



UFSM

Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS:
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE
AGROQUÍMICOS**

Sandro Delevati Estivalet

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2004

**AVALIAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS:
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE
AGROQUÍMICOS**

por

Sandro Delevati Estivalet

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Área de concentração em Qualidade e Produtividade, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM,RS), como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia de Produção.**

PPGEP

Santa Maria, RS, Brasil

2004

E81a Estivalet, Sandro Delevati
Avaliação de danos ambientais : estudo de caso em indústria de agroquímicos / por Sandro Delevati Estivalet ; orientador Djalma Dias da Silveira. - Santa Maria, 2004.
xix, 103 f. : il.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria, 2004

1. Engenharia de produção 2. Gestão ambiental
3. Meio ambiente 4. Indústria agroquímica
5. Agroquímica 6. Agrotóxicos 7. Fungicidas 8. Dano ambiental
I. Silveira, Djalma Dias da, orientador
II. Título.

CDU 661.15:574

Ficha catalográfica elaborada por
Maristela Eckhardt - CRB-10/737
Biblioteca Central da UFSM

**Universidade Federal de Santa Maria
Centro de Tecnologia
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção**

A comissão Examinadora, abaixo-assinada,
Aprova a Dissertação de Mestrado

**AVALIAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS:
ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE
AGROQUÍMICOS**

Elaborada por
Sandro Delevati Estivalet

Como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Engenharia de Produção

COMISSÃO EXAMINADORA:

Prof. Dr. Djalma Dias da Silveira.
(Presidente/Orientador)

Prof. Dr. Ênio Leandro Machado

Prof. Dr. João Hêlvio Righi de Oliveira

Santa Maria, 26 abril de 2004

C 2004

Todos os direitos autorais reservados a Sandro Delevati Estivalet. A reprodução deste trabalho só poderá ser feita com autorização por escrito do autor.

Endereço. Rua Sete de Setembro, n. 393, Bairro São João, Taquari, RS, 95860-000

Fone (0xx) 51 6531804; Fax (0xx) 51 6531100; End. Eletr: red@tknet.com.br

**A árvore quando está sendo
cortada, observa com tristeza
que o cabo do machado é de
madeira.**

(Provérbio árabe)

Dedico este trabalho a Deus, aos meus pais Noé e Delir, a Joceani (meu grande amor), a Letícia e o Felipe (sentido de minha vida), por todo amor, carinho, conselhos, ajuda, paciência, confiança e incentivos que recebi.

Agradeço a todos vocês de coração. Muito obrigado!

Agradecimentos

A toda a minha família pelo amor, incentivo e ajuda;

Ao prof. Djalma Dias da Silveira pela orientação, apoio e ajuda;

A empresa estudada pelas oportunidades de compartilhar suas experiências;

Aos amigos da Engenharia de Produção e ao pessoal do PPGEP;

Aos professores Sergio Jahn, Ronaldo Hoffmann e Cuellar pelas valiosas conversas e explicações sobre diversos assuntos;

Ao professor Luiz Vidal Gomes pelas importantes reflexões, críticas e sugestões;

A minha querida sogra Joceli que sempre me recebeu em sua casa nestes 2 anos;

A todas as pessoas que contribuíram direta e indiretamente para a concretização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	xii
LISTA DE FIGURAS	xiii
LISTA DE GRÁFICOS	xiv
FLUXOGRAMAS	xv
LISTA DE ANEXOS	xvi
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS	xvii
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xix
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Apresentação	1
1.2 Objetivos	4
1.3 Delimitações do Tema	5
1.4 Metodologia Utilizada	6
1.5 Estrutura do Trabalho	7
2 A Indústria de Agroquímicos e suas Interfaces Ambientais	8
2.1 A Indústria de Agroquímicos	8
2.2 A produção Nacional e Mundial de Agroquímicos	9
2.3 Dano Ambiental	15
2.3.1 Definição	15
2.3.2 Conceitos Básicos sobre Técnicas de Otimização	18
2.3.3 Técnicas de Otimização para Mitigar Incidentes	20
2.3.3.1 Hazop	20
2.3.3.2 What-if	24
2.3.3.3 Análise de Risco	27

2.4 Processo de Produção de Agroquímicos	30
2.4.1 Descrição dos Principais Agroquímicos	30
2.4.2 Características de um Bom Fungicida	31
2.4.3 Classificação Toxicológica dos Fungicidas	32
3 METODOLOGIA	33
4 DESCONFORMIDADES AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE UM AGROQUÍMICO	36
4.1 Processo de Produção de Tebuconazole (Fungicida)	36
4.1.1 Síntese do Tebuconazole	40
4.1.2 Sistema de Destilação de Efluentes	43
4.1.3 Sistema Normal	46
4.1.4 Testes Realizados em Planta Piloto	48
4.1.5 Principais Variáveis de Processo e Malhas de Controle	48
4.2 Descrição do Acidente	50
4.2.1 Levantamento de Campo	53
4.3 Análise do Acidente	54
4.3.1 Cronologia	55
4.3.2 Composição Provável dos Efluentes	58
4.4 Avaliação das Causas do Evento	59
4.4.1 Propriedades Físico-Químicas das Soluções de Hipoclorito de Sódio	60
4.4.2 Estabilidade do Hipoclorito de Sódio	61
4.4.3 Formação de Compostos Perigosos a partir do Hipoclorito de Sódio	66
4.4.4 Formação de Hidroperóxidos e/ou Peróxidos Orgânicos	66

4.4.5	Formação de Metanol a partir de Sais de Aminas.....	67
4.4.6	Formação de Hidrogênio	69
4.5	Conclusão da Causa do Acidente	70
4.5.1	Presença de Hipoclorito	71
4.5.2	Alta Temperatura dentro do Reator	71
4.6	Condições para Operação e Recomendações	72
4.6.1	Neutralização do Hipoclorito de Sódio	72
4.6.2	Redundância na Medida de Temperatura	73
4.6.3	Tanques de Segurança para Cada Seção da Planta	74
4.6.4	Criação de uma Rotina de Inspeção de Instrumentos e Equipamentos Críticos para o Processo	74
4.7	Discussão e Avaliação do Evento	75
5	CONCLUSÃO E RECOMENDAÇÕES	82
6	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
7	BIBLIOGRAFIA	87
ANEXOS	89

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Modelo desvios (Hazop).....	22
Tabela 02 - Descrição das principais variáveis e malhas de controle do processo de tratamento de efluentes	49
Tabela 03 – Cronologia dos eventos dos dias 19 e 20 de novembro de 2001	55
Tabela 04 - Dados de uma solução de hipoclorito de sódio a 12% a 40°C	62
Tabela 05 - Dados de uma solução de hipoclorito de sódio a 12% a 30°C	62
Tabela 06 – Quantidades necessárias (kg) de hipoclorito de sódio e metanol para atingir os patamares de pressão e temperaturas definidos (reação de metanol e cloro).....	68
Tabela 07 – Custos de implantação e mitigação de acidente químico	78

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 - Agroquímicos em Geral	10
Figura 02 - Herbicidas – consumo mundial	11
Figura 03 - Inseticidas – consumo mundial	11
Figura 04 - Fungicidas – consumo mundial	12
Figura 05 - Diagrama Ilustrativo das Etapas de uma Análise de Risco	29
Figura 06 – Diagrama de blocos simplificado do processo de síntese do tebuconazole	42
Figura 07 – Diagrama de blocos do processo de geração do efluente AG-100	45
Figura 08 – Diagrama de blocos simplificado do processo de tratamento de efluentes.....	46
Figura 09 - Diagrama de processo simplificado do sistema de destilação de efluentes e variáveis de processo	50
Figura 10 - Aspecto do Reator de destilação após incidente	77

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 01- Gráfico de concentração do hipoclorito em função do tempo a 40 °C	63
Gráfico 02 – Gráfico de concentração do hipoclorito em função do tempo a 30°C	63
Gráfico 03 - Gráfico da equação e coeficiente de correlação	65

FLUXOGRAMAS

Fluxograma 01 – Fluxograma técnica Hazop	23
--	----

LISTA DE ANEXOS

Anexo 01 - Fichas de segurança dos compostos químicos envolvidos.....	90
Anexo 02 – Fotos do evento	98

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AG -100 – águas de lavagem
Check-list – lista de verificação
Cl₂ - cloro
DMS - dimetil sulfeto
DMSO₄ . dimetil sulfato
DMF - Dimetilformamida
Hazop – hazard and operability (perigo e operabilidade)
HCl – ácido clorídrico
H₂ . hidrogênio
KOH - potassa cáustica
RTI01 – reator de inox n° 1
RTI08 – reator de inox n° 8
RTI09 – reator de inox n° 9
RTV12 – reator vitrificado n° 12
TAG02 – coluna de abatimento de gases n° 02
TAG01- coluna de abatimento de gases n° 01
TAG03 - coluna de abatimento de gases n° 03
TQE39 – tanque de estocagem n° 39
TQE53 - tanque de estocagem n° 53
TQE50 - tanque de estocagem n° 50
TQE51 - tanque de estocagem n° 51
MSDS - Material Safety Data Sheet
NaClO₃ . clorato de sódio
Na₂O - óxido de sódio
NaHSO₃ _ bissulfito de sódio
Na₂S₂O₅ . metabissulfito de sódio
Oxigênio – oxigênio
P & I – equipamentos de medição de temperatura e pressão
What-if – Que-se (técnica de otimização)

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Maria, RS, Brasil

AVALIAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS: ESTUDO DE CASO EM INDÚSTRIA DE AGROQUÍMICOS

Autor: Sandro Delevati Estivalet
Orientador: Djalma Dias da Silveira
Data e Local da Defesa: Santa Maria, 26 abril de 2004.

Este trabalho busca apresentar e analisar a partir de dados da pesquisa os danos ambientais em uma indústria química, examinando e avaliando os custos e perspectivar a não incidência do mesmo através de técnicas de otimização utilizando ferramentas como Hazop, What-if, Análise de Riscos e Programas Preventivos de Segurança, enfim mostrar alguns recursos para minimizar os riscos ambientais. A coleta de dados consiste na investigação, através do emprego de métodos mais adequados com a problemática da pesquisa. Nesta dissertação o método aplicado foi o da pesquisa-ação e a coleta de dados empregada foi realizada por meio de análise de documentos e observação livre. O impacto observado após o evento foi que o mesmo poderia ser evitado, se antes e durante implantação do projeto da planta industrial tivesse uma melhor discussão nas decisões, além disso ocorreu uma grande quebra da relação da comunidade com a empresa. A recomendação é utilizar como diretrizes e análise ambiental vigente, visando a melhor adequação do empreendimento com a realidade econômica, optando pelas atitudes preventivas, avaliando todos os impactos antes de qualquer tomada de decisão. Os destaques principais na aplicação dessas ferramentas é a prevenção e redução dos riscos e acidentes, obtenção de informações que possam subsidiar tomadas de decisões gerenciais, avaliação e redução dos aspectos e impactos ambientais decorrentes do processo produtivo e obter o reconhecimento do público interno e externo como empresa ambientalmente responsável.

Palavras chaves: Danos ambientais; técnicas de otimização; agroquímicos; prevenção.

ABSTRACT

Dissertation of Mastership
Program Post Graduation in Production of Engineering
Federal University of Santa Maria, RS, Brazil

EVALUATION OF ENVIRONMENT DAMAGES: STUDY OF CASE IN AGROCHEMICAL OF INDUSTRY

Author: Sandro Delevati Estivalet
Adviser: Djalma Dias da Silveira
Date and place of Defense: Santa Maria, 26 April, 2004.

This work searches to present and to analyze from data of the research the ambient damages in chemical industry, examining and evaluating the costs and perspective do not incident from the same through otimization technics using tools as Hazop, What-if, Analyze of Risks and Preventive Programs of Security, at last to show all the resources to minimize the risks of environment. The collect of data consists in the investigation, through the job of method system more adquate with the problematic of the research. In this dissertation the method applied was of the research action and was used collection of data was carried through by means of documents analyzes and free observation. The observed impact after the event was that the same could be prevented, if before and during implant of the project of the industrial plant should had better discussion in decision, beside this occurred a great break relationship of the community with the company. The recommendation is to use as lines of direction analyzes environment effective, aiming the best adapt of the enterprise with the economic reality, opting to the preventive attitudes, evaluating all the impacts before any taking of decision. The main prominences in apply of these tools is the prevention and reduction of the risks and accidents, obtention of information that they can subsidize taken of decision managerial, valuation and reduction of the aspects and decurrent environment impacts of the productive process and to get the recognition of external and intern public as environment company responsible.

Keys words: environment damages; technics of optimism; agrochemical; prevention.

Capítulo 1 - Introdução

1.1 Apresentação

A evolução social e cultural da humanidade depende em grande parte dos aspectos geológicos, uma vez que os recursos naturais minerais e hídricos sempre foram determinantes para o estabelecimento do homem em certos locais e decisivos para o desenvolvimento das civilizações. O Homem nasceu na dependência do ambiente geológico que o rodeia e aquilo que foi a cada momento da história da adaptação, sem grande especialização morfológica, e as condições dos ambientes que ocupava.

Durante toda sua história e desenvolvimento, o ser humano foi apoderando-se do território e dos materiais dos ambientes em que viveu, através da agricultura, exploração de bens minerais, aproveitamento dos recursos hídricos, utilização dos materiais energéticos, domínio territorial e desenvolvimento de tecnologias. Evidentemente, as mudanças induzidas pelo homem na terra e na água produzem invariavelmente efeitos danosos aos sistemas ambientais. Se nos primórdios da humanidade o homem nômade não permanecia tempo suficiente nos locais a ponto de provocar estragos irreversíveis, com a sua fixação a terra, a partir da descoberta da agricultura e da domesticação dos animais (e o conseqüente surgimento das cidades), passou a haver um crescimento exponencial na deterioração do ambiente.

O início da poluição do planeta pelo homem deu-se com a descoberta do fogo, mas é com a revolução industrial e o rápido crescimento das cidades que surgem as primeiras poluições do ar em escalas maciças e concentradas. No entanto, os problemas ambientais provocados pelo homem não se resumem apenas à poluição. A exploração dos recursos até aos últimos limites, assim como sua subutilização ou desvio do uso ótimo dos territórios também são fatores que contribuem para a degradação do meio físico e da qualidade de vida das populações. Existem na literatura vários casos clássicos de civilizações que pereceram ou declinaram pela exaustão de seus recursos e destruição da produtividade de suas terras. O consumo cada vez mais elevado de recursos geológicos, que são finitos e não renováveis, ilustra bem o problema que depara hoje a humanidade e que tende a se agravar cada vez mais.

Um outro aspecto importante na questão ambiental é o nível de poder para modificar os ambientes alcançados hoje pelo homem. A construção de grandes estruturas de engenharia e com as conseqüentes alterações locais e regionais, como o desmatamento, trazem, num curto espaço de tempo, alterações que a natureza levaria milhares de anos para acomodar. Neste contexto, a crescente urbanização e o surgimento de grandes metrópoles, pela migração, crescimento e adensamento populacional, provocam igualmente grandes alterações no ambiente natural - desmatamentos, impermeabilização dos terrenos, alterações na temperatura local, alterações na rede de

drenagem, etc. - além de todos outros problemas decorrentes da grande concentração urbana.

A partir dos anos sessenta e início dos setenta, começa a ocorrer uma maior preocupação com as questões ambientais e os problemas decorrentes da interação, cada vez em maior escala, do homem com a natureza. Desde então se tornam mais freqüentes as reuniões nacionais e internacionais de técnicos e cientistas para discussão dos problemas e políticas a adotar; em vários campos de pesquisa surgem estudos desenvolvendo metodologias para abordar os problemas existentes; muitos países criam políticas ambientais; a bibliografia sobre as questões ambientais, científicas ou não, aumenta exponencialmente; e até no campo político chegam os reflexos desta preocupação, com o surgimento de organizações não governamentais de luta pela proteção do ambiente e de partidos políticos ecológicos.

O consumo mundial de agrotóxicos sofreu um rápido incremento na última metade deste século, a partir daí o crescimento se deu a uma taxa anual de cerca de 10 %.

Segundo Campos (1996) o Brasil ocupa a nona posição na indústria química global, com 882 plantas produtoras, principalmente no Sul e Sudeste. "O Perfil é fundamental para o estabelecimento de políticas que proporcionem redução de riscos à saúde humana e ao meio ambiente". O estado de São Paulo, por ter o maior parque industrial, tem também o maior número de registros de acidentes e de

áreas contaminadas. Por outro lado, tem também o melhor levantamento nacional sobre segurança química.

