada de uma nuvem de gás sem efeitos de sobre pressão, porém com efeitos térmicos.
- ✚ **VCE(Vapour Cloud Explosion):** ignição retardada de uma nuvem de vapor onde ocorrem efeitos significativos de sobre pressão, gerando danos às pessoas, equipamentos e edificações.

No **flashfire** ocorre a ignição da massa de gás sem uma considerável emissão de radiação térmica ao longo da distância. Portanto, a menos que haja um indivíduo dentro da área ocupada pela mistura inflamável / combustível, este evento não traz maiores consequências à população circunvizinha.

A ocorrência de uma explosão de nuvem na atmosfera está diretamente relacionada com a massa de produto existente entre os limites de inflamabilidade na nuvem de vapor e ao seu grau de confinamento. Caso haja confinamento, pelo menos em duas direções, haverá a possibilidade de ocorrer uma explosão (CVE – confined vapour explosion). Historicamente, somente uma pequena porcentagem de nuvens em áreas abertas gera explosões (Unconfined Vapour Cloud Explosion). O **flashfire** é o evento mais freqüentemente observado.

Para todas as hipóteses estudadas, as simulações foram realizadas considerando a ruptura total da linha (100% do diâmetro), o que proporcionará resultados conservativos.

Para todas as hipóteses, a taxa de liberação dos produtos para a atmosfera foi calculada pelo PHAST. As taxas obtidas referem-se as vazões iniciais, e portanto máximas, de liberação de produto para a atmosfera em cada sistema estudado. Estas taxas foram consideradas constantes durante o tempo de vazamento. Foi necessário estimar a área da poça formada após o vazamento. Essa estimativa foi realizada considerando um grande espalhamento de produto, assumindo-o que a poça formada apresentará uma coluna de produto de 3 cm. A área foi estimada considerando a taxa de vazamento pelo tempo de 10 minutos. A pressão utilizada nas simulações foi de 1,5 kgf/cm<sup>2</sup>.

Um dado importante para a avaliação de consequências é a altura da emissão dos produtos para a atmosfera. Todas as hipóteses foram tratadas como liberações ocorridas na horizontal.

Os modelos de dispersão de nuvem densa requerem um valor de referência para o cálculo da diluição do produto. Foi utilizado o valor de referente ao limite inferior de inflamabilidade do produto em questão.

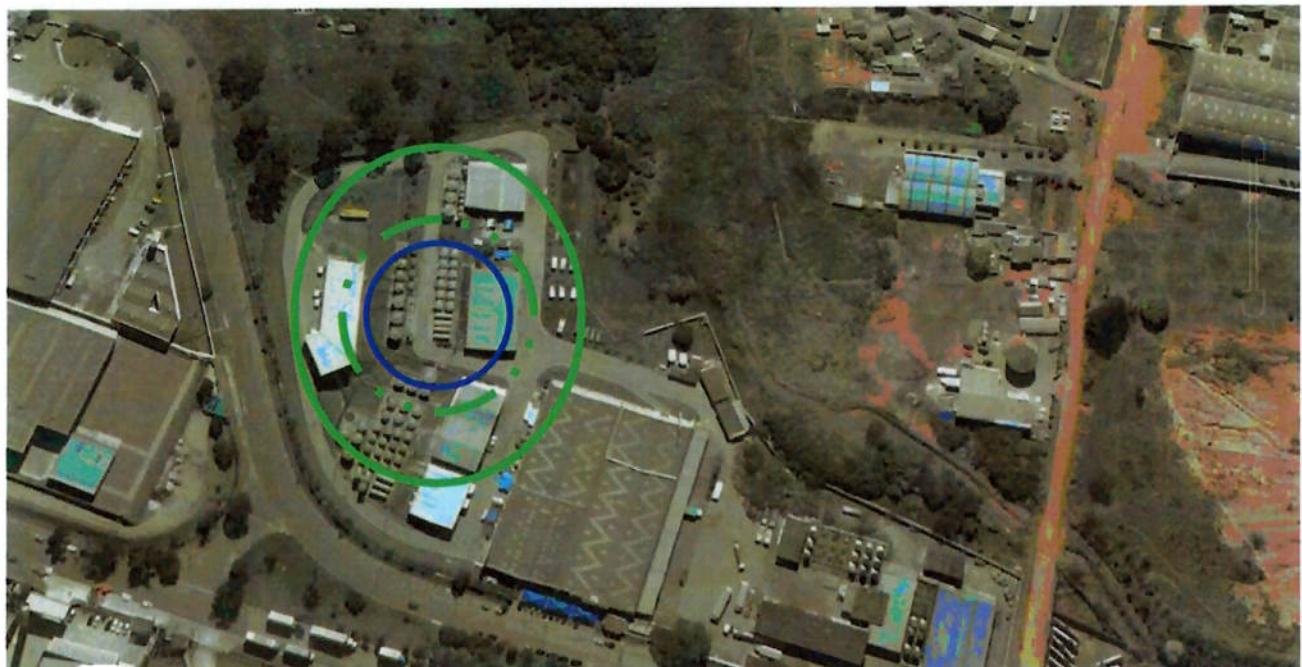


Figura 4: Área identificada conforme o Cenário atingido

Fonte: (Google Maps, 2010) – Adaptado

Tabela 4: Cenários de Vulnerabilidade das hipóteses

Cenário/evento	Período	Probabilidade de Fatalidade (%)	Distância atingida (m)	Legenda
Flashfire	Dia (Pasquill B)	100%	12,3	
	Dia (Pasquill B)	1%	33,0	
UVCE	Dia (Pasquill B)	50%	21,5	

Fonte: (RCA, 2001) – Adaptado

#### 4.4 Estimativas das Freqüências de Ocorrência

A relação das hipóteses acidentais definidas na APR para serem avaliadas quantitativamente foram apresentada anteriormente. As hipóteses selecionadas estão relacionadas a rupturas catastróficas de linhas ou outros componentes.

Para este trabalho, a freqüência de ocorrência de cada hipótese acidental foi obtida através da soma das freqüências das parcelas que constituem as diversas causas associadas à hipótese em questão.

Por exemplo:

- Formação de vapor em condições explosivas no tanque de armazenamento de solvente. Foi levantado o incêndio externo como sendo a causa da explosão da fase vapor de um tanque de armazenamento, o qual tem como freqüência de ocorrência 1,0E-06 (Lees

<sup>(5)</sup>. Sendo assim, a hipótese citada, com 50% de seu volume total terá uma freqüência de ocorrência de 1,0E-06.

Considerando-se o tempo de utilização das instalações durante a realização das diversas operações foi possível calcular os fatores de utilização das instalações para as diversas hipóteses acidentais deverão ser multiplicadas por estes fatores de utilização para que estas sejam adequadas ao real tempo de utilização das instalações. O fator de utilização foi calculado para a operação, conforme apresentado abaixo:

- ↳ Operação de descarga de solvente do caminhão tanque para os tanques;

É realizada em um tempo total máximo de 3 horas por dia, levando em conta o tempo de utilização de todas as tubulações que possam realizar esta operação. Considerando-se que a operação ocorre de segunda à sábado, calculou-se o fator de utilização para estas operações:

$$F.\text{utilização: } 3/24 \times 6/7 = 0,11$$

Descarga de líquidos inflamáveis / combustíveis do caminhão tanque até o tanque e Envase à partir do tanque de armazenamento: Cada uma destas operações é realizada em um tempo total máximo de 16 horas por dia, levando em conta o tempo de utilização de todas as tubulações semelhantes que possam realizá-las. Considerando-se que as mesmas são realizadas de segunda à sexta, calculou-se o fator de utilização para estas operações:

$$F.\text{utilização: } 16/24 \times 5/7 = 0,48$$

Envase de líquidos inflamáveis / combustíveis à partir do caminhão tanque: Esta operação é realizada em um tempo máximo de 5 horas por dia. Considerando que

esta operação pode ser realizada de segunda à sexta, calculou-se o fator de utilização para esta operação:

$$F.\text{utilização: } 5/24 \times 5/7 = 0,14$$

Os fatores de utilização calculados acima devem ainda apresentar um fator de correção quanto à probabilidade de ocorrência no período diurno ou noturno. No nosso caso, a maior parte do tempo das operações citadas anteriormente ocorrem no período diurno, porém uma parte ocorre no período noturno. Assim os fatores de correção se dividem em dois, conforme abaixo:

- ◆ As operações com caminhão tanque são realizadas, exceto em raras exceções, no horário das 6:00 às 20:00 hrs, sendo assim, 12 horas no período diurno e 2 horas no período noturno. Dessa forma, os fatores de correção serão respectivamente 12/4 e 2/14, conforme utilizado na tabela 8 abaixo;
- ◆ Todas as demais operações que ocorrem na empresa são realizadas, exceto em raras exceções, no horário das 6:00 às 22:00 hrs, sendo assim, 12 horas no período diurno e 4 horas no horário noturno. Desta forma, os fatores de correção serão respectivamente 12/16 e 4/16, conforme utilizado na tabela 8 abaixo;

Para as hipóteses nas quais correspondem à explosão do vapor no tanque de armazenamento de líquidos inflamáveis / combustíveis, os fatores de utilização são considerados 1,0. Já os fatores de correção diurnos e noturnos, serão 12/24 e 12/224, uma vez que os tanques permanecem na empresa em tempo integral.