Segundo estimativas da OMS - Organização Mundial de Saúde, anualmente cerca de três milhões de pessoas são contaminadas por agrotóxicos e 70% dos casos ocorrem em países em desenvolvimento. Na sua produção, os agrotóxicos estão em sétimo lugar em número de acidentes com substâncias químicas e na sua aplicação em primeiro no número de mortes. "Conviver com substâncias potencialmente perigosas exige cuidado e a observação constante do princípio da precaução", - Marijane Lisboa, secretária de Qualidade Ambiental do MMA e presidente da Conasq - Comissão Nacional de Segurança Química.

A detecção de contaminação ambiental por agroquímicos exige o estabelecimento de políticas ambientais severas que controlem o uso indiscriminado e abusivo destes agentes, o desenvolvimento de técnicas de remediação dos sítios contaminados, o emprego de técnicas alternativas de plantio e metodologias para minimizar riscos ambientais.

1.2 Objetivos

O objetivo geral e principal desta dissertação é apresentar uma sistemática para desenvolvimento, a partir de dados da pesquisa no ramo de produção de agroquímicos, analisando os danos ambientais com vistas a proteger o meio ambiente, proporcionando identificação

do dano, classificando, examinando e avaliando os custos e perspectivar a não incidência do mesmo através de técnicas de otimização utilizando ferramentas como Hazop, What-if, Análise de Riscos , Programas Preventivos de Segurança avaliando todos os incidentes, enfim mostrar alguns recursos para minimizar os riscos ambientais.

São objetivos específicos para a pesquisa:

- Simular situações em que novas empresas possam avaliar o impacto ambiental;
- Fazer uma análise custo-benefício na tomada de decisão, na pesquisa e na gestão ambiental;
- Possibilitar futuras dissertações de mestrado e doutorado e ajudar a outros profissionais da área, onde a valoração econômica ambiental é requerida ou desejada.

1.3 Delimitações do Tema

O foco do estudo está voltado para empresas de agroquímicos, embora fatores humanos como cultura, motivação e comportamento sejam de grande importância para o tema. Este trabalho analisa a questão econômica na gestão ambiental, a importância desta análise na tomada de decisão de investimentos e também no contexto da valoração monetária de um incidente ambiental.

1.4 Metodologia Utilizada

O trabalho científico consiste na investigação e no tratamento por escrito de questões abordadas. Diante da especificidade da pesquisa proposta, na qual o investigador teve participação ativa no objeto de estudo desde sua origem, procurou-se optar por uma metodologia que permitisse a incorporação de um conjunto de experiências vivenciadas consultas, discussões e mostrar novas abordagens e metodologias para minimizar incidentes.

Nesta dissertação o método aplicado foi o da pesquisa-ação.

Pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (THIOLLENT ,1988, p.14)

A coleta de dados empregada foi realizada por meio de análise de documentos e observação livre.

1.5 Estrutura do Trabalho

Esta dissertação está estruturada em 5 capítulos

- O **capítulo 1** apresenta os objetivos e justificativas da pesquisa, suas limitações, metodologia adotada e a estrutura bibliográfica.
- O **capítulo 2** apresenta a teoria do fundamento, uma visão sucinta do tema, um histórico e algumas idéias difundidas.
- O **capítulo 3** explora o tema a uma visão geral do acidente em uma indústria de agroquímicos mostrando fatos e dados.
- O **capítulo 4** apresenta uma proposta de desenvolvimento e contribuição para que não ocorra e/ou mitigue acidentes ambientais.
- O **capítulo 5** apresentar as considerações, conclusões finais, discussões, o valor econômico do evento e as proposições para trabalhos futuros a fim de obter análise dos principais parâmetros utilizados em projetos de sistema de controle ambiental.

Capítulo 2 – A Indústria de Agroquímicos e suas Interfaces Ambientais

2.1 A Indústria de Agroquímicos

Na década de 60, foram feitas previsões assustadoras sobre o crescimento populacional, de acordo com as taxas de natalidade e mortalidade da época. Este aumento brutal da população não seria acompanhado de aumento da produção de alimentos.

Felizmente as previsões de explosão populacional não se confirmaram. A identificação e preparação de substâncias químicas que atuam como anticoncepcionais permitiu o desenvolvimento de métodos mais eficientes e adequados de contracepção. Também ocorreram modificações sociais que levaram à diminuição do tamanho médio da família. Em muitos grupamentos humanos, como na Europa Ocidental, a taxa de aumento populacional tornou-se bastante baixa.

A produção de alimentos cresceu enormemente, devido a muitos fatores, como o desenvolvimento de tecnologia para irrigação, melhoria de sementes, adaptações de linhagens de plantas a condições locais, desenvolvimento do serviço de meteorologia etc. Atualmente a produção de alimentos no mundo ocorre em níveis satisfatórios, e certamente o desenvolvimento e uso dos produtos agrotóxicos tiveram papel decisivo.

Entretanto, na sociedade brasileira, há tanta pressão contra o uso destes compostos, em parte por preconceito e ignorância, em parte pelos danos que o mau uso destes compostos realmente possa causar, que eles são conhecidos como agrotóxicos. Isto não ocorre em países onde a importância deles é mais claramente admitida.

A fome existente deve-se principalmente à má distribuição de riqueza. Inúmeras pessoas não têm renda suficiente para pagar o custo de produção do alimento. Algumas vezes, os produtores agrícolas deixam de colher a safra, destruindo-a, para evitar custos adicionais, já que já estão contabilizando prejuízo.

Outras situações de fome são vividas em regiões de clima extremamente inóspitas ou assoladas por guerras, que impedem qualquer atividade agrícola. Isto ocorre principalmente, onde hordas de pessoas famintas se deslocam de um lado para outro, sem esperança. Hoje a fome é uma questão política, de distribuição de renda, emprego e de desenvolvimento regional.

2.2 A Produção Nacional e Mundial de Agroquímicos

A utilização de produtos químicos nos mais diversos ramos de atividades constitui hoje uma realidade presente não somente nos países desenvolvidos, mas pode ser identificada em praticamente todos os países do globo.

Um dos usos mais difundidos dos produtos químicos, em especial após o período da Segunda Guerra Mundial, é a utilização de agroquímicos nas atividades do controle de pragas e doenças na agricultura.

O consumo mundial de agroquímicos sofreu um rápido incremento na última metade do século. Segundo Parsons & Witt (1989) mais da metade da produção mundial de agroquímicos é consumida na América do Norte e na Europa Ocidental, regiões estas que abrigam cerca de 25 % das terras globais ocupadas com culturas. Por outro lado cerca de 20 % dos agroquímicos aplicados nos países em desenvolvimento contam com 55 % das terras cultivadas. Uma visão geral sobre os mercados mundiais e em suas principais classes de uso pode ser observada nas Figuras 1, 2, 3 e 4.

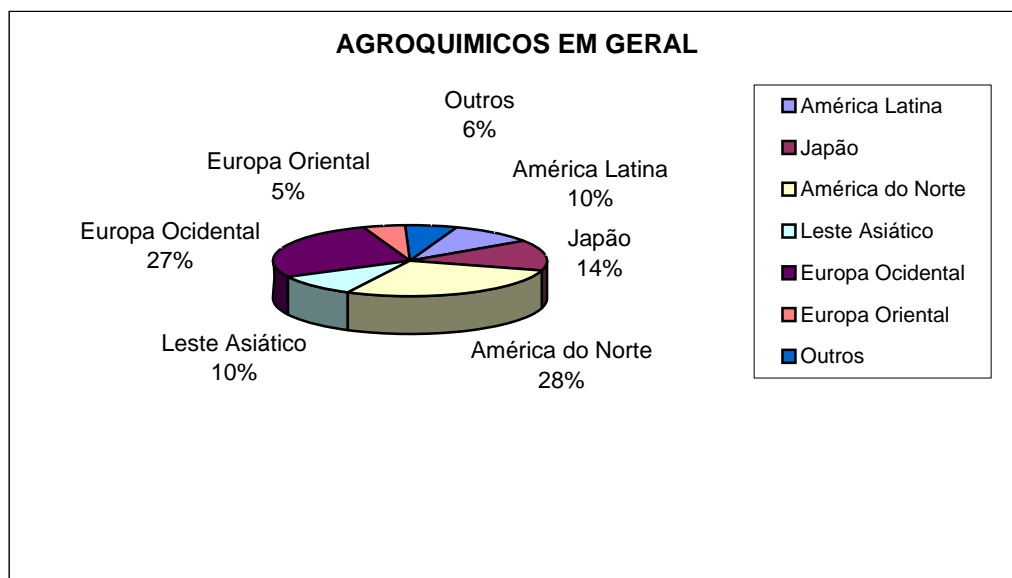


Figura 01: Agroquímicos em Geral

Fonte : Parsons & Witt (1989)

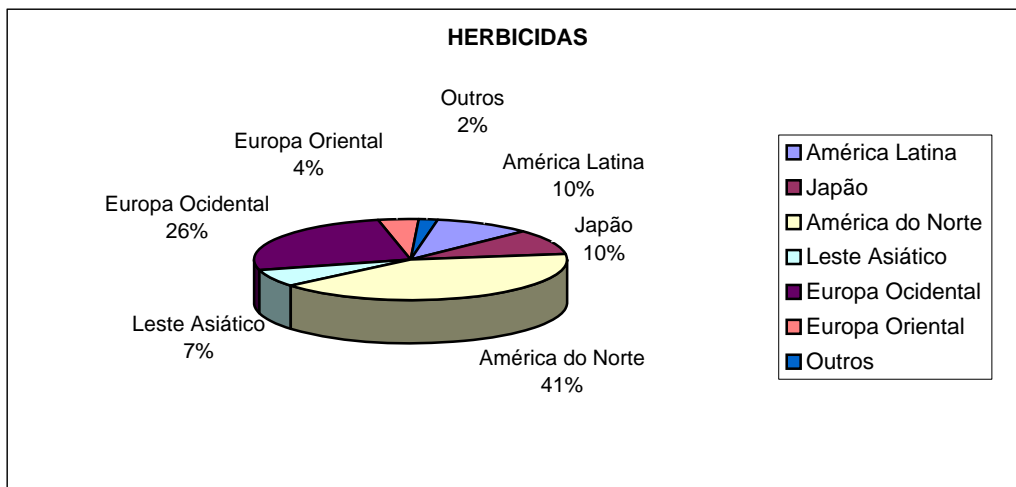


Figura 02 : Herbicidas – consumo mundial

Fonte : Parsons & Witt (1989)

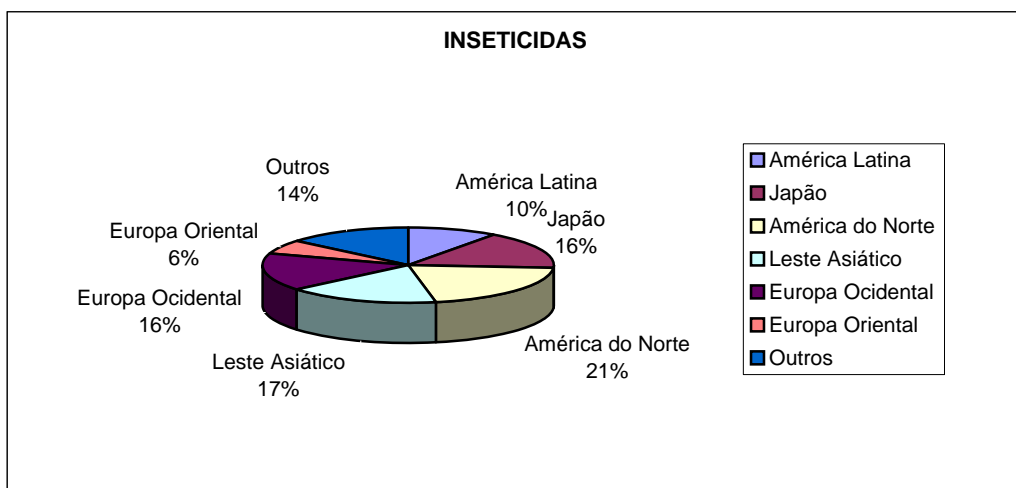


Figura 03 : Inseticidas – consumo mundial

Fonte : Parsons & Witt (1989)

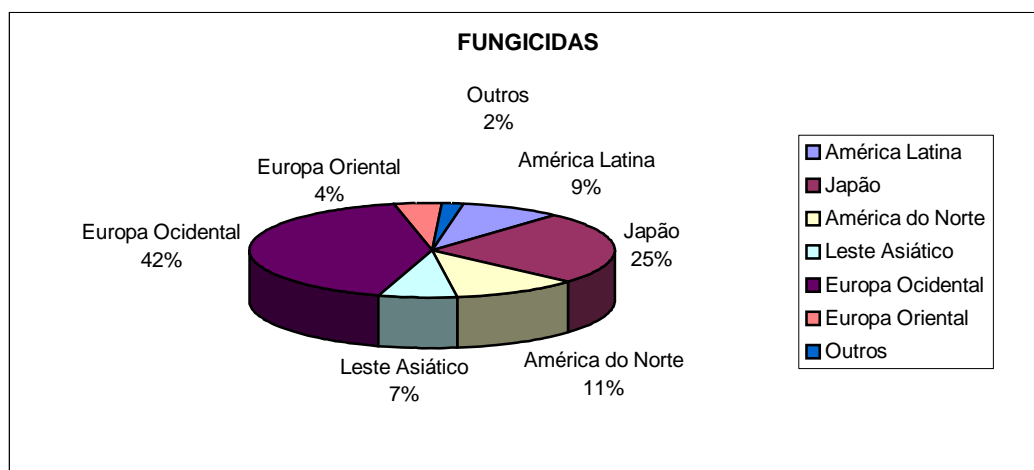


Figura 04 : Fungicidas – consumo mundial

Fonte : Parsons & Witt (1989)

As estimativas atuais de consumo mundial são crescentes nos países em desenvolvimento, conforme apontado o estudo realizado pela Organização Mundial de Saúde, através da Divisão de Saúde e Meio Ambiente da Organização Pan-americana de Saúde (PAHO). O uso generalizado dos agrotóxicos cresceu de 1,5 milhões de toneladas no ano de 1970 para cerca de 3 milhões em 1985 e em 2003 chegou a quase 12 milhões de toneladas.

Hoje , o Brasil é o quarto maior consumidor de agrotóxicos no mundo e se tornou um grande produtor e exportador agrícola de culturas que demandam alta tecnologia e uso de compostos especiais.

O mercado mundial de agroquímicos movimenta US\$ 30 bilhões, sendo os herbicidas responsáveis pela maior fatia deste mercado.

O Brasil é o 5º maior consumidor de pesticidas e movimenta US\$ 2,5 bilhões. Das 150.000 toneladas/ano dos pesticidas consumidos aqui, cerca de 33% são de herbicidas.

Os agroquímicos incluem fertilizantes, pesticidas, nos produtos usados no controle de processos de fermentação, na produção de forragem e em produtos veterinários.

. Os herbicidas representam a maior parcela tanto em âmbito mundial como no Brasil. Segundo Parsons & Witt (1989) calcula-se que somente cerca de 0,1% atinge o alvo específico, enquanto que os 99,9% restantes tem potencial para se mover em diferentes compartimentos ambientais tais como o solo e águas residuais e subterrâneas.

A prática mundial do uso de agroquímicos por longos períodos, muitas vezes indiscriminada e abusiva, vem trazendo preocupações a autoridades públicas e aos envolvidos com saúde pública e sustentabilidade dos recursos naturais, em consequência da contaminação ambiental. O Brasil tem uma diversidade imensa de sistemas ecológicos únicos e sensíveis, alguns dos quais submetidos à agricultura intensiva.

Os resultados de inúmeros trabalhos têm revelado a presença de níveis alarmantes de agroquímicos e seus produtos de degradação em solos e águas superficiais e subterrâneas. Os relatos iniciaram-se nos

anos 70 e desde então, com o aprimoramento das técnicas analíticas com maior acuidade e sensibilidade, mostraram por exemplo que em 1988, mais da metade dos estados americanos possuíam águas subterrâneas contaminadas (Parsons & Witt, 1989). O uso indiscriminado de agroquímicos levou a contaminação dos solos onde índices acima de 5000 ppm de atrazina, 3000 ppm de clorpirifos, 3900 ppm de diuron, 1900 ppm de parathion foram descritos na literatura (Winterlin et al, 1989.)