À seguir foi definido algumas Hipóteses de acidentes e sua probabilidade de ocorrer.

Tabela 5: Freqüência das Hipóteses Acidentais Corrigidas

Hipótese Acidental	Freqüência (ano <sup>-1</sup> )	Fator de utilização	Probabilidade de ocorrência		Freqüência Final (ano <sup>-1</sup> )
			Período	Fator	
Grande vazamento de solvente desde o carro tanque até o tanque de armazenamento	$2,9 \times 10^{-3}$	0,48	Diurno	12/14	$1,3 \times 10^{-3}$
			Noturno	2/14	$2,0 \times 10^{-4}$
Grande vazamento de líquidos desde um dos tanques de armazenamento até o envase	$2,8 \times 10^{-3}$	0,48	Diurno	12/16	$1,0 \times 10^{-3}$
			Noturno	4/16	$3,4 \times 10^{-4}$
Grande vazamento de solvente desde o caminhão tanque até o envase.	$5,5 \times 10^{-3}$	0,14	Diurno	12/14	$6,6 \times 10^{-4}$
			Noturno	2/14	$1,1 \times 10^{-4}$
Formação de vapor em condições explosivas em um dos tanques de armazenamento de solvente	$1,0 \times 10^{-6}$	1,0	Diurno	1/2	$5,0 \times 10^{-7}$
			Noturno	1/2	$5,0 \times 10^{-7}$

Fonte: (RCA, 2004) - Adaptado

#### 4.4.1 Freqüência dos Cenários Acidentais

O risco associado a um acidente pode ser estimado quantitativamente como sendo uma função de ocorrência e de suas respectivas consequências (efeitos físicos).

O cenário acidental pode ser configurado como uma determinada tipologia acidental gerada a partir de uma hipótese acidental e das diferentes possibilidades de evolução do acidente a partir da ocorrência dessa hipótese. Essa evolução, normalmente desenvolvida pela Técnica Análise de Árvore de Eventos (AAE), depende de várias interferências que podem existir após a ocorrência da hipótese acidental, como por exemplo, presença ou não de fontes de ignição, se tratando de um acidente com líquido / combustível.

O objetivo da AAE é apresentar de uma forma esquemática, os cenários possíveis de ocorrer em consequência de uma dada hipótese acidental, considerando as diferentes possibilidades de evolução do acidente, além de permitir a estimativa das freqüências de ocorrência dos cenários interesses. A freqüência espera de ocorrência do cenário é referida a certo intervalo de tempo, normalmente, considera-se o período de um ano, de modo que o risco é obtido em uma base anual.

Para hipóteses acidentais relacionadas à vazamentos de líquidos inflamáveis / combustíveis foi construída uma árvore de eventos, tendo sido adotados os valores das probabilidades de ignição imediata utilizados pelo Health and Safety Executive – HSE, da Inglaterra no Estudo de Análise de Riscos de Canvey Island (SRD, 1978), conforme a tabela à seguir:

Tabela 6: Probabilidades de Ignição Imediata

<b>Fontes de Ignição</b>	<b>Probabilidade</b>
Nenhum	0,1
Muito poucas	0,2
Poucas	0,5
Muitas	0,9

Fonte: (SRD, 1978)

Como a empresa avaliou os potenciais riscos de pontos de ignição, conforme demonstrado no item 4.2, foi adotado o valor de 0,5 para a probabilidade de ignição imediata, uma vez que se trata de fontes de ignição situadas nas áreas internas da empresa.

Com relação às probabilidades de ignição retardada foram adotados os valores para nuvens em movimento utilizados no Estudo de Análise de Riscos de Canvey Island (SRD, 1978), conforme o quadro à seguir, onde demonstra a probabilidade de Ignição em uma nuvem em movimento:

Tabela 7: Probabilidades de Ignição em uma Nuvem em Movimento

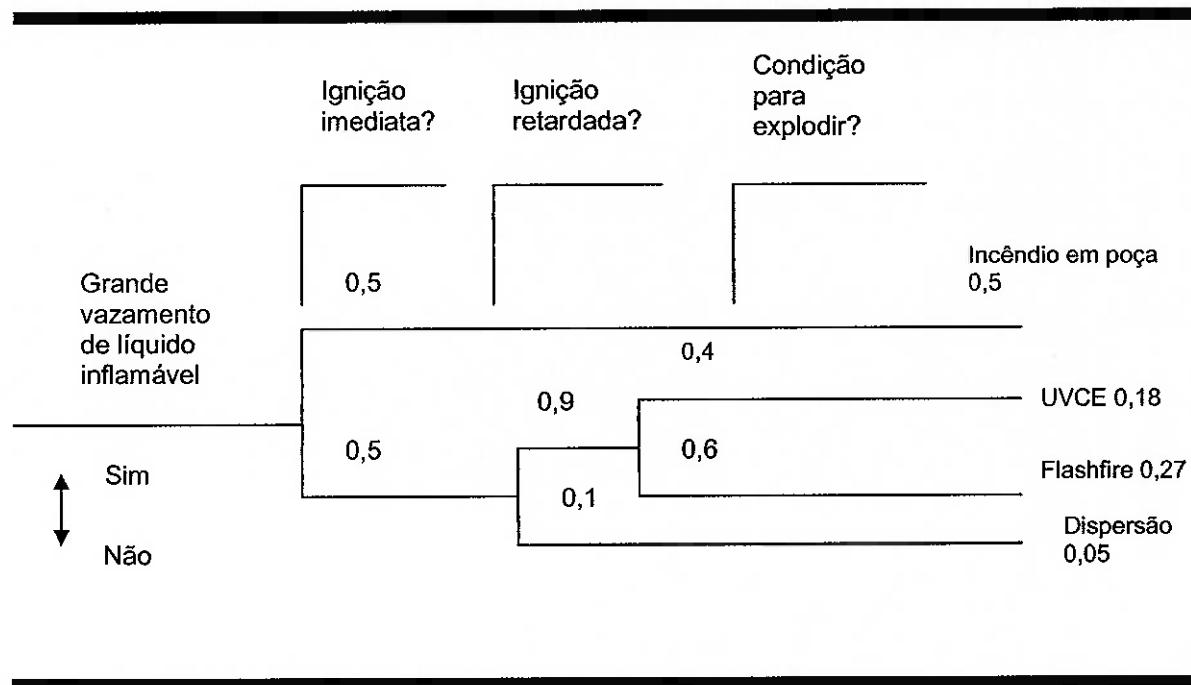
Nuvem Sobre	Probabilidade
Terreno Vazio	0,0
Área Industrial	0,9
Terminal da British Gás	0,5

Fonte: (SRD, 1978)

Como a empresa está localizada em uma área estritamente industrial, foi adotado o valor 0,9 para a probabilidade de ocorrência de uma ignição retardada.

Com base em teorias recentes que consideram como a principal condição para a ocorrência de uma explosão o grau de confinamento da nuvem de vapor e não somente a quantidade de vapor inflamável / combustível presente na nuvem, adotou-se no presente estudo o valor de 0,4 (TNO) para a probabilidade de ocorrer a explosão para uma nuvem de vapor. A figura, à seguir, apresenta a árvore de eventos em questão.

Tabela 8: Árvore de Eventos para Grandes Vazamentos de Líquido Inflamável / combustível



Desenvolvendo a árvore de eventos para cada uma das hipóteses acidentais, foi possível elaborar a tabela à seguir apresentam as freqüências de ocorrência dos cenários acidentais.

Tabela 9: Freqüências dos Cenários Acidentais

Hipótese Acidental		Cenário Acidental		
Descrição	Freqüência (Ano <sup>-1</sup> )	Efeito Físico	Probabilidade de Ignição	Freqüência (Ano <sup>-1</sup> )
Grande vazamento de solvente desde o carro tanque até o tanque de armazenamento	$1,2 \times 10^{-3}$	Incêndio em poça	0,5	$6,0 \times 10^{-4}$
		Flashfire	0,27	$3,2 \times 10^{-4}$
		UCVE	0,18	$2,2 \times 10^{-4}$
Grande vazamento de líquidos desde um dos tanques de armazenamento até o envase	$1,0 \times 10^{-3}$	Incêndio em poça	0,50	$5,0 \times 10^{-4}$
		Flashfire	0,27	$2,7 \times 10^{-4}$
		UCVE	0,18	$1,8 \times 10^{-4}$
Grande vazamento de solvente desde o caminhão tanque até o envase.	$6,6 \times 10^{-4}$	Incêndio em poça	0,50	$3,3 \times 10^{-4}$
		Flashfire	0,27	$1,8 \times 10^{-4}$
		UCVE	0,18	$1,2 \times 10^{-4}$
Formação de vapor em condições explosivas em um dos tanques de armazenamento de solvente	$5,0 \times 10^{-7}$	CVE	1,0	$5,0 \times 10^{-7}$

Fonte (RCA, 2004) - Adaptado

#### 4.5 Estimativa e Avaliação dos Riscos

Os resultados das estimativas dos riscos nas instalações estão apresentados neste capítulo. Foram calculados os riscos individuais e sociais.

A estimativa dos riscos foi realizada com o Programa CRIS – Cálculo de Risco Social e Individual, desenvolvido pelo RCA que calculou os riscos individuais no centro de cada célula numa malha de 5m X 5 m, sobreposta à região de interesse, considerando a distribuição populacional apresentada anteriormente. Os cálculos foram realizados de forma integrada (freqüência e consequência) para todos os cenários acidentais gerados a partir de cada uma das hipóteses acidentais identificadas no item 4.3 e 4.4, respectivamente.

#### 4.5.1 Risco Individual:

O risco individual representa o nível de risco para um determinado indivíduo situado na circunvizinhança de uma instalação perigosa, sujeita a eventuais acidentes, cujos efeitos físicos possam atingir esse ponto.

O risco individual imposto por uma instalação é normalmente expresso na forma de “contornos de risco” ou “curva de iso-risco”. Esses contornos ligam pontos de mesmo nível de risco individual, fornecendo uma indicação gráfica dos níveis na circunvizinhança da instalação em estudo.

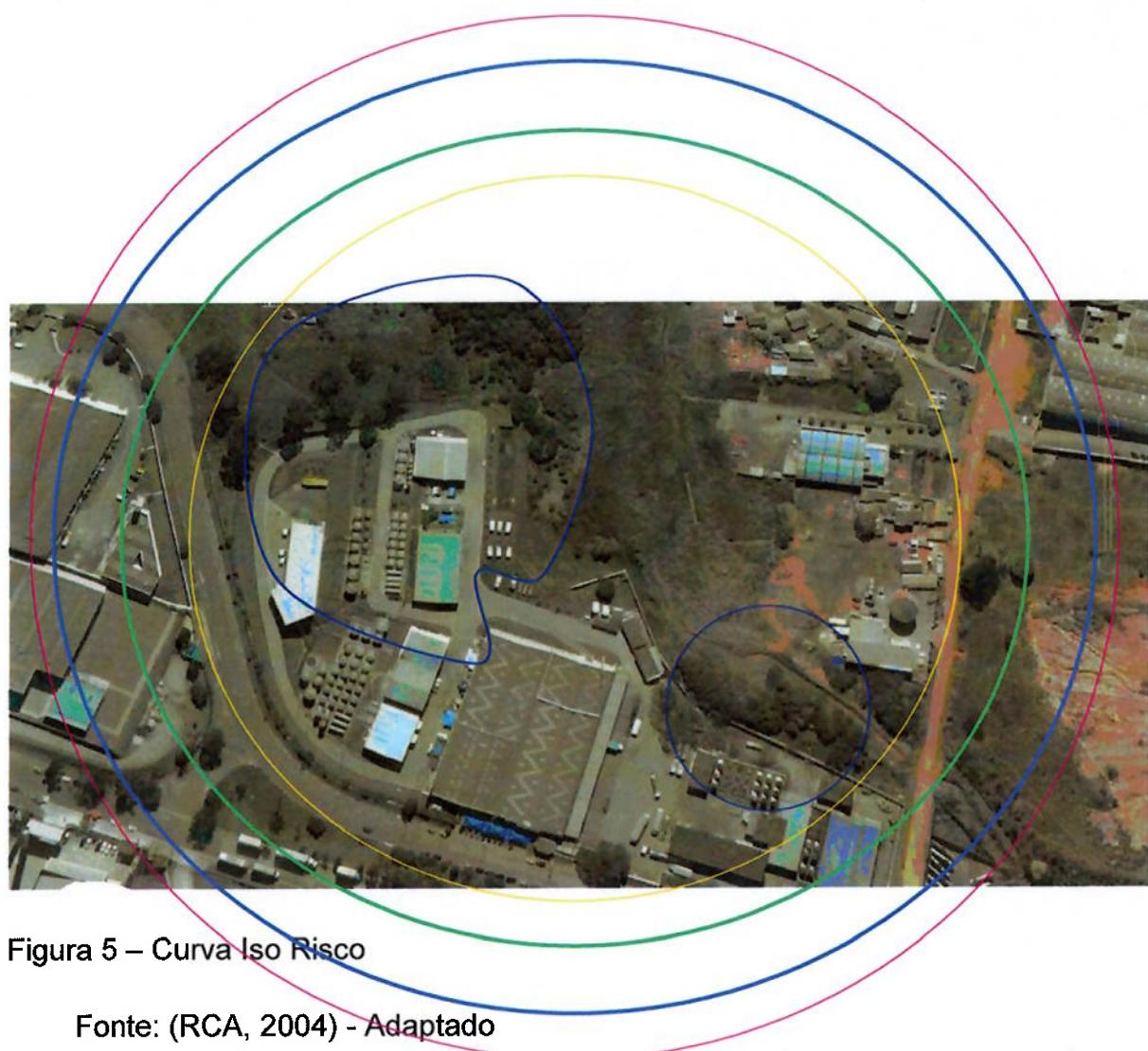
Nesse estudo o Risco Individual foi calculado pelo Programa CRIS, de acordo com a metodologia descrita à seguir:

- ✚ O programa determina a freqüência esperada de ocorrência multiplicando a freqüência do cenário acidental, calculada pela Árvore de Eventos, pela possibilidade de que o acidente ocorra numa determinada condição meteorológica;
- ✚ Obtém-se assim um conjunto de cenários acidentais, que conduze cada um, a um determinado tipo de efeito físico (radiação térmica, sobrepressão ou concentração de emissões tóxicas), para cada efeito físico são determinadas, em cada célula da malha, as probabilidades de fatalidades;
- ✚ O programa calcula a somatória das freqüências em cada célula considerando os cenários acidentais que atingem esse ponto, obtendo então o risco individual na célula considerada;

- Com esses valores de risco individual em cada célula, o programa realiza uma interpolação bidimensional para determinar os pontos onde se encontram valores de risco individual de mesmo nível, os quais unidos determinam as “curvas de iso-risco”.

#### 4.5.1.1 Resultado do Risco Individual

Os contornos de risco individual (curvas de iso-risco) obtidos neste trabalho estão apresentados Figura 5, à seguir. Essa figura indica as regiões sujeitas aos níveis de risco individual anual variando de  $10^{-3}$  a  $10^{-8}$ . A curva de  $10^{-3}$  restringe-se as fronteiras da empresa.



<b>Legenda da Curva Iso Risco</b>	
1,0 E-03	
1,0 E-04	
1,0 E-05	
1,0 E-06	
1,0 E-07	
1,0 E-08	

#### 4.5.2 Risco Social

O risco social é uma forma de expressão do risco para um agrupamento de pessoas, constituído pela comunidade exposta à consequências de eventuais acidentes, portanto, essa forma de expressão do risco diz respeito a toda população potencialmente afetada, relacionando a magnitude dos possíveis efeitos às pessoas e as freqüências esperadas dos acidentes capazes de causar esses efeitos.

O risco social é normalmente expresso na forma de “Curva F-N”, a qual fornece a freqüência esperada de acidentes, expressa em base anual, com um número de vítima igual ou maior a um determinado valor.

No presente trabalho, o “Risco Social”, apresentado na forma de Curva F-N, foi calculado da seguinte forma:

- Para cada um dos cenários acidentais foi estimado o número de pessoas presentes nas áreas afetadas pelos efeitos físicos decorrentes desses cenários, distribuindo esse número entre pessoas abrigadas ou não. Essa distribuição foi efetuada para a empresa exposta levando-se em consideração o número de funcionários apresentado e as instalações as quais são visualizados na figura 9.
- Para cada um dos efeitos físicos foi considerada uma freqüência de ocorrência, que foi calculada a partir das freqüências apresentadas na

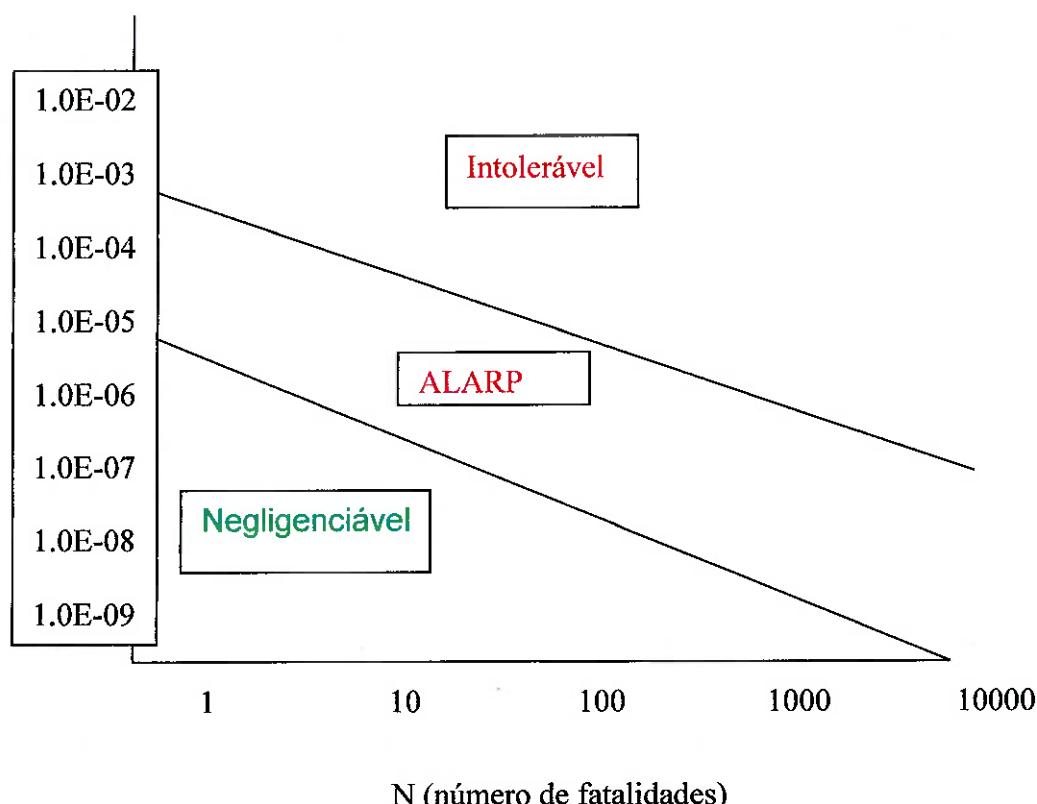
tabela 8, da probabilidade do período de ocorrência e das 8 direções de vento.