O desafio competitivo do agronegócio brasileiro passa pela discussão de temas fundamentais, tais como: segurança alimentar, agricultura orgânica, produto transgênico e produto tradicional, agricultura tropical, mudanças ambientais e desenvolvimento sustentado, agricultura de precisão, normalização e regulamentação técnica, qualidade e certificação de produtos, entre outros.

Direcionando esse assunto para o agronegócio estamos tratando de um segmento, cujos indicadores já falam por si, a saber:

- atualmente, o agronegócio já representa mais de 25% do PIB do país; gera cerca de 37% de todo os empregos e vem apresentando superávits na balança comercial desde 1998 . Em 2001 o superávit de US\$ 16,45 bilhões foi o principal responsável pelo desempenho positivo de US\$ 2,6 bilhões da balança comercial brasileira;

- enquanto as exportações totais do Brasil correspondem a menos de 1% do comércio internacional, as exportações do agronegócio nacional representam 4% das exportações totais de produtos do agronegócio em nível mundial; e
- do ponto de vista da produtividade, apesar da área plantada ter diminuído em 1% em 20 anos, o volume físico da produção cresceu 40% no mesmo período.

2.3 Dano Ambiental

2.3.1 Definição:

Para se conceituar dano ambiental é necessário, antes de tudo, ter-se um conceito de meio ambiente, já que, logicamente, o âmbito do dano está circunscrito e determinado pelo significado que se dê ao mesmo. Uma conceituação jurídica de meio ambiente também não pode fugir do fato de que o homem é apenas parte da natureza e com esta deve interagir de forma equilibrada.

Pela Lei n. 6.938/81, em seu art. 3º, inciso I, meio ambiente é “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas. Portanto, um conceito de dano ambiental pode ser: toda lesão intolerável, causada por uma ação humana, seja ela culposa ou não, diretamente ao meio ambiente, classificado como macrobem de interesse da coletividade, em uma concepção totalizante e, indiretamente, a terceiros, tendo em vista interesses próprios e individualizáveis e que refletem no macrobem”.

Podemos utilizar a mesma analogia para o mundo corporativo, onde o “estilo de vida” é a operação da empresa, a exposição é o alcance da sua operação, e a energia investida para minimizar os riscos é o investimento despendido para conhecer e controlar a situação.

Como analisar riscos sem estudar minuciosamente os processos de negócio que sustentam sua organização? Como classificar o risco destes processos sem antes avaliar as vulnerabilidades dos componentes de tecnologia relacionados a cada processo? Quais são os seus processos críticos? Aqueles que sustentam a área comercial, a área financeira ou a produção? Você saberia avaliar quantitativamente qual a importância do seu servidor de web? Para cada pergunta, uma mesma resposta: conhecer para proteger.

Alinhados e geridos de forma adequada, a análise de risco aponta caminhos seguros na busca ao nível adequado de segurança de uma organização.

O que mais incomoda aos consultores exigentes, é o crescente número de empresas “de segurança da informação” que dizem preparar a “análise de risco”, mas na verdade fazem, quando muito, uma “análise de vulnerabilidades”. Coisa muito sem sentido, mas que até engana, afinal de contas os conceitos de Análise de Risco são ainda pouco conhecidos. Analisar riscos, definitivamente não significa passar um scanner automático na rede. Desconfie quando propuserem

analisar o “risco”, sem mencionar como será avaliada a ameaça e como serão valorados os ativos (tecnológicos, humanos e processuais).

Durante o planejamento do futuro da empresa, a Alta Administração deve garantir que todos os cuidados foram tomados para que seus planos se concretizem. A formalização de uma Análise de Risco provê um documento indicador de que este cuidado foi observado. O resultado da Análise de Risco dá à organização o controle sobre seu próprio destino – através do relatório final, pode-se identificar quais controles devem ser implementados em curto, médio e longo prazo.

Uma análise de riscos deve ser realizada — sempre — antecedendo um investimento. Antes de a organização iniciar um projeto, um novo processo de negócio, o desenvolvimento de uma ferramenta ou até mesmo uma relação de parceria, deve-se mapear, identificar e assegurar os requisitos do negócio. Em situações onde a organização nunca realizou uma Análise de Risco, recomendamos uma validação de toda a estrutura.

O processo de análise de riscos deve envolver especialistas em análise de riscos e especialistas no negócio da empresa — esta sinergia possibilita o foco e a qualidade do projeto. Um projeto de Análise de Risco sem o envolvimento da equipe da empresa, muito dificilmente retratará a real situação da operação.

A execução do projeto deve ser realizada em tempo mínimo. Em ambientes dinâmicos a tecnologia muda muito rapidamente. Um

projeto com mais de um mês — em determinados ambientes —, ao final, pode estar desatualizado e não corresponder ao estado atual da organização.

Então segundo Leite (2000)...

“Conhecer o risco é ganhar mobilidade. Alguns riscos — como o choque de um avião contra o nosso prédio —, só poderemos evitar a um alto custo; não é isso que queremos. Esse diagnóstico, que até bem pouco tempo ocultava-se sobre pequenas e isoladas iniciativas do grupo de tecnologia da informação, quase sempre relacionado a aspectos técnicos da famosa análise de vulnerabilidades tecnológicas, já é reconhecido como ferramenta de suporte estratégico.”

2.3.2 Conceitos Básicos sobre Técnicas de Otimização

Perigo: propriedade ou condição inerente de uma substância ou atividade capaz de causar danos a pessoas, a propriedades ou ao meio ambiente.

Operacionalidade: qualquer operação que possa levar à parada da planta/prejuízos financeiros ou levar a violações de regulamentos de segurança, ou comprometer a saúde dos trabalhadores ou o meio ambiente.

Risco: o risco devido a uma determinada atividade pode ser entendido como o potencial de ocorrência de conseqüências indesejadas decorrentes da realização da atividade considerada.

Desvios: alteração com relação ao esperado de projeto (intenção) obtidos com uso de palavras-guias aos parâmetros do processo.

Causas: razões pelas quais os desvios ocorrem (falhas de hardware, humanas, mudanças não previstas no projeto, causas externas, etc.)

Palavra-guia: palavras simples usadas para quantificar ou qualificar a intenção de projeto e estimular o processo de identificação de perigos.

Parâmetro de processo: propriedade física ou química associada ao processo. Ex.: concentração, reação, pH, temperatura, pressão, fase, vazão, etc.

Salva-guardas: sistemas ou medidas destinadas a prevenir ou mitigar as conseqüências dos desvios. Ex.: intertravamento, alarmes, procedimentos.

Conseqüências: resultados dos desvios de processo, tais como liberação de material tóxico, perda de especificação de produto, interrupção do processo. Normalmente, pressupõe-se que os sistemas de proteção não atuem. Conseqüências não relevantes não precisam ser registradas.

Ações ou recomendações: sugestões de mudanças de projeto, de procedimento ou áreas para estudo. Ex.: adição de um alarme de pressão redundante, reversão de uma seqüência de operações, automatização, etc.

Nós ou seções de processo: ponto no subsistema onde os desvios vão ser analisados.

2.3.3 Técnicas de Otimização para Mitigar Incidentes

As técnicas e ferramentas de otimização mais utilizadas para mitigar os incidentes são o Hazop, What-if, Análise de Riscos.

2.3.3.1 Hazop (Hazard and Operability)

O Hazop é um processo indutivo estruturado onde, em reuniões de equipe multidisciplinar, estuda-se a documentação do projeto e se avaliam as causas e conseqüências de desvios de parâmetros (temperatura, vazão, pressão, nível, etc.) em pontos específicos chamados de “nós”. A busca de desvios é feita com palavras-guia e os registros são lançados em planilha própria de Hazop.

Segundo Nortés (2002), esta técnica identifica e avalia perigos e/ou problemas de segurança em plantas de processo e problemas de operacionalidade que, embora não perigosos, poderiam comprometer a produtividade da planta prevista no projeto.

A) PASSOS BÁSICOS PARA A IMPLANTAÇÃO

Formação do comitê de revisão:

- O líder deve ser conhecedor da técnica de Hazop;
Ele deve treinar os demais participantes, coordenar e ser responsável por cobrança de pendências de reuniões anteriores;
- Devemos ter especialistas como gerente, engenheiro de projeto, engenheiro de segurança, técnico da operação da unidade em estudo, mecânico e instrumentista
- Entre 5 e 8 (máx.) participantes nas reuniões;

B) REUNIÃO ORGANIZACIONAL

Nesta primeira reunião:

- é apresentada a técnica pelo líder;
- programam-se as reuniões;
- são escolhidos os “nós”;
- cópia do lay-out da planta;
- do descritivo de processo;
- fluxograma de engenharia;
- balanços de materiais;
- dados de projeto, equipamentos, instrumentos, set points, etc.

C) APLICAÇÃO DA TÉCNICA HAZOP

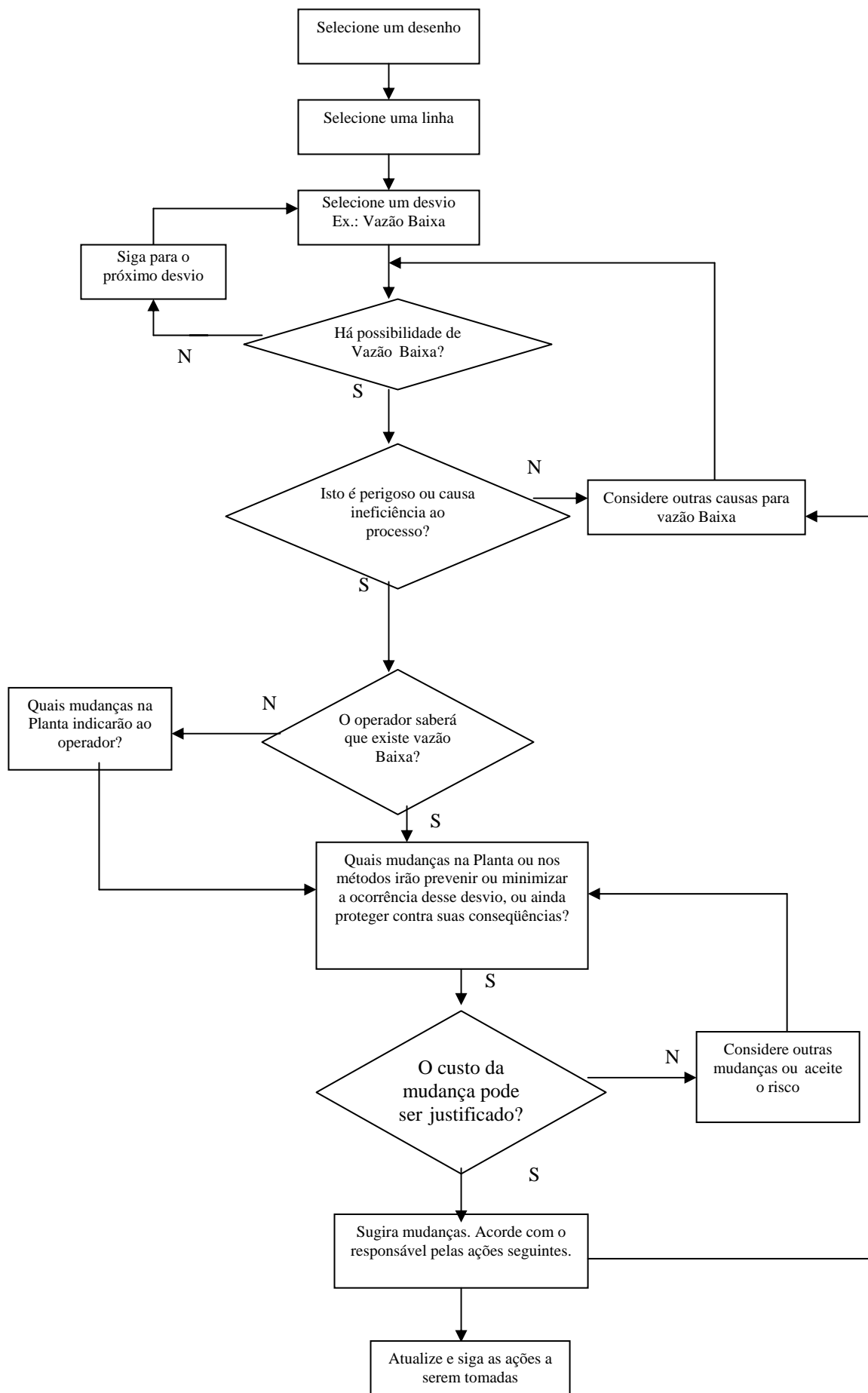
O grupo concentra-se numa parte do processo chamado de nó, um dado, parâmetro do processo é selecionado, digamos fluxo, e é feita a combinação deste com uma das palavras guia. Por exemplo menos, nenhum, mais, reverso e também.

Identificam-se as causas do desvio, começando com a de pior consequência. Uma vez anotadas as causas, regista-se as consequências, salvaguardas e recomendações. Passa-se para o desvio seguinte, completando todos os desvios passando para o nó seguinte e assim por diante. Não analisar muito mais do que 5 causas (em media) por desvio. A seguir segue um exemplo de uma tabela (tabela 01) e o fluxograma da técnica. (fluxograma 01).

Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP)							
Empresa				Sistema: Nó:		Data	
Elaborado por:			Referência: Manuais e Fluxogramas de Processo				
<i>D e s v i o</i>	<i>Possíveis Causas</i>	<i>Possíveis Efeitos</i>	<i>Salvaguardas</i>	<i>Cat Sev</i>	<i>Cat Freq</i>	<i>Cat Risco</i>	<i>Ações / Questões / Recomendações</i>

Tabela 01- Modelo desvios (Hazop)

Fonte : Nortés, 2002



Fluxograma 01 – Técnica HAZOP
 Fonte : Nortes, 2002

D) CONTROLE DAS REUNIÕES

- completar o estudo de um desvio e sugestões associadas antes de seguir para o próximo desvio ;
- ouvir todos os membros presentes;
- manter o ímpeto balanceando trabalho e intervalos;
- o tempo máximo de cada reunião não deve ultrapassar 2 horas;
- informações não disponíveis: chamar especialistas ou postergar para outra reunião;

2.3.3.2 What-If

Método de previsão de valores com análise de hipóteses. O “What- If - Checklist” é um procedimento de revisão de riscos de processos que adequadamente conduzido produzirá:

- revisão de um largo espectro de riscos;
- consenso entre áreas de atuação (produção, processo, segurança) sobre formas de caminhar rumo à operação segura;

Segundo Nortes (2002), o método é recomendado como primeiro passo ou embasamento no procedimento de Análise de Riscos.

A) PASSOS BÁSICOS PARA A IMPLANTAÇÃO

Formação do comitê de revisão:

- coordenador deve ser um técnico com conhecimento da área, deve-se evitar avaliar a gravidade do risco ou a factibilidade prática de medidas corretivas (nas incipientes), de forma a encorajar a identificação e o reporte de riscos.
- um supervisor de operação;
- um supervisor mecânico ou engenheiro de projeto;
- um engenheiro ou químico do grupo técnico do processo.

Sugere-se ainda incluir:

- um operador experiente;
- o engenheiro de segurança;
- consultores específicos, se necessário.

B) REUNIÃO ORGANIZACIONAL

Nesta primeira reunião:

- são discutidos os procedimentos/linhas;
 - programam-se as reuniões;
- definem-se metas para as tarefas.

Ainda nessa reunião, o supervisor operacional distribuirá um pacote de informação onde constarão:

- cópia de instruções de operação do processo ou partes em revisão;
- memorial de instalações/equipamentos;
- lista de alarmes e intertravamentos ;
- padrões técnicos/do processo;
- revisões feitas anteriormente;

- cópias ou listagens de referência de:
 - Lay-outs, desenhos, plantas gerais;
 - diagramas elétricos;
 - diagramas lógicos de instrumentos

NOTA: O aprofundamento e detalhamento do pacote dependerão do ponto do projeto que a revisão se ocupará e da informação indisponível nesse estágio.

C) REUNIÃO DE REVISÃO DO PROCESSO

Para benefício dos membros não familiarizados com o processo, um membro da supervisão de operação deve fazer uma apresentação aprofundada do processo, com visitas de campo. Reunião a ser feita durante ou imediatamente após a reunião organizacional.

D) REUNIÃO DE FORMULAÇÃO DE QUESTÕES

- deverá ocorrer dentro de 1 a 2 semanas da reunião organizacional;
- cada membro se prepara para a formulação de questões, a serem respondidas no processo de revisão (reuniões subsequentes);
- tipicamente, começa-se do início do processo (recebimento dos materiais) e continua-se ao longo do mesmo, passo a passo, gerando-se questões até o produto acabado colocado na planta do cliente.

E) PONTOS-CHAVES IMPORTANTES NESTE ESTÁGIO

- O relator deve registrar cada questão numa folha de quadro de anotar grande, de maneira que o formulador possa confirmar se o registro foi correto;
- as questões não devem ser respondidas neste ponto, de maneira a não inibir a própria geração de questões;
- não existe “pergunta cretina”, isto é qualquer questionamento deve ser analisado;
- o comitê não deve se limitar a iniciar cada questão com “E SE...”;
- após esgotar-se o leva tamanho de questões, o coordenador distribuirá cópias do “check-lists Simplificado para Análise de Riscos”, o qual será seguido ponto a ponto para o afloramento de questões adicionais. O procedimento será repetido com o “check-list abrangente para Análise de Riscos”. Todas as questões adicionais devem ser registradas pelo relator. Os check-lists não devem ser usados como estimulador primário de questões, e sim utilizada a criatividade do comitê.

Os check-lists devem ser usados exatamente como seu nome implica - como uma fonte de verificação capaz de estimular questões que tenham sido deixadas para trás.

2.3.3.3 Análise de Risco: é a avaliação qualitativa ou quantitativa dos riscos apresentados por uma instalação ou atividade. Segundo a Nortes (2002), Análise de Risco é a avaliação metódica, quantitativa ou qualitativa, de uma atividade humana, visando a determinação da

probabilidade dessa atividade produzir danos, conjugada com a severidade desses danos.

A Análise de Risco se divide em cinco partes de igual importância: isoladas, estas partes representam muito pouco ou quase nada. Alinhados e geridos de forma adequada, estes componentes da análise de risco podem apontar caminhos seguros na busca ao nível adequado de segurança de uma organização.

Os cinco pontos são:

- Identificação e Classificação dos Processos de Negócio;
- Identificação e Classificação dos Ativos;
- Análise de Ameaças e Danos ;
- Análise de Vulnerabilidades ;
- Identificação de medidas de redução dos riscos.

Durante o planejamento do futuro da empresa, a Alta Administração deve garantir que todos os cuidados foram tomados para que seus planos se concretizem. A formalização de uma Análise de Risco provê um documento indicador de que este cuidado foi observado. O resultado da Análise de Risco dá à organização o controle sobre seu próprio destino – através do relatório final, pode-se identificar quais controles devem ser implementados em curto, médio e longo prazo. Há então uma relação de valor; ativos serão protegidos com investimentos adequados ao seu valor e ao seu risco. Na figura 05 temos as etapas descritas:

ETAPAS DE UMA ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS

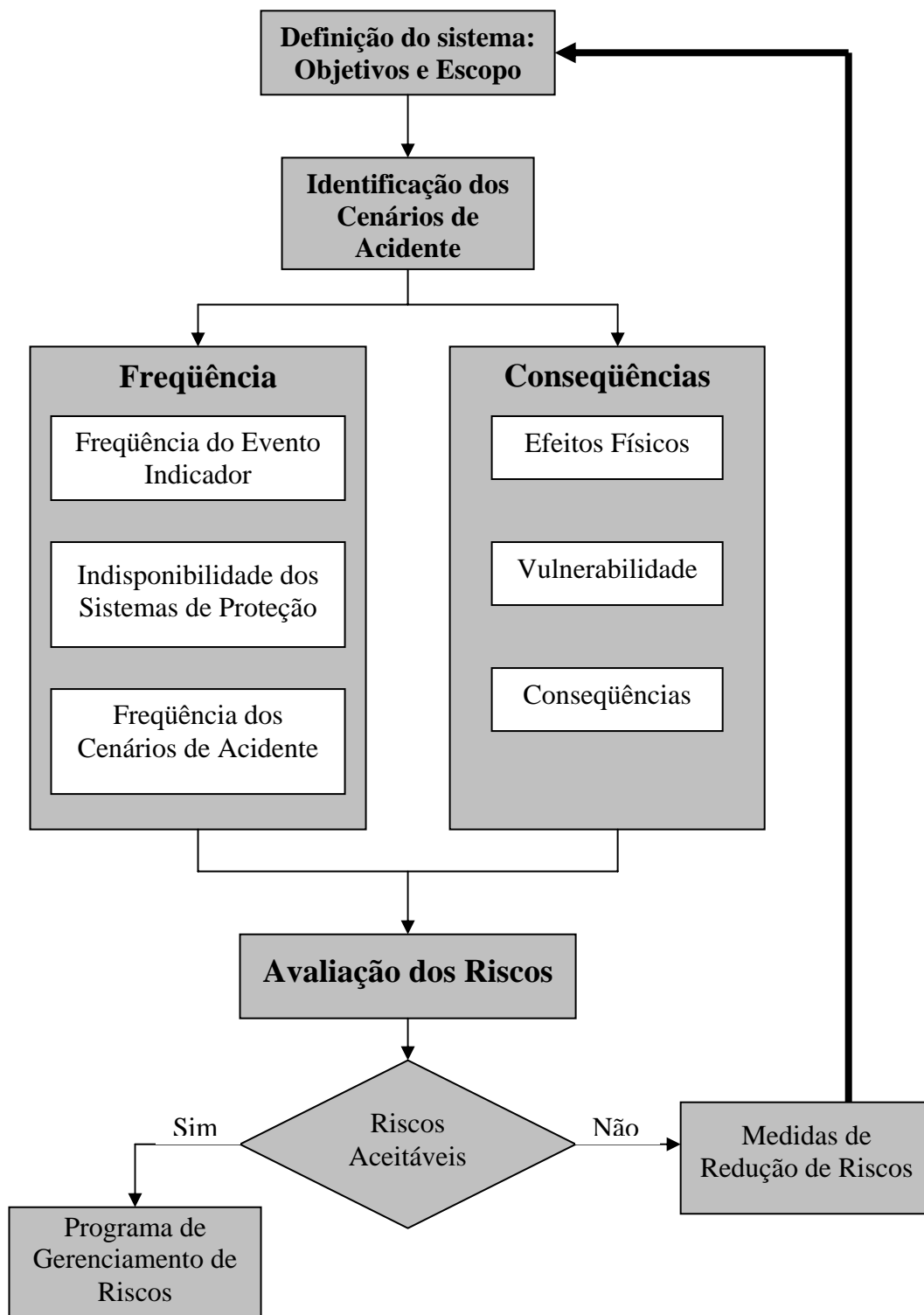


Figura 05 - Diagrama Ilustrativo das Etapas de uma Análise de Risco

Fonte: Nortes, 2002

2.4 - Processos de Produção de Agroquímicos

Segundo Machado (1991), agroquímicos são produtos químicos que ajudam a controlar pragas e doenças das plantas e podem causar danos à saúde do homem e ao meio ambiente.

O uso de químicos sem preocupação com suas conseqüências para o meio ambiente e para a saúde do homem e, principalmente, sem qualquer tipo de fiscalização, gera problemas de dimensões desconhecidas. O tema, embora fazendo parte de muitas pautas de debates, jamais alcançou a atenção que merece, sempre oculto sob a lembrança de que a utilização de agroquímicos necessária ao incremento da produção agrícola e, assim, para a economia do país.

Não se pretende, com o estímulo ao estudo criterioso da matéria a inviabilização da agricultura. Espera-se, como resultado, o equacionamento do uso, de forma que seja mínima a repercussão negativa para o meio ambiente e para a saúde, ao mesmo tempo em que se propicia significativo aumento da produtividade.

2.4.1 Descrição dos Principais Agroquímicos

Os agroquímicos utilizados no controle de doenças incluem :

Inseticidas e acaricidas – controlar insetos e ácaros;

Fungicidas e bactericidas – para controle de fungos e bactérias;

Herbicidas – para controlar plantas hospedeiras que afetam as culturas específicas.

Segundo Andrei (1997), o grupo mais importante de agroquímicos utilizados para o controle de doenças de plantas é o dos fungicidas, que abrange um dos bactericidas mais usuais. Eles têm alto poder erradicante e constituem em um grande grupo de propriedades químicas e biológicas muito variáveis, podendo envolver vários princípios de controle em função da natureza do produto, da época e metodologia de aplicação e do estágio de desenvolvimento epidemiológico da doença, protegendo, erradicando e imunizando a planta.

2.4.2 Características de um Fungicida

- Fungitoxidade – deve ser tóxico ao patógeno em pequenas concentrações;
- Especificidade – alguns fungicidas são específicos, outros são gerais e de amplo espectro;
- Deposição e distribuição – deve depositar e distribuir uniformemente na superfície da folhagem, solubilizando-se lentamente;
- Aderência e cobertura – deve aderir à superfície da folhagem e cobri-la para perfeita proteção. Quando as folhas possuem pêlos ou cera que repelem a água, deve-se usar um espalhante adesivo.
- Tenacidade – ser resistente às intempéries, como chuvas, ventos, irradiação solar, etc;

- Não deve ser fitotóxico – ser tóxico somente ao fungo e não a planta;
- Não deve ser tóxico nem ao homem e nem aos animais;
- Compatibilidade – ser compatível a outros fungicidas, herbicidas ou inseticidas, para melhor economicidade nas aplicações;

2.4.3 Classificação Toxicológica dos Fungicidas

Baseados nas características toxicológicas, os fungicidas são divididos nas seguintes classes:

- Classe I – extremamente tóxico (rótulo vermelho)
- Classe II – altamente tóxico (rótulo amarelo)
- Classe III – medianamente tóxico (rótulo azul)
- Classe IV – pouco tóxico (rótulo verde)

3 - Metodologia

Nesta etapa será demonstrado o desenvolvimento metodológico do estudo através da apresentação de uma caracterização geral, abrangendo a classificação da pesquisa, a forma de abordagem, o método de investigação, o objeto de estudo, os instrumentos adotados, observando e analisando os dados, com a finalidade de possibilitar a análise da questão econômica na gestão ambiental e a importância da análise econômica na decisão de investimentos ambientais no contexto da valoração monetária dos recursos ambientais.

A metodologia adotada para este trabalho foi desenvolvida de acordo com os objetivos, traçados, através das orientações e recomendações metodológicas de diversas obras da literatura existente sobre o assunto.

Em decorrência, a pesquisa passou a ser estruturada utilizando-se de métodos conhecidos como alternativas qualitativas, dentre as quais a pesquisa-ação, uma vez que a metodologia deveria permitir a convivência com contradições e sucessivas etapas de superação, proporcionando, não de forma definitiva ou acabada, saltos de qualidade no processo.

Pesquisa-ação é um tipo de pesquisa social com base empírica que é concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo e no qual os pesquisadores e os participantes representativos da situação ou

do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. (Thiollent, 1988, p.14).

O tema *dano ambiental* atualmente constitui-se numa preocupação e passa a inserir-se no contexto de questões a serem resolvidas em nível de globalização. Segundo Backer (1995) os desastres ambientais alcançam efeitos transfronteiriços e atingem toda coletividade e seu ecossistema. Segundo Leite (2000), constata-se uma política ambiental restrita ao âmbito de cada estado e indústria, trazendo imenso descompasso com efetiva proteção ao meio ambiente. Mesmo com vários alertas a respeito, não se verifica uma expressiva diminuição da poluição e dos desastres ecológicos. Isto tem tudo a ver com o desenvolvimento econômico, desrespeito e sobre a falta de conhecimento. Uma visão clássica de desenvolvimento e crescimento econômico, fundado em um industrialismo totalmente agressivo aos recursos naturais, a regra é o acúmulo de capital e a produção da riqueza, sendo ignorada a preservação dos recursos naturais, como elementos de uso ilimitado, estes não são contabilizados em seus sistemas econômicos e a consequência à defesa do meio ambiente é vista como inconciliáveis.

Por isso este trabalho visa analisar e determinar o valor econômico de um dano ambiental, somando o valor do investimento e comparando com o custo após o dano, provando que existem técnicas de otimização que diminuem acidentes, e que o custo deste investimento é muito baixo.

Na coleta de dados serão utilizados casos reais acontecidos na empresa, com registros de dados, fotos e relatórios. Também serão coletadas amostras de pontos estratégicos, a fim de obter análises dos principais parâmetros utilizados em projetos.

Em função da extensão e de diversos tipos de danos ocorridos e coletados, o projeto será limitado ao estudo de caso de uma indústria de agroquímicos no interior do RS. Sendo as alternativas passíveis de utilização de outros trabalhos.

Todas as informações obtidas através da coleta de dados da empresa foram cuidadosamente analisadas e descritas no desenvolvimento do trabalho, e serão apresentadas na etapa seguinte que se refere à apresentação, discussão e análise dos dados coletados.

Capítulo 4 – Desconformidades Ambientais na Produção de um Agroquímico

4.1 Processo de Produção de Tebuconazole (Fungicida)

O *site* da Empresa, localizada em Taquari – RS, responsável pela produção de agroquímicos, registrou no dia 20 de novembro de 2001, por volta da 14:30 h, um acidente em sua unidade de produção de tebuconazole, na seção de tratamento de efluentes, projetada para tratar os resíduos provenientes das águas de lavagem de processo e das torres de abatimento de gases.

O processo de produção do tebuconazole consiste de duas etapas. A primeira é a etapa de produção do oxirane, utilizado na etapa seguinte como intermediário para a produção do tebuconazole. Tanto o oxirane quanto o tebuconazole são submetidos a diversas lavagens antes de serem utilizados. As águas geradas nestas lavagens formam um dos efluentes da unidade. O outro efluente é proveniente das torres de abatimento de gases, que são colunas de lavagem de gases que operam com solução de hipoclorito de sódio.

O tratamento inicial para os dois efluentes era realizado através de oxidação, tratamento biológico e tratamento com carvão ativo. No entanto, devido ao baixo rendimento deste tratamento, foi elaborada uma nova rota de tratamento via destilação do efluente, cuja água seria eliminada do efluente, sendo reaproveitada e os sólidos concentrados

seriam enviados para aterro sanitário. Para viabilizar este tratamento via destilações, testes foram realizados em planta piloto com material estocado de uma de fabricação experimental de tebuconazole.

Os resultados foram satisfatórios do ponto de vista da engenharia e, com eles a planta foi projetada e montada. Este tratamento foi realizado com êxito para os primeiros 48 lotes de efluentes, apesar destes serem provenientes de tambores armazenados há aproximadamente seis meses (este processo era provisório), enquanto que o processo principal tinha como objetivo o tratamento dos efluentes brutos, provenientes diretamente dos processos de síntese, o que foi feito no 49º lote, acarretando no acidente.

A dissertação avaliará todos os parâmetros relevantes do acidente, analisá-lo, indicar suas possíveis causas e sugerir recomendações para garantir a segurança da operação.

Para isso foi feito um levantamento de campo para a compreensão do processo, coleta de dados do processo e de depoimentos de testemunhas. Este levantamento foi precedido de um estudo mais detalhado dos fatores envolvidos no acidente, bem como uma intensa busca na literatura das principais propriedades das substâncias envolvidas e casos de acidentes similares.

Na análise do acidente, foram verificados diversos fatores que poderiam tê-lo desencadeado, além dos procedimentos realizados

antes, durante e após o mesmo. Dentre os fatores estudados, destacam-se:

- **A presença de hipoclorito de sódio no efluente a ser concentrado.** O hipoclorito de sódio é altamente oxidante, reativo e decompõe-se em altas temperaturas formando cloro ou oxigênio. Em contato com certas substâncias, pode levar à formação de compostos que reagem violentamente e podem até causar explosões.
- **O aumento demasiado da temperatura dentro do reator.** Este fator, aliado ao fato da presença de hipoclorito e substâncias orgânicas dentro do reator, pode ter sido determinante no acontecimento do acidente, em virtude do aumento da velocidade de reação dos compostos presentes no meio.

Estes dois fatores, aliados à presença de outras substâncias no meio além do hipoclorito de sódio, foram indicados como os possíveis causadores do acidente na estação de tratamento de efluentes.

Em paralelo, foram pesquisados acidentes similares ocorridos em escala industrial, que utilizavam o hipoclorito. Verificou-se que a maior parte dos acidentes está relacionada à decomposição do hipoclorito formando gás cloro, que é altamente tóxico e reativo, podendo formar, inclusive, compostos explosivos quando associado a outros compostos.