💡 A construção da Curva F-N foi feita compilando-se as freqüências acumuladas e seus respectivos números de vítimas fatais que representam os feitos físicos estudados.

#### 4.5.2.1 Resultados do Risco Social

De acordo com o mapeamento das áreas vulneráveis, os efeitos físicos referentes às hipóteses levantadas, podem atingir áreas externas as instalações.

Conforme pode ser observado no mapeamento das áreas vulneráveis, estas hipóteses atingirem as ruas, as quais apresentam baixo fluxo de veículos e de pessoas, já que a região é industrial. No entanto, para efeito do cálculo de vulnerabilidade, assumiu-se, conservativamente, que no momento do acidente estariam presentes nos trechos atingidos, no mínimo 1 veículo, com duas pessoas. Estas pessoas são consideradas abrigadas, sendo desta forma atingida pelos efeitos do UVCE. À seguir, a forma ilustrativa, da curva F-N



O quadro à seguir apresenta os pontos gerados nos cálculos para a estimativa do risco social.

N	F (Ano <sup>-1</sup> )
6	$6,26 \times 10^{-5}$
3	$1,22 \times 10^{-4}$
2	$1,96 \times 10^{-4}$
1	$8,22 \times 10^{-4}$

Na figura 5 mostra que a curva se situou na sua maior parte da região ALARP. Desta forma, o resultado do risco Social imposto pelas instalações à população existente em seu entorno é considerado aceitável quando comparado aos critérios de aceitabilidade de risco da CETESB, devendo ser gerenciado para que seja o menor possível.

## 5 CONCLUSÕES

Com este trabalho, pudemos verificar que a eletricidade estática está presente em todas as operações, e quando falamos de Manuseio com líquidos inflamáveis / combustíveis, o acúmulo de eletricidade estática torna-se muito perigoso.

Verificamos que é fundamental conhecermos o risco, mantermos as manutenções adequadas e não alterar os procedimentos, sem a prévia análise. Pois os efeitos podem ser catastróficos. Isso são ponto que se não são acompanhados, podem gerar estáticas.

A eletricidade estática pode acender o fogo e destruir instalações de distribuição de solventes. Desta forma, concluímos que o controle da Eletricidade Estática é fundamental. Para termos a formação do fogo, necessitamos do Combustível (o líquido inflamável), o Comburente (Oxigênio presente no ar), ficando faltando apenas a ignição, que nosso caso é a Eletricidade Estática.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Instrução Normativa:

ARAÚJO, G. M. **Normas Regulamentadoras Comentadas – Legislação de Segurança e Saúde no Trabalho.** 4.ed. Rio de Janeiro: 2004. 2 Volumes.

ASSOCIATION (NFPA), National Fire Protection, "Flammable and Combustive Liquids Code", (NFPA 30).

ASSOCIATION (NFPA), National Fire Protection, "National Electric Code", (NFPA 70).

ASSOCIATION (NFPA), National Fire Protection - "Recommended Practice on Static Electricity", Static electricity is discussed further in Section 2 of this Guide (NFPA 77).

ESTADOS UNIDOS. American Institute of Chemical Engineers – AIChE. **Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis.** 2.ed. Nova York: Center for Chemical Process Safety, 2000.

IEC 60079-10 Electrical Apparatus for Explosive Gas Atmospheres Part - 10: Classification of Hazardous Areas

RESOLUÇÃO Nro 420, de 12 de fevereiro de 2004 Aprova as Instruções Complementares ao Regulamento do Transporte Terrestre de Produtos Perigosos

STANDARDS (OSHA), Occupational Safety and Health Part 1910, Subpart H, "Hazardous Materials" (1910.106).

### Normas:

ABNT NBR 14.725 - Produtos químicos - Informações sobre segurança, saúde e meio ambiente.

BRASIL. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. **Norma CETESB P4.261: Manual de Orientação para Elaboração de Estudos de Análise de Riscos.** 1.ed. São Paulo: 2003.