No intuito de garantir a segurança na operação da unidade e evitar futuros acidentes, fez-se as seguintes recomendações, referentes ao processo de tratamento de efluentes da unidade de produção de tebuconazole:

- Neutralização do hipoclorito de sódio presente no efluente – foi sugerida a neutralização do hipoclorito presente no efluente antes deste ser enviado para tratamento. Esta neutralização poderia ser feita com sulfito ou tiosulfato de sódio.
- Redundância da medida de temperatura – em se tratando de uma variável de extrema importância, foi sugerido que houvesse mais de uma tomada de temperatura dentro do reator, a fim de impedir um possível aumento de sua temperatura por conta de um defeito em um instrumento de medida.
- Tanques de segurança dedicados para cada seção da planta – foi recomendado que a unidade passe a operar com tanques de segurança dedicados para cada uma de suas seções, a fim de impedir uma propagação de gases por toda a unidade em caso de uma sobrepressão em uma das linhas de processo.
- Criação de uma rotina de inspeção de instrumentos e equipamento críticos para o processo, diminuindo a possibilidade de falhas que possam vir a causar atrasos ou danos à unidade.

- Implementação de uma linha com fluido refrigerante ligado ao reator no intuito de auxiliar o resfriamento do reator (que possui uma grande inércia térmica) em casos de aumentos demasiados de temperatura.

4.1.1 Síntese do Tebuconazole

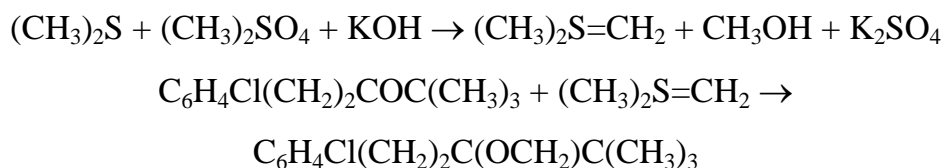
O processo de produção do tebuconazole ocorre em duas etapas: a primeira consiste na síntese do oxirane, intermediário utilizado posteriormente na segunda etapa, que é a síntese do tebuconazole propriamente dita. Todas as duas etapas são conduzidas de forma não contínua (em batelada).

Na síntese do oxirane são utilizados como principais matérias-primas o dimetil sulfeto (DMS), o dimetil sulfato (DMSO_4) e o 1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil-3-pentanona (*ketone*). Estas substâncias são misturadas no reator RTI01 e, a este reator, além dos reagentes mencionados anteriormente, são adicionados potassa cáustica (KOH) e água. O reator é submetido a um resfriamento, pois a própria reação gera o calor necessário para que ela ocorra. Depois de decorrido o tempo de reação, o reator é descarregado e o oxirane sólido formado é lavado com a água proveniente da lavagem do tebuconazole. A água proveniente da lavagem do oxirane é então enviada para estocagem para, posteriormente, ser submetida a um tratamento.

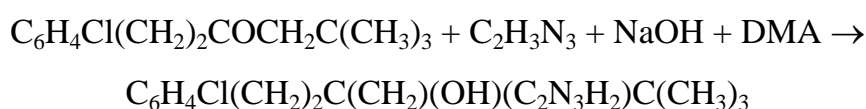
Para a síntese do tebuconazole são utilizados como matérias-primas oxirane, triazol, dimetilacetamida, metilciclohexano e soda

cáustica. Estas substâncias são misturadas no reator RTI08, que é aquecido para dar prosseguimento à reação, após a qual, destila-se a dimetilacetamida e adiciona-se o metilciclohexano para proceder às lavagens. Depois de lavado o produto é cristalizado em meio a metilciclohexano, filtrado, seco e embalado para posterior formulação. As reações abaixo representam as duas sínteses ocorridas na unidade de produção do tebuconazole. A figura 6 representa o diagrama de blocos simplificado do processo de produção do tebuconazole.

Síntese do oxirane:



Síntese do tebuconazole:



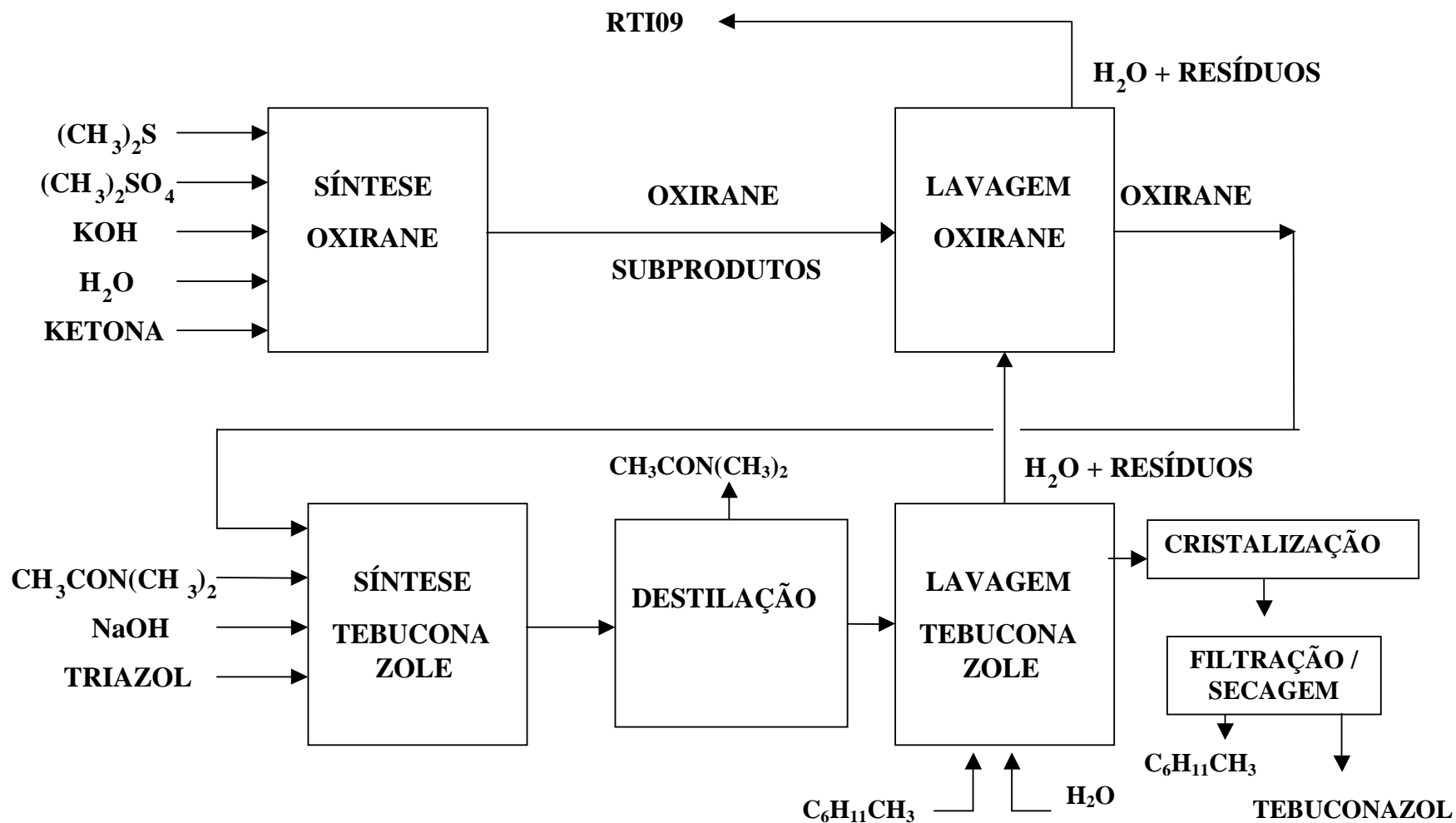


Figura 06 – Diagrama de blocos simplificado do processo de síntese do tebuconazole

4.1.2 Sistema de Destilação de Efluentes

O sistema de destilação de efluentes tem como objetivo processar todos os efluentes gerados na unidade de produção do tebuconazole, de maneira a reduzir a sua toxicidade e o teor de matéria orgânica presente. Esses efluentes são constituídos, basicamente, das águas de lavagem da síntese do oxirane e tebuconazole e das águas provenientes dos tanques de abatimento de gases, ejetores e bombas de vácuo da unidade.

Os efluentes gerados na unidade durante a fabricação experimental foram inicialmente submetidos a uma oxidação, um tratamento biológico e um tratamento terciário com carvão ativo. No entanto, devido à baixa eficiência do tratamento (o efluente depois de tratado ainda apresentava altos índices de toxicidade), a empresa optou por utilizar uma nova rota de tratamento dos efluentes gerados no processo baseada, a princípio, no seguinte procedimento:

- 1- As águas de lavagem da síntese do oxirane e do tebuconazole eram encaminhadas e armazenadas no tanque RTI09, que, eventualmente, recebia uma solução a 8% de hipoclorito para neutralização de alguns produtos presentes no meio (dimetil sulfeto, aminas, amidas, etc.). Após a neutralização, o efluente era enviado ao tanque TQE39, onde era misturado com as águas de lavagem proveniente dos tanques de abatimento de gases TAG01, TAG02 e TAG03, que são responsáveis pela neutralização dos gases produzidos nos equipamentos da unidade – a neutralização é

feita com uma solução de hipoclorito de sódio que recircula em uma coluna de absorção, em contracorrente com os gases ascendentes. A mistura final dos efluentes, denominada AG-100, era então armazenada em tambores, apesar deste não ser o processo normal (a estocagem estava sendo feita temporariamente até que o sistema de tratamento estivesse pronto para operar, quando passaria a processar o efluente bruto).

- 2- O efluente armazenado em tambores era estocado (com tempo de estocagem de até seis meses) e carregado no reator RTV12, sendo submetido a uma destilação a vácuo para sua concentração. Nesta destilação eram geradas três frações de destilado, sendo a primeira fração composta, em sua maior parte, de DMS, com algum teor de água e metanol; a segunda fração composta por água com alto teor de metanol e a terceira fração composta, em sua maior parte por água, contendo traços de metanol. A primeira fração retornava para o lote seguinte na lavagem do oxirane, a segunda fração era enviada para incineração e a terceira fração era dividida em duas partes, sendo estas enviadas para a lavagem do oxirane e do tebuconazole.
- 3- O resíduo da destilação era filtrado para a retirada do meio filtrante, onde a água formada retornava para o destilador e os cristais retidos eram enviados para aripe.

As figuras 07 e 08 representam diagramas de blocos simplificados dos processos de geração e tratamento de efluentes, respectivamente.

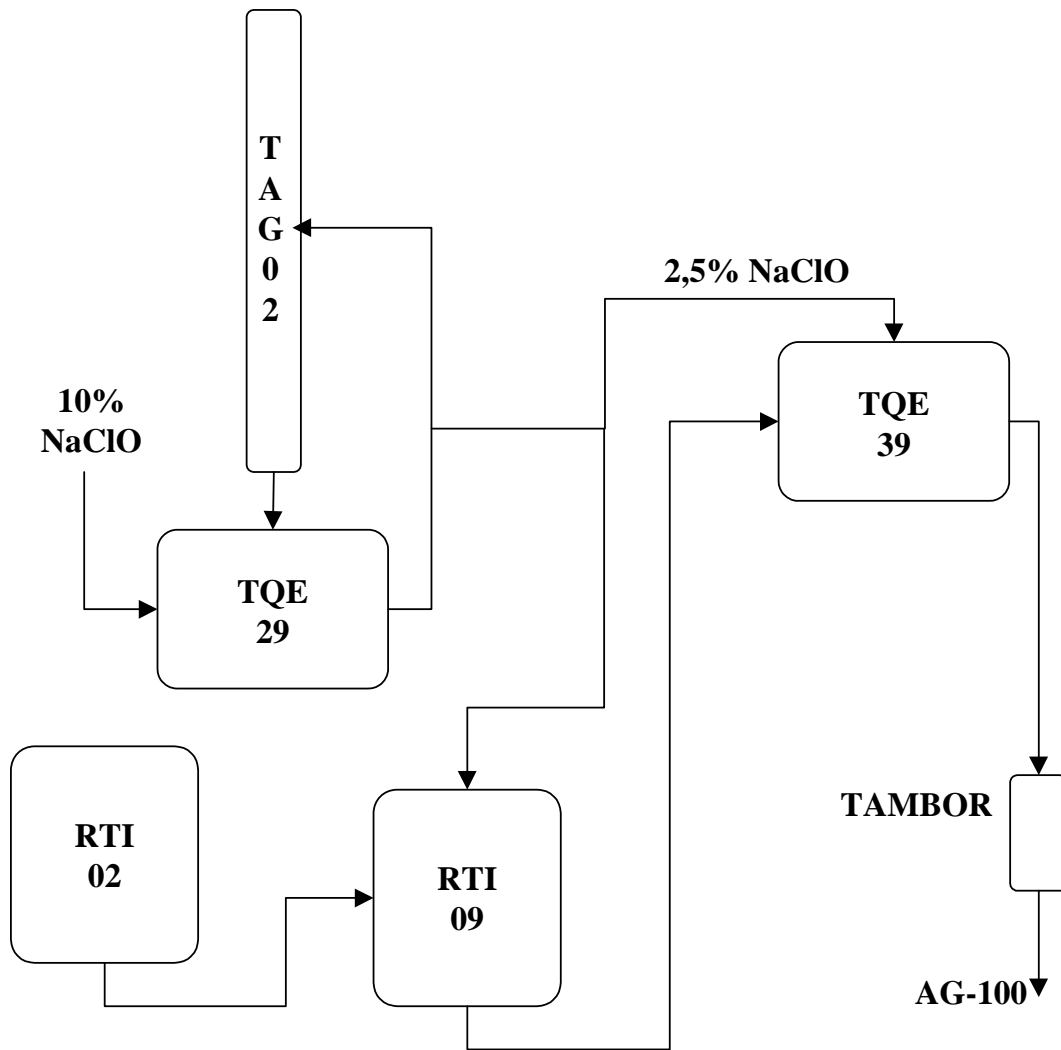


Figura 07 : Diagrama de blocos do processo de geração do efluente
AG-100

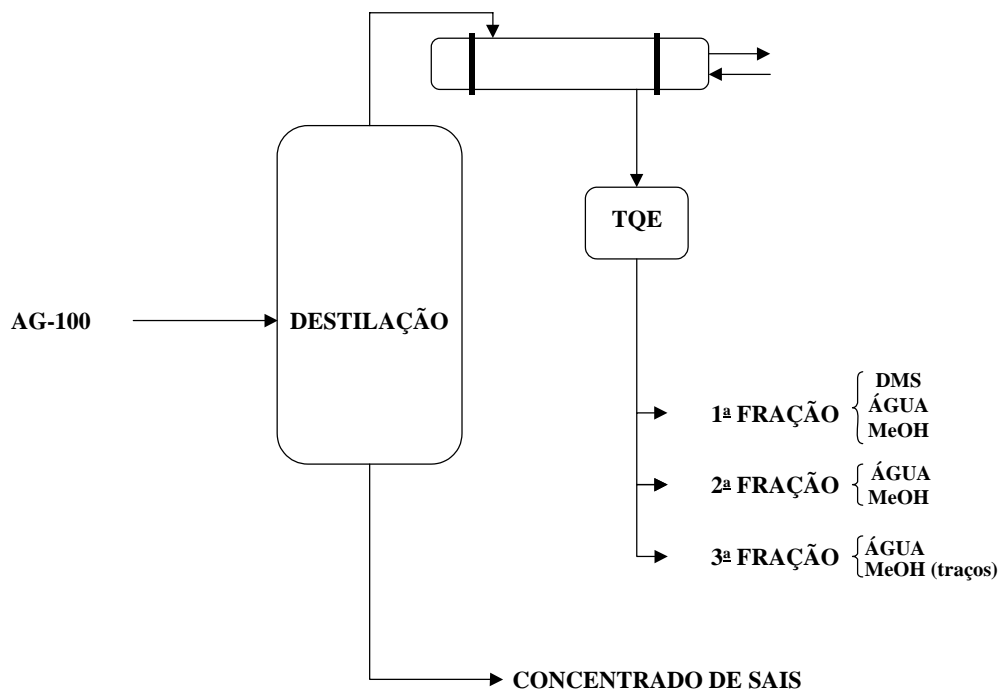


Figura 08 : Diagrama de blocos simplificado do processo de tratamento de efluentes

4.1.3 Operação Normal

O processo de tratamento descrito foi realizado com êxito em 48 lotes, obtendo-se resultados satisfatórios. No entanto, este processo não previa o armazenamento do efluente em tambores, que gerava grandes volumes e apresentava o inconveniente da perda de parte do DMS residual, que era neutralizado pelo hipoclorito adicionado antes do armazenamento do efluente.

Um dos objetivos do tratamento era extrair o DMS da água de lavagem do oxirane e tebuconazole antes que este fosse neutralizado com o hipoclorito proveniente das águas dos tanques de abatimento

dos gases. Este tratamento seria conduzido de maneira análoga ao descrito anteriormente, sendo que a água de lavagem de processo (lavagem do oxirane e tebuconazole) e a água de lavagem dos tanques de abatimento de gases, bombas e ejetores não se misturariam, evitando o contato entre o hipoclorito e o DMS, preservando-o para que pudesse ser reaproveitado posteriormente. Basicamente, o processo seria conduzido da seguinte maneira:

As águas de lavagem da síntese do oxirane e do tebuconazole seriam armazenadas no tanque TQE53 e dali seriam encaminhadas diretamente para a destilação a vácuo (reator RTV12), onde o excesso de DMS seria recolhido numa primeira fração de destilado (este DMS seria, posteriormente, reaproveitado). A segunda fração de destilado, contendo água e metanol (este em quantidade significativa), seria encaminhada para incineração e a terceira fração, contendo água com traços de metanol, seria reaproveitada nas lavagens do oxirane e tebuconazole.

1- Após a destilação de um volume pré-determinado, o RTV12 seria carregado com o efluente proveniente do TQE39 (este tanque armazenaria as águas dos tanques dos sistemas de abatimento dos gases, água das bombas de vácuo e ejetores). Esse conteúdo seria destilado para retirada de água (retorno para o processo), sendo o resíduo removido para ser destinado em aterros autorizados. empregado como aterro sanitário.

O processo descrito acima pode ser representado pela figura 6, sendo que o vaso destilador processa as duas cargas diferentes, água

de lavagem do oxirane e tebuconazole e água dos tanques de abatimento de gases, bombas de vácuo e ejetores; separadamente em batealdas distintas. Um aspecto importante a ser ressaltado neste processo também é o fato dos dois efluentes terem sido processados logo após a sua geração. Isto é, todos os dois efluentes foram processados sem serem submetidos a um longo tempo de estocagem em tambores.

4.1.4 Testes Realizados na Planta Piloto

No intuito de reproduzir o tratamento de efluentes por meio de destilação, foram realizados testes na planta piloto da empresa com o objetivo de avaliar a viabilidade do processo. Estes testes consistiram da destilação do AG-100 estocados da campanha experimental de Tebuconazole em **apenas 3 lotes** e serviram para a implantação do processo em escala industrial. A destilação na planta piloto seguiu os mesmos passos da destilação projetada em escala industrial, realizada para os primeiros 48 lotes do AG-100, onde eram extraídas três frações de destilados. No entanto, nenhum teste foi feito em escala piloto com o processamento dos efluentes bruto e separadamente, que representava a operação normal a ser realizada na seção de tratamento de efluentes.

4.1.5 Principais Variáveis de Processo e Malhas de Controle

A figura 9 apresenta o diagrama de processo simplificado do sistema de destilação de efluentes com as principais variáveis do

processo e malhas de controle. A descrição destas variáveis encontra-se na tabela 02.

Tabela 02 : Descrição das principais variáveis e malhas de controle do processo de tratamento de efluentes

TAG	DESCRIÇÃO
RTV12	REATOR
CLD03	COLUNA COM RECHEIO
TRC30	CONDENSADOR OPERANDO COM ÁGUA
TRC31	CONDENSADOR OPERANDO COM MONOETILENOGLICOL
TQE55	TANQUE DE COLETA DE CONDENSADO
BMC58	BOMBA DRENAGEM DO TQE55
BBC57	BOMBA DE MEG
BBV60	BOMBA DE VÁCUO
TT-046	TEMPERATURA DO REATOR
TIC-046	CONTROLADOR DE TEMP. DO REATOR – ATUA NA TV-046
TV-046	VÁLVULA DE CONTROLE DE TEMPERATURA DO REATOR
TT-043	TEMPERATURA DO TOPO DA COLUNA
PT-16A	PRESSÃO DO TOPO DA COLUNA
PIC-016	CONTROLE DE PRESSÃO DO TOPO DA COLUNA – ATUA NA PV-016
PV-016	VÁLVULA DE CONTROLE DE PRESSÃO DA COLUNA
LT-033	NÍVEL DO TQE55
LIC-033	CONTROLE DE NÍVEL DO TQE55 – ATUA NA BMC58
TT-044	TEMPERATURA DE SAÍDA DO MEG
TIC-044	CONTROLE DE TEMPERATURA DO TT-044 – ATUA NA BBC57

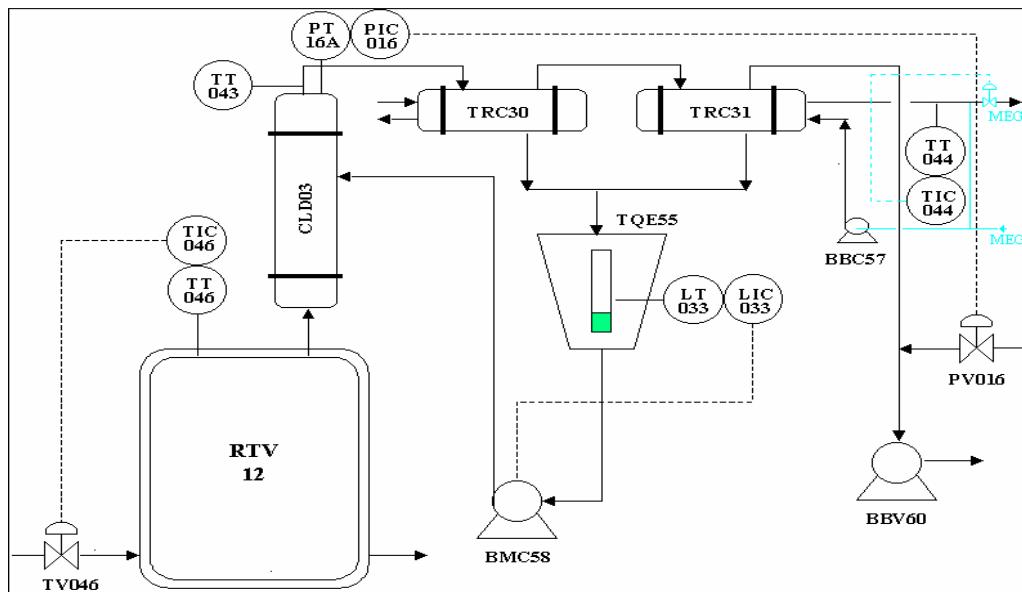


Figura 09: Representação das variáveis de processo e malhas de controle

4.2 Descrição do Acidente

O acidente na unidade de tratamento de efluentes ocorreu durante o processo de tratamento descrito no item 4.1.

No dia 19/11/2001, às 11:30 h, o reator RTV12 foi carregado com 10,5 m³ da solução do tanque TQE53, gerado a partir do protocolo SMS-011/01. A este carregamento, foram adicionados 5 kg de sílica, cujo objetivo era neutralizar moléculas livres de flúor que pudessem estar presentes no meio (o flúor pode causar danos ao revestimento interno do reator). O pH deste efluente encontrava-se em torno de 13, o que levou a uma adição de aproximadamente 800 litros de uma solução de ácido clorídrico 33% em massa, a fim de

neutralizá-lo. Durante a neutralização, houve um aumento de 10° C na temperatura do meio, alcançando 45° C. Este aumento de temperatura propiciou o início da destilação do DMS, sendo este recolhido e enviado para o tanque TQE50. De maneira a garantir o total recolhimento do DMS, o meio foi aquecido até atingir a temperatura de 55°C, mantendo-se assim até que não houvesse mais formação de líquido nos condensadores. Deste modo, foram destilados aproximadamente 200 litros de DMS.

A concentração de metanol no meio, no início do processo, encontrava-se em torno de 0,15%. Por causa disto, a equipe de operação decidiu destilá-lo junto com a água, armazenando a solução no tanque TQE51. Deste tanque a água retornaria para a lavagem do oxirane. Desta maneira, a concentração de metanol aumentaria na água de lavagem, permitindo uma melhor separação na destilação de lotes posteriores. Esta destilação da água mais metanol começou às 16:00 h do dia 19/11/2001 (ao final da destilação do DMS) e o volume total de destilado foi de 7,65 m³. O processo foi realizado sob vácuo de 0,9 kgf/cm² e temperatura de 80°C, durando até aproximadamente a 1:00 h do dia 20/11/01, quando o vácuo foi desfeito e a entrada de vapor fechada.

Sem descarregar o reator, foi feito o carregamento de cerca de 6,6 m³ de efluente proveniente do TQE39 (este tanque estava com água das torres de abatimento de gases). No instante do carregamento, a temperatura do reator encontrava-se a 80°C. Aproximadamente 5 kg

de sílica também foram carregados no reator a fim de neutralizar possíveis moléculas de flúor presentes no meio. O pH do efluente era 9,1 e, por causa disto, não foi necessário neutralizá-lo com ácido clorídrico.

A destilação prosseguiu com o mesmo vácuo e temperatura mencionados anteriormente. No entanto, devido a problemas na bomba de drenagem do tanque de coleta de condensado, que acarretou em um alto nível do tanque (aproximadamente às 13:10 h do dia 20/11/2001), o vácuo foi reduzido para 0,5 kgf/cm² e a temperatura alcançou os 100°C. O sistema permaneceu assim por aproximadamente uma hora, ao final de que, após o restabelecimento do sistema de controle de nível do tanque de coleta de condensado, o vácuo foi restabelecido para 0,9 kgf/cm², tendo a temperatura, no entanto, permanecido próxima dos 100°C. Aproximadamente às 14:30 h do dia 20/11/2002, depois de destilados 7,85 m³, ocorreu o acidente. Segundo o operador que estava na área no momento do acidente, houve um aumento súbito de pressão dentro do reator, com a abertura da válvula de segurança e, posteriormente, o rompimento do disco de ruptura. Logo em seguida ocorreu a explosão, causando o rompimento dos visores da coluna de destilação, do tanque coletor de condensado, da tubulação de saída de condensado e dos condensadores. O gás expandido atingiu o tanque de segurança, que recebe as linhas do vaso RTI01 (síntese do oxirane), RTI02 (lavagem e destilação do DMS) e tanque de estocagem de sulfeto. Houve o desprendimento de gases, ocasionando oxidação superficial dos equipamentos. Houve também

impacto no sistema de vácuo e rompimento do disco de ruptura de outros equipamentos que estavam alinhados com o condensador.

4.2.1 Levantamento de Campo

O levantamento de campo consistiu das seguintes etapas:

- Reunião com o pessoal responsável pela operação da unidade de tratamento de efluentes, onde buscou-se o total entendimento do processo, desde a síntese do tebuconazole até o tratamento dos efluentes gerados no processo; e do acidente ocorrido;
- Reunião com o pessoal responsável pela operação da planta piloto, onde foram realizados testes preliminares para determinar a viabilidade do processo de tratamento pretendido pela empresa;
- Reunião com a equipe responsável pela área de meio ambiente;
- Recolhimento de documentos que possam, de alguma maneira, indicar possíveis causas do acidente ocorrido. Os principais documentos recolhidos foram:
 - i) MSDS (*Material Safety Data Sheet*) das substâncias envolvidas em todo o processo;
 - ii) Fluxogramas de processo;
 - iii) Folhas de dados dos principais equipamentos da unidade, principalmente aqueles envolvidos, de alguma maneira, no acidente;

- iv) Relatórios, atas, apresentações e depoimentos relacionados com os fatos ocorridos no dia do acidente;
- v) Memorial descritivo do funcionamento do sistema de controle e supervisão, bem como gráficos históricos das principais variáveis de processo momentos antes, durante e depois do acidente;
- vi) Descritivo da rota química utilizada em todo o processo de síntese do tebuconazole, além dos balanços materiais correspondentes das unidades referentes ao tebuconazole;
- vii) Descritivo de testes e experimentos realizados em laboratório e planta piloto para viabilizar o processo de tratamento de efluentes.
- viii) Descritivo de testes e experimentos realizados em laboratório e planta piloto para viabilizar o processo de tratamento de efluentes.

4.3 Análise do Evento

A partir da análise dos documentos agrupado e de uma exaustiva busca na literatura, identificou-se alguns pontos importantes a respeito do acidente ocorrido em Taquari, os quais estão descritos nos itens seguintes.

4.3.1 Cronologia

A Tabela 03 apresenta a ordem cronológica dos fatos ocorridos durante a operação de simulação da destilação do efluente. Os dias mencionados referem-se ao mês de novembro de 2001. A maior parte destes dados foi coletada a partir da leitura dos gráficos de histórico do sistema supervisorio da unidade (apresentados no apêndice A deste relatório), sendo a outra parte extraída das referências deste relatório. Logo, é importante ressaltar que, devido ao tempo de resposta dos instrumentos de medição, pode haver alguma defasagem entre o tempo registrado e o tempo real em que os eventos realmente aconteceram.

Tabela 03 – Cronologia dos eventos dos dias 19 e 20 de novembro de 2001

DIA	HORA	EVENTO
19	11:30	Carregamento do RTV12 com 10,5 m ³ do efluente do tanque TOE53
		Adição de sílica e neutralização com solução de HCl
		Início do aquecimento e da destilação do DMS
	16:00	Término da destilação do DMS – 200 litros destilados
Início da destilação a vácuo da água presente no meio com pressão de -0,9 kgf/cm ² e temperatura dentro do reator de 80°C (condições normais de operação).		
20	1:00	Depois de destilados 7,65 m ³ , o vácuo e o aquecimento foram interrompidos e o reator foi carregado com 6,65 m ³ do efluente proveniente do TQE39
		Adição de 5 kg de sílica ao reator
	2:38	Início da destilação com pressão próxima de -0,84 kgf/cm ² . As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em torno de 50°C e 36°C, respectivamente.

3:16	A pressão, que tinha aumentado gradativamente e estava em $-0,76 \text{ kgf/cm}^2$, começou a subir. As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em torno de 68°C e 36°C , respectivamente.
3:19	A pressão manométrica atingiu um valor praticamente igual a zero. As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em torno de 69°C e 61°C , respectivamente.
3:40	A pressão manométrica voltou a diminuir. As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em torno de 85°C e 58°C (esta normalmente ficava em torno de 60°C), respectivamente. O aumento da temperatura do reator (que opera normalmente a 80°C) pode ser explicado pelo fato do aquecimento via camisa de vapor não ter sido interrompido. A diminuição da temperatura do topo da coluna pode ser explicada pelo fato do aumento da pressão dentro do reator ter causado uma diminuição da taxa de evaporação de líquido.
3:55	Ocorre um pico de pressão dentro do reator, onde esta atingiu o valor de $-0,03 \text{ kgf/cm}^2$. Neste instante, a temperatura do reator se encontrava em 79°C e a do topo da coluna em 69°C . O pico de pressão ocorreu às 3:55, porém, ele teve seu início às 3:52 h e o seu término às 3:59 h, onde atingiu uma pressão de $-0,7 \text{ kgf/cm}^2$ (a pressão normal de operação era $-0,7 \text{ kgf/cm}^2$).
4:11	A pressão manométrica, que se encontrava em $-0,79 \text{ kgf/cm}^2$, voltou a subir, igualando-se à pressão atmosférica 3 minutos depois. Neste instante, as temperaturas do reator e do topo da coluna diminuía e estavam em torno de 71°C e 67°C , respectivamente.
4:27	A pressão, que estava igual à atmosférica, voltou a diminuir, atingindo o valor de $-0,80 \text{ kgf/cm}^2$, 5 minutos depois. As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em torno de 67°C e 60°C , respectivamente.
4:52	A pressão se encontrava em $-0,80 \text{ kgf/cm}^2$ e estável. No entanto, a temperatura do topo da coluna ultrapassou a temperatura do reator, que estava em torno de 67°C . As duas temperaturas continuaram subindo, sendo que a do topo da coluna a uma taxa de variação maior do que a do reator.
8:00	A pressão se encontrava em $-0,80 \text{ kgf/cm}^2$ e estável. A temperatura do topo da coluna encontrava-se a 76°C , 7°C acima da temperatura do reator.
10:00	A pressão se encontrava em $-0,84 \text{ kgf/cm}^2$ e estável. A temperatura do topo da coluna encontrava-se a 80°C , 12°C acima da temperatura do reator.