ELECTROSTATICS – Code of practice for the avoidance of hazards due to static electricity PD CLC/TR 50404:2003

ESTADOS UNIDOS. American Petroleum Institute – API. **Recommended Practice API 750 – Management of Process Hazards.** 1.ed. Washington: Production and Refining Departments, 1990.

DISCHARGE, Basic of Electrostatic – Fby The ESD Association – Special to Compliance Engineering Magazine

HOLANDA. Netherlands Organization for Applied Scientific Research – TNO. **Guidelines for Quantitative Risk Assessment, CPR 18 E.** 1.ed. Holanda: Committee for the Prevention of Disasters, 1999.

HOLANDA. Netherlands Organization for Applied Scientific Research – TNO. **Methods for Calculation of Physical Effects, CPR 14 E.** 1.ed. Holanda: Committee for the Prevention of Disasters, 2005.

HOLANDA. Netherlands Organization for Applied Scientific Research – TNO. **Methods for Determination of Possible Damage, CPR 16 E.** 1.ed. Holanda: Committee for the Prevention of Disasters, 1992.

WORKING with Modern Hydrocarbon and Oxygenated Solvents: A Guide to Flammability – American Chemistry Council Solvents Industry Group – January 2008;

Site Online:

ABIQUIM, Associação Brasileira da Indústria Química. São Paulo. Programa de Atuação Responsável. Disponível em: <http://www.abiquim.org.br/conteúdo.asp?princ=atu&pag=prog>. e <http://www.abiquim.org.br/sassmag/geral/intro.asp>. Acesso em: 30 de janeiro de 2010

ASSOCIQUIM, Associação Brasileira de Distribuidores de Produtos Químicos e Petroquímicos. Disponível em <http://www.associquim.org.br/>. Acesso em 30 de Janeiro de 2010.

Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental – CETESB. São Paulo. Apresentação da introdução da análise de riscos no Brasil. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/apresentacao/introducao.asp> Acesso em: 30 de janeiro de 2010 e [http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/etapas\\_caracterizacao.asp](http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/etapas_caracterizacao.asp) Acesso em 06 de fevereiro de 2010.

Corpo de Bombeiro, SP. Disponível em: <http://www.bombeirosemergencia.com.br/incendio.htm>. Acesso em 19 de Maio de 2010

Manual de Análise de Riscos Industriais. Fepam. de Nº 01/01 Março de 01. [http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arg/manual\\_risco.pdf](http://www.fepam.rs.gov.br/central/formularios/arg/manual_risco.pdf). Acesso em 18/05/2010

METODOLOGIAS DE ANÁLISE DE RISCOS APP & HAZOP, Profa. Laís Alencar de Aguiar - [http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/Josimar/APP\\_e\\_HAZOP.pdf](http://www.saneamento.poli.ufrj.br/documentos/Josimar/APP_e_HAZOP.pdf), Acesso em 01/05/2010

Outros artigos:

BRASIL. Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia da Universidade Federal do Rio Janeiro – COPPE. **Material do Curso de Pós-Graduação em Análise de Gerenciamento de Riscos**. Rio de Janeiro: 2004.

COVO, Risk Analysis of Six Potentially Hazardous Industrial Objects in the Rijnmond Area, A Pilot Study. D. Reidel Publishing Co., Holland, 1982

DNV – Technica Ltd. – PHAST – Process Hazard Analysis Software Tools, Version 5.22, London, 1999

ESTADOS UNIDOS. American Institute of Chemical Engineers – AIChE. **Process Equipment Reliability Data**. 1.ed. Nova York: Center for Chemical Process Safety, 1989.

GILBERT, Willian. De Magnete. Translated by P. Fleury Mottelay, Dover Publications Inc., New York: 1958. 368 p.

INGLATERRA. Det Norske Veritas – DNV. **Offshore Reliability Data – OREDA**. 3.ed. Londres: 1997.

INGLATERRA. Det Norske Veritas – DNV. **Process Hazards Analysis System Tools – PHAST, Manual do Usuário**. Londres: 2001.

JONES, D, Nomenclature for Hazard and Risk Assessment In the Process Industries, 2 ed. Reino Unido: Institution of Chemical Engineers – AIChem, 1994.

LEES, F. P. Loss Prevention in the Process Industries: Hazard Identification, Assessment and Control. 2 ed. Londres: Butterworths & Co Ltd., 1996.

RISCOS, Estudo de Análise de Riscos (EAR) – RCA – Rabaneda Consultoria Ambiental S/C Ltda.

RISCOS, Programa de Gerenciamento de (PGR) - RCA – Rabaneda Consultoria Ambiental S/C Ltda.

RCA, Programa CRIS – Cálculo de Risco Social e Individual, São Paulo, 2000

## 7 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA:

N/A

8 ANEXOS:

Anexo 1: APR – Análise preliminar de risco