12:59	A temperatura do topo da coluna, que estava em 94°C, 19°C acima da temperatura do reator, sofreu uma queda brusca, diminuindo 40°C em aproximadamente três minutos. A temperatura do reator, que estava em 75°C, permaneceu ascendente. A pressão dentro do reator, que estava estável em -0,87 kgf/cm ² , sofreu uma pequena perturbação, passando a -0,82 kgf/cm ² e voltando ao valor de -0,87 kgf/cm ² , sete minutos depois.
13:10	A temperatura do topo da coluna ultrapassou novamente a temperatura do reator, que se encontrava a 75°C. A pressão dentro do reator continuou estável em -0,87 kgf/cm ² .
13:13	Devido a problemas na bomba de refluxo do condensado do TQE055, o operador aumentou o <i>set point</i> de pressão dentro do reator para -0,50 kgf/cm ² . A pressão do reator voltou a subir, atingindo o valor de -0,47 kgf/cm ² , doze minutos depois. A temperatura do reator, que havia estabilizado em 75°C, voltou a subir, sem oscilações, sendo acompanhada da temperatura do topo da coluna, que passou a subir de maneira bem oscilatória. A pressão, após atingir -0,47 kgf/cm ² às 13:25 h, voltou a diminuir lentamente, atingindo -0,71 kgf/cm ² às 13:35 h, voltando a subir logo em seguida, até atingir o valor de -0,48 kgf/cm ² .
13:55	O operador diminuiu o <i>set point</i> da pressão do reator para -0,90 kgf/cm ² , fazendo com que ela atingisse -0,84 kgf/cm ² , oito minutos depois. A temperatura do reator, que estava em 104°C (o normal seria em torno de 80°C), diminuiu 10°C em doze minutos, porém, voltou a subir, decorrido este tempo. A temperatura do topo da coluna, que estava em 97°C (o normal seria em torno de 60°C), aumentou até 102°C, ficando estagnada durante uns dez minutos e voltando a subir, em seguida.
14:23	A pressão do reator, que estava em -0,80kgf/cm ² , começou a subir lentamente. As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em 97°C e 107°C, respectivamente, continuando em ascendência.
14:34:57	A taxa de variação de pressão aumentou significativamente. As temperaturas do reator e do topo da coluna mediam 105°C e 116°C, respectivamente.
14:35:19	O medidor de pressão do reator atingiu o seu fundo de escala (7 kgf/cm ²). As temperaturas do reator e do topo da coluna estavam em 105°C e 116°C, respectivamente.
14:35:41	O termopar que mede a temperatura do reator atingiu o seu fundo de escala (200°C). A temperatura do topo da coluna estava em 145°C.

	14:38:12	A temperatura do topo da coluna atinge seu valor máximo de 187,33°C. A pressão do reator já estava estável e igual à pressão atmosférica.
--	----------	---

4.3.2 Composição Provável dos Efluentes

- Efluente do TQE53 (composto conforme protocolo SMS-011/01):
 - i) Metanol
 - ii) Sulfato de potássio
 - iii) Hidróxido de potássio
 - iv) Dimetil Sulfeto
 - v) Hipoclorito de sódio
 - vi) Compostos formados a partir da reação do dimetil sulfeto com o hipoclorito de sódio
 - vii) Dimetilamina
 - viii) Dimetilformamida

- Efluente das torres de abatimento de gases (volume: 6,65 m³)
 - ix) Hipoclorito de sódio
 - x) Compostos formados a partir da reação do dimetil sulfeto com o hipoclorito de sódio
 - xi) Dimetilamina
 - xii) Dimetilformamida

No anexo 01 constam as fichas de segurança dos compostos químicos envolvidos.

4.4 Avaliação das Causas do Evento

Durante a análise dos compostos presentes no efluente gerado avaliou-se que o principal causador seria o hipoclorito de sódio, tendo em vista o relato das seguintes acidentes envolvendo o hipoclorito de sódio.

Na maioria dos casos, estes acidentes estão relacionados à decomposição do hipoclorito formando gás cloro, que é altamente tóxico e reativo.

Almogordo, USA – Em agosto de 1999, quatro operários feriram-se em uma explosão causada pela transferência de um tambor contendo hipoclorito de sódio para um tanque de uma unidade de tratamento de efluentes. Não foram encontradas maiores informações a respeito do acidente.

Inglaterra – Cerca de 170 funcionários foram retirados de uma fábrica devido à liberação intensa de cloro causada pela transferência de 300 litros de solução de hipoclorito de sódio para um tanque que continha cerca de 6000 litros de solução de ácido clorídrico. O gás espalhou-se rapidamente, diminuindo os danos causados.

Manchester, USA – Em julho de 2001, ocorreu uma explosão em uma empresa fornecedora de produtos de tratamento de água de piscina. De alguma maneira, foram misturados os produtos de tratamento com água, o que provocou a liberação de gás cloro e calor, provocando

uma explosão no local e causando danos em uma área de aproximadamente 19.000 m².

Geismar, USA – Em julho de 2001, ocorreu uma explosão em uma companhia fabricante de cloro, ácido clorídrico, soda cáustica, compostos de potássio e organoclorados. Não foram obtidas maiores informações.

Springfield, USA – Em junho de 1988, um acidente ocorreu em uma empresa que produzia compostos para tratamento de água de piscina. Um vazamento, por conta de uma chuva, no depósito onde eram estocados os produtos, à base de cloro e nitrogênio, causou a liberação de calor e de gás cloro e de cloreto de nitrogênio, o que causou explosões e fogo.

4.4.1 Propriedades Físico-Químicas das Soluções de Hipoclorito de Sódio

De acordo com a literatura pesquisada (Pionner, 2001), verificou-se a seguinte propriedade para soluções aquosas de hipoclorito de sódio entre 5 e 10 % m/m:

Em pH ácido, produzem gás cloro (Cl₂);

Reagem fortemente com compostos orgânicos nitrogenados, organoclorados e fortes agentes redutores, podendo acarretar em explosão;

Decompõem-se pelo calor ou pela luz, causando um grande aumento de pressão, que pode acarretar em explosão. Sua

decomposição pode levar aos seguintes produtos, dependendo da maneira como se decompõem: cloro (Cl_2), oxigênio (O_2), óxido de sódio (Na_2O), hidrogênio (H_2), clorato de sódio (NaClO_3). A formação de cloro é acelerada com o aumento da temperatura, produzindo também o óxido de sódio;

Seu tempo de vida não ultrapassa os seis meses a uma temperatura de 16°C , devido à sua decomposição, que tem sua cinética bastante acelerada com o aumento da temperatura e da concentração. Acima de 40°C , o produto pode ser considerado instável, pela sua rápida decomposição;

Metais e óxidos metálicos catalisam a decomposição do hipoclorito em oxigênio, podendo causar explosões;

Podem reagir explosivamente com compostos de nitrogênio ou formar cloroaminas, que são explosivas;

Em pH alcalino podem reagir explosivamente com compostos organoclorados.

4.4.2 Estabilidade do Hipoclorito de Sódio

A partir de dados de velocidade de decomposição do hipoclorito de sódio em função da temperatura e concentração inicial, realizou estudos para prever a cinética de decomposição do hipoclorito de sódio em determinadas condições de temperatura.

A partir do Pionner (2001) foram levantados os seguintes dados para uma solução de hipoclorito de sódio a 12 % p/v, a 40°C e 30°C , apresentados nas tabelas 04 e 05, respectivamente. Estes dados foram extraídos de gráficos, apresentados nos gráficos 01 e 02.

TEMPO (DIAS)	C (% p/v)	ln (C)	1/C	1/(C) ²
0	12	2,4849	0,0833	0,0069
10	8	2,0794	0,1250	0,0156
20	6	1,7918	0,1667	0,0278
30	5	1,6094	0,2000	0,0400
40	4,2	1,4351	0,2381	0,0567
50	3,6	1,2809	0,2778	0,0772
60	3,2	1,1632	0,3125	0,0977
70	2,8	1,0296	0,3571	0,1276

Tabela 04 : Dados de uma solução de hipoclorito de sódio a 12% a
40°C

Fonte: Pioneer,2001

TEMPO (DIAS)	C (% p/v)	ln (C)	1/C	1/(C) ²
0	12	2.4849	0.0833	0.0069
10	10.8	2.3795	0.0926	0.0086
20	9.7	2.2721	0.1031	0.0106
30	8.8	2.1748	0.1136	0.0129
40	8	2.0794	0.1250	0.0156
50	7.5	2.0149	0.1333	0.0178
60	7	1.9459	0.1429	0.0204
70	6.5	1.8718	0.1538	0.0237

Tabela 05 : Dados de uma solução de hipoclorito de sódio a 12% a
30°C

Fonte : Pioneer,2001

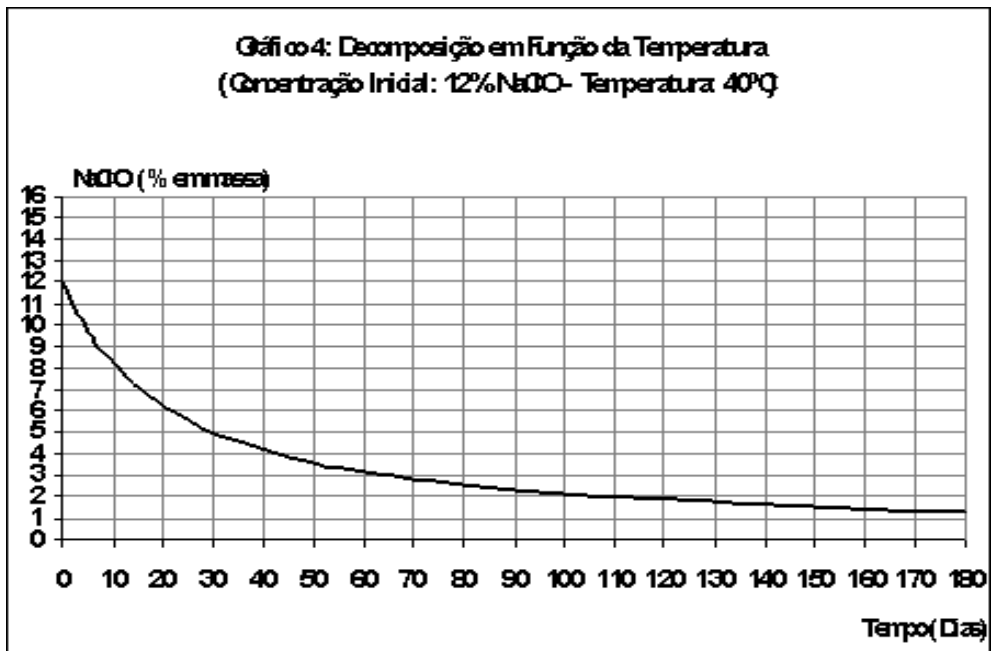


Gráfico 01: Gráfico de concentração do hipoclorito em função do tempo a 40°C
 Fonte : Pioneer,2001

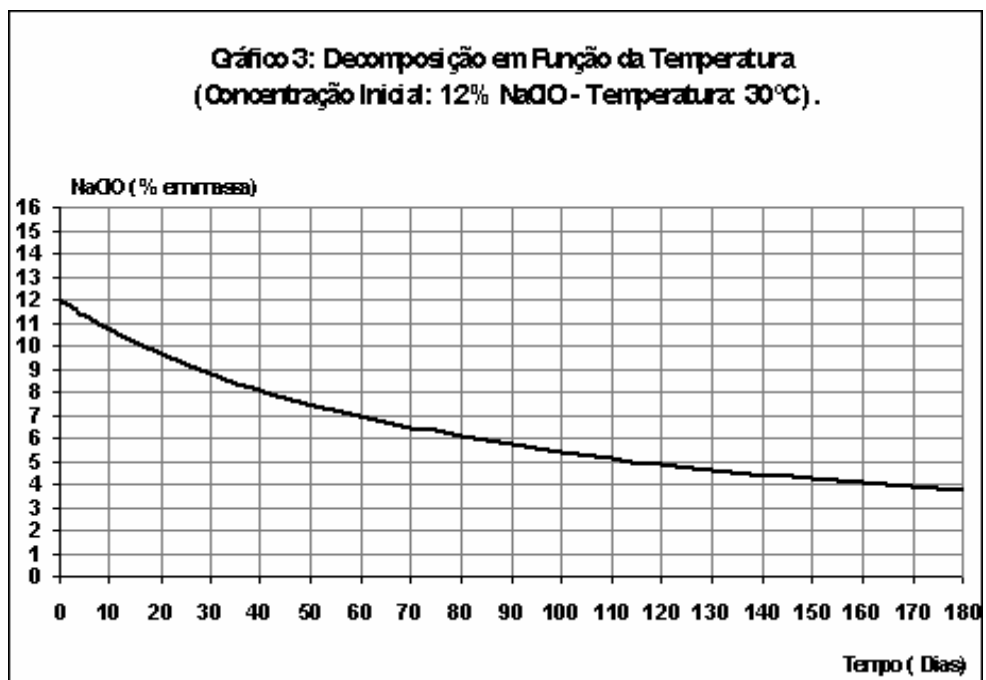


Gráfico 02 : Gráfico de concentração do hipoclorito em função do tempo a 30°C
 Fonte : Pioneer,2001

Para a determinação da velocidade de decomposição do hipoclorito de sódio em função da temperatura, foi preciso, primeiramente, realizar a determinação da constante cinética (k) em função da temperatura, o que é possível usando-se os dados cinéticos em duas diferentes temperaturas (gráficos 01 e 02) e sabendo-se a ordem da reação, que também foi determinada através de correlações utilizando os dados extraídos dos gráficos 01 e 02.

A determinação da ordem da reação foi realizada supondo-se diferentes ordens e relacionando as respectivas correlações entre concentração e tempo com os dados apresentados nas tabelas 04 e 05. A ordem mais apropriada foi então definida como aquela que melhor se ajustou aos dados experimentais (melhor coeficiente de correlação R^2). A verificação foi feita supondo-se reações de 1^a, 2^a e 3^a ordem, concentrações expressas em % p/v e o tempo expresso em dias.

Para reações de primeira ordem, a representação da concentração em função do tempo é dada pela seguinte expressão:

$$\frac{dC_a}{dt} = -kC_a \quad (\text{I})$$

Se a temperatura é mantida constante, k também é constante. Integrando a expressão I de $t = 0$ até $t = t$ e de C_{ao} até C_a , obtém-se:

$$\ln C_a = \ln C_{ao} - kt \quad (\text{II})$$

onde se verifica uma relação linear entre o logaritmo natural da concentração de hipoclorito e o tempo. Os respectivos dados do logaritmo da concentração de hipoclorito e tempo para a temperatura

de 40°C (tabela 04) foram plotados num gráfico e foi verificada a correlação entre eles. O gráfico, a equação e o coeficiente de correlação estão apresentados no gráfico 03, onde y representa o logaritmo natural da concentração de hipoclorito de sódio e x representa o tempo em dias.

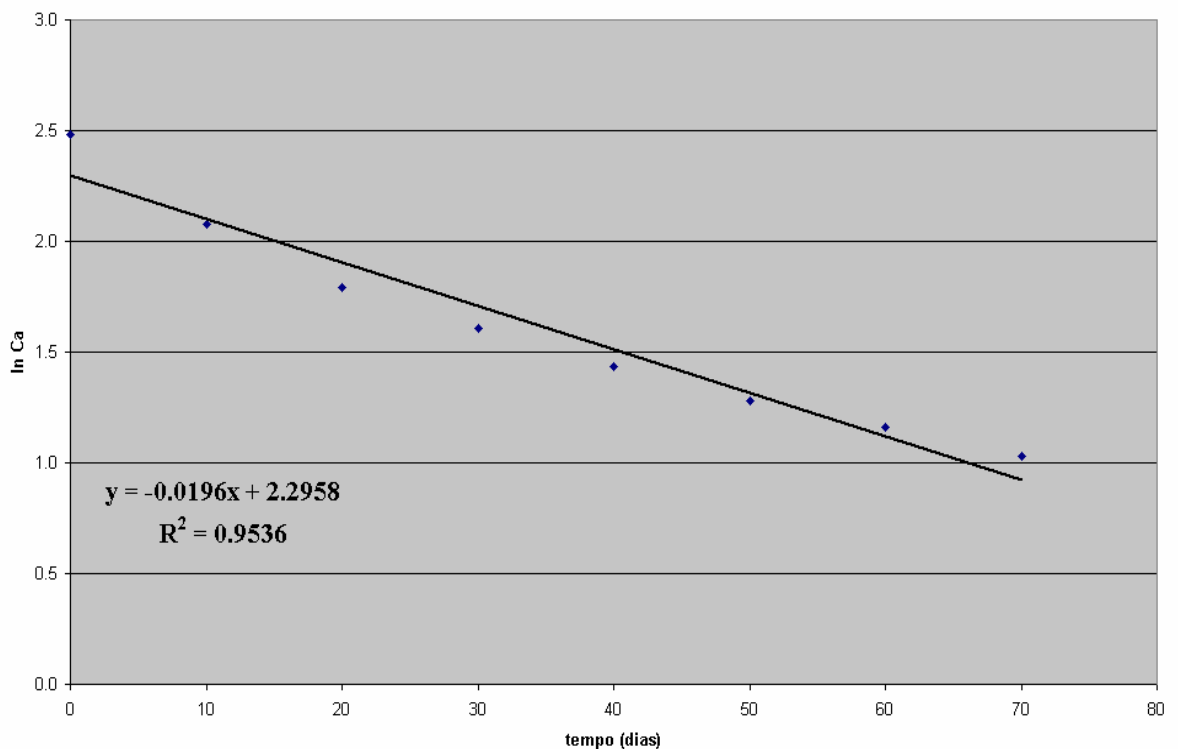


Gráfico 03 : Gráfico da equação e coeficiente de correlação

Fonte : Pioneer,2001

Logo, é possível que o hipoclorito tenha sido concentrado dentro do RTV12 até o momento em que a temperatura foi suficiente para desencadear a sua rápida decomposição, ocasionando a formação de produtos que pudessem vir a acarretar o acidente. Isto é, o aumento de temperatura pode ter favorecido a decomposição do hipoclorito de sódio (que possivelmente já vinha ocorrendo, porém a uma taxa

pequena) até o momento em que esta se tornou rápida o suficiente para gerar subprodutos capazes de reagir com substâncias presentes no meio, levando à formação de outras mais perigosas.

4.4.3 Formação de Compostos Perigosos a partir do Hipoclorito de Sódio

De acordo com as propriedades do hipoclorito de sódio e devido às condições operacionais do sistema no momento do acidente, é provável a formação de alguns compostos que possam ter levado à explosão no reator RTV12, além da possível decomposição térmica do hipoclorito para formar gás cloro ou oxigênio. Todas as análises sustentam-se na hipótese da ausência de dimetil sulfeto e de metanol do sistema, que são compostos extremamente leves e que, provavelmente, já haviam sido destilados e eliminados do sistema.

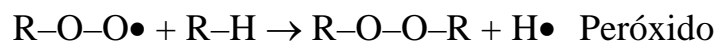
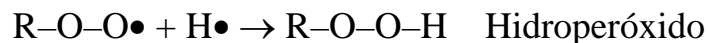
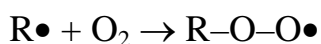
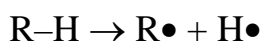
4.4.4 Formação de Hidroperóxidos e/ou Peróxidos Orgânicos

De acordo com a literatura pesquisada, alguns compostos orgânicos podem, na presença de oxigênio em temperaturas altas (a partir de 120°C) e na ausência de chama, autooxidar-se formando os chamados hidroperóxidos (R-O-O-H) ou peróxidos orgânicos (R-O-O-R), que podem, posteriormente, decompor-se ou reagir de maneira explosiva. Alguns autores indicam que a formação de peróxidos a partir de oxigênio ocorre principalmente entre 100°C e 150°C, dependendo do radical R ligado ao oxigênio da molécula.

Dentre os compostos presentes nos efluentes capazes de formar peróxidos, destacam-se o Dimetilsulfóxido (possui grande capacidade

de formação de peróxidos) e o ácido fórmico, que pode ser formado a partir da reação de hidrólise da DMF (Dimetilformamida), que pode ocorrer tanto em meio ácido quanto em meio básico. As amidas também fazem parte do grupo de moléculas formadoras de peróxido . Apesar do sistema operar em vácuo, na ausência de ar, o que descartaria a presença do oxigênio, há a probabilidade da liberação de oxigênio pela decomposição térmica do hipoclorito, principalmente em altas temperaturas.

O mecanismo de formação dos peróxidos e dos hidroperóxidos está descrito abaixo.

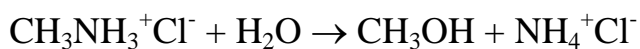
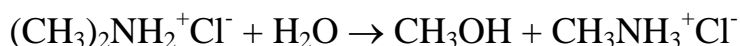


4.4.5 Formação de Metanol a partir de Sais de Aminas

- Investigação da hipótese de expansão de volume causada pela reação de cloro, derivado do hipoclorito, e metanol, resultante da hidrólise de sais de dimetilamina

Uma hipótese levantada foi à formação de álcool a partir de sais de amina, que, dependendo do radical em questão, pode ocorrer em temperatura e pressão ambiente.

No caso em questão, a amina seria a dimetilamina, que poderia levar à formação de metanol.



O metanol apresenta um sério risco, pois pode reagir explosivamente com o cloro segundo a reação:



Foram calculadas as quantidades necessárias de metanol e cloro (expresso em quantidade de hipoclorito de sódio) para atingir determinados valores de pressão e temperatura, as quais estão apresentadas na tabela 06.

		PRESSÃO (atm)					
		10		20		30	
		Metanol	NaClO	Metanol	NaClO	Metanol	NaClO
T(K)	600	7,22	50,26	14,63	101,77	21,60	150,29
	700	6,19	43,08	12,48	86,85	18,25	126,98
	800	5,40	37,55	10,82	75,29	15,93	110,86
	900	4,80	33,41	9,61	66,88	14,03	97,60
	1000	4,31	30,02	8,66	60,27	12,61	87,72

Tabela 06– Quantidades necessárias (kg) de hipoclorito de sódio e metanol para atingir os patamares de pressão e temperaturas definidos (reação de metanol e cloro).

Fonte : Pioneer,2001

De acordo com a primeira reação do sal da dimetilamina com a água, são necessários em torno de 80 kg de sal de amina para formação de 32 kg de metanol (considerando um rendimento de 100%

da reação). Se for levada em consideração a segunda reação do sal da dimetilamina, a quantidade de metanol formada pode chegar a 64 kg. Existiam no efluente proveniente do TQE39 cerca de 187 kg de sais amina, amida e dimetil sulfeto. Ainda que não seja conhecida a proporção de sais de amina nesta massa, é muito provável que houvesse sais de amina suficiente para a formação de metanol nas quantidades apresentadas na Tabela 06.

Ainda considerando a reação entre metanol e cloro, verifica-se que a quantidade de hipoclorito de sódio necessária para desencadear a mesma também está abaixo da quantidade máxima possível, exceto para o caso em que a pressão atinge 30 atm e 600 K. Sendo assim, conclui-se que é bastante plausível a hipótese da reação entre metanol e cloro para gerar uma expansão volumétrica suficiente para causar uma explosão.

4.4.6 Formação de Hidrogênio

Uma hipótese menos provável, porém possível, é a que supõe a decomposição térmica do hipoclorito para formar, além de cloro, outros compostos que podem levar à formação de hidrogênio. Este hidrogênio pode, por sua vez, reagir violentamente com o cloro formado na decomposição térmica do hipoclorito.

Como a reação de combustão do hidrogênio leva a uma contração volumétrica (duas moléculas de hidrogênio e uma molécula de oxigênio produzindo duas moléculas de água), não será utilizado o

mesmo modelo utilizado para o cálculo das quantidades necessárias de reagentes para promover explosão no reator. Neste caso, apesar da contração volumétrica, há uma expansão final resultante do grande aumento da temperatura ocasionado pela energia liberada na reação.

O modelo segundo Pionner (2001), é o modelo de danos por sobrepressão que determina a distância do centro da explosão, causada por uma quantidade de hidrogênio presente no meio. De acordo com a quantidade máxima de hipoclorito possível dentro do reator, foram estimados 2 kg como sendo a quantidade máxima de hidrogênio que poderia ser gerada. De acordo com o modelo de danos por sobrepressão, a quantidade de energia gerada na combustão desta quantidade de hidrogênio é suficiente para causar uma sobrepressão suficiente para destruição de construções de alvenaria.

Apesar do resultado confirmar a possibilidade de ruptura do reator pela combustão do hidrogênio, é preciso ressaltar que a sua formação é muito improvável, já que o hipoclorito de sódio tem maior tendência a se decompor formando cloro ou oxigênio.

4.5 Conclusão da Causa do Evento

De acordo com a análise realizada, identificou-se duas possíveis causas para o acidente ocorrido na planta de destilação . É muito provável que o acidente tenha sido causado pelo efeito somado das duas causas e não apenas pelos efeitos causados por cada uma isoladamente.

4.5.1 Presença de Hipoclorito de Sódio

Como principal causa do acidente, a presença significativa de hipoclorito de sódio no efluente a ser tratado. A redução de volume e a ausência de compostos que pudessem consumir o hipoclorito (tal como o DMS) contribuíram para que a concentração de hipoclorito se tornasse ainda maior, possibilitando a reação com compostos orgânicos presentes no meio, formando outros compostos que oferecem grande risco de explosão. Em todas as reações apresentadas neste relatório como possíveis causadoras da explosão, o hipoclorito de sódio representa um elemento determinante, seja como fornecedor de oxigênio, seja como fornecedor de cloro (dois gases altamente oxidantes).

4.5.2 Alta Temperatura Dentro do Reator

Outra causa, que somada ao fato da grande presença de hipoclorito dentro do reator, pode ter determinado o rumo do acidente é a alta temperatura verificada dentro do RTV12, que pode ter acontecido por uma possível falha no termopar TE-046 (temperatura dentro do reator). Esta falha pode ter levado a uma leitura falsa da temperatura, permitindo que esta alcançasse valores altos demais ($> 110^{\circ}\text{C}$), contribuindo para o início e o aumento da velocidade de várias reações dentro do reator, inclusive reações explosivas. Neste contexto, três tipos de reações poderiam ter sido aceleradas com o aumento da temperatura:

- Decomposição do hipoclorito em cloro, oxigênio ou hidrogênio (este menos provável);

- Formação de metanol a partir de sais de amina;
- Reação dos produtos de decomposição do hipoclorito com os compostos presentes no meio (aminas, amidas, sulfóxidos, ácido fórmico, etc) para formar compostos explosivos ou até mesmo causando explosões. Neste caso, a alta temperatura, aliada à presença de hipoclorito seria determinante no desencadeamento das reações com grandes expansões de gases, mesmo com pequenas quantidades de reagentes;
- Explosão dos compostos formados.

4.6 Condições para Operação e Recomendações

Tendo em vista o que foi apresentado neste documento, são indicadas as seguintes medidas no intuito de evitar futuras complicações no processo de tratamento de efluentes.

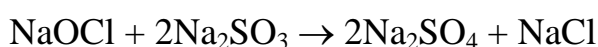
4.6.1 Neutralização do Hipoclorito de Sódio

Conforme verificado, todas as possíveis causas do acidente possuem como elemento em comum o hipoclorito de sódio. Logo, é fundamental para a operação da unidade que este elemento seja neutralizado antes que possa ser transferido para um sistema operando em condições de alta temperatura, onde o risco de reações perigosas aumenta substancialmente.

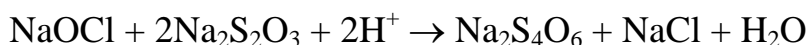
Sendo o hipoclorito um agente oxidante, sua neutralização pode ser feita por um agente redutor. O principal agente indicado para

neutralização de hipoclorito é o sulfito de sódio, que reage formando o cloreto de sódio e sulfato de sódio. Porém, o tiosulfato também pode ser utilizado, com o inconveniente de que a reação forma o tetrionato de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_4\text{O}_6$), que, exposto ao calor excessivo, pode formar vapores de SO_x .

Neutralização pelo sulfito, formando sulfato:



Neutralização pelo tiosulfato, formando tetrionato:



Outros agentes que também podem ser utilizados na neutralização do hipoclorito são o bissulfito (NaHSO_3) e o metabissulfito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$).

4.6.2 Redundância da Medida de Temperatura

Uma das possíveis causas do acidente ocorrido também foi o aumento demasiado de temperatura, que pode ter sido causado pela falsa leitura do termopar que mede a temperatura do reator (TT-046). Com base nisto, e devido ao fato desta temperatura ser uma variável crítica do processo, a recomendação da colocação de, no mínimo, dois termopares para a medição de temperatura dentro do reator, em pontos distintos do mesmo, fazendo a estratégia de controle da temperatura e intertravamento da unidade baseada na leitura destes dois termopares.

Outra precaução a ser adotada também é o constante monitoramento da temperatura de topo da coluna, já que esta também

é uma referência para a temperatura dentro do reator. É recomendável também a elaboração de uma lógica de intertravamento da válvula de alimentação de vapor ou até mesmo da unidade inteira com base na leitura deste instrumento.

4.6.3 Tanques de Segurança Dedicados para Cada Seção da Planta

Um dos fatos verificados durante o acidente foi a sobrepressão que atingiu os tanques de segurança, os quais estão ligados às linhas de processo (síntese de oxirane). Esta sobrepressão causou o rompimento de dispositivos ligados a outras partes do processo, bem como a contaminação dos equipamentos presentes nas mesmas.

Uma das recomendações para melhoria do processo é a eliminação desta interligação dos tanques de segurança com todas as partes do processo – os tanques de segurança estavam, ao mesmo tempo, ligados aos tanques de síntese, lavagem e tratamento de efluentes – criando tanques dedicados para cada parte do processo, evitando, em caso de acidentes, o comprometimento de toda as seções da unidade, ou seja, um tanque para planta de síntese e outro para a planta de destilação de efluentes.

4.6.4 Criação de uma Rotina de Inspeção de Instrumentos e Equipamentos Críticos para o Processo

Outra recomendação para o aumento da segurança do processo é a criação de uma rotina de inspeção e calibração dos instrumentos e equipamentos críticos da unidade. Desta maneira, esta inspeção seria realizada periodicamente, entre um determinado número de bateladas,

a fim de verificar o estado de funcionamento de termopares, pressostatos, transmissores, válvulas, vasos, bombas, entre outros.

4.7 – Discussão e Avaliação do Evento

A finalidade deste capítulo é apresentar as considerações, discussões e o valor econômico do evento.

Durante a realização deste estudo, verificou-se que o evento poderia ser evitado se o projeto de implantação da planta em produção tivesse uma melhor discussão nas decisões.

O projeto foi implantado em obediência à determinação do órgão ambiental, o qual não autorizava a dosagem da água de lavagem do fungicida na estação de efluente, pois como já foi mencionado diminuía o rendimento da estação de efluentes biológico e também alterava alguns parâmetros na saída para o rio, ocasionando uma morte em certas vidas aquáticas. Como o aripe ou a queima desta água em fornos possui um custo elevado, definiu-se que poderia ser feita uma simples evaporação. O sal e outro sub-produto que restaria seria em menor quantidade e poderia ir para aterro ou incineração e o custo seria bem menor, e além disso a água proveniente da destilação poderia retornar para o processo como água de lavagem do próximo lote.

Após análise preliminar e definição de que a solução que seria uma simples destilação com aplicação de temperatura e vácuo, foi iniciada a implementação do projeto. A água que foi testada na destilação em bancada piloto estava estocada de uma campanha experimental de fabricação do fungicida e foi feita em apenas 3 testes

e foi considerada aprovada para a implantação do processo em escala industrial.

Não foi considerada a hipótese de que poderia haver outro tipo de reação ou produto gerado que poderia ocasionar algo, pois o processo seria semelhante a uma separação de água potável de um sal de cozinha.

Ao mesmo tempo as comunicações entre os setores da planta piloto e de projeto e processos foram reduzidos uma vez que a decisão havia ocorrido conforme a suposição de um processo simples ocorrendo então a implantação na área industrial.

Adicionalmente, baseado na hipótese da simplicidade do processo, não foi realizada a aplicação de alguma metodologia de análise de risco, tal como: Hazop, What-if, nem mesmo um protocolo de partida para implementação em escala industrial. Partiu-se direto para a construção do prédio civil, cálculo de equipamentos, reatores e tubulações, pois o prazo era curto e o tempo era de apenas 60 dias para a planta iniciar em escala industrial.

Como já foi detalhado anteriormente foram feitos 48° lotes com água de campanha de teste anterior; a água estava armazenada em tambores de 200 litros; e o processo ocorreu sem nenhuma alteração. A partir do 49° lote, onde a água era de efluentes bruto, provenientes diretamente dos processos de síntese, ocorreu o acidente. Houve uma explosão que foi ouvida a 500 metros do local juntamente com a liberação de uma nuvem de gás com odor irritante (semelhante ao provocado por uma cebola), que atingiu a cidade num raio de 4 km. A planta foi quase que totalmente destruída, o produto foi espalhado

pelas paredes, piso e bacias de contenção, conforme pode ser visto na Figura 10, detalhes em figuras adicionais podem ser vistos no anexo 2.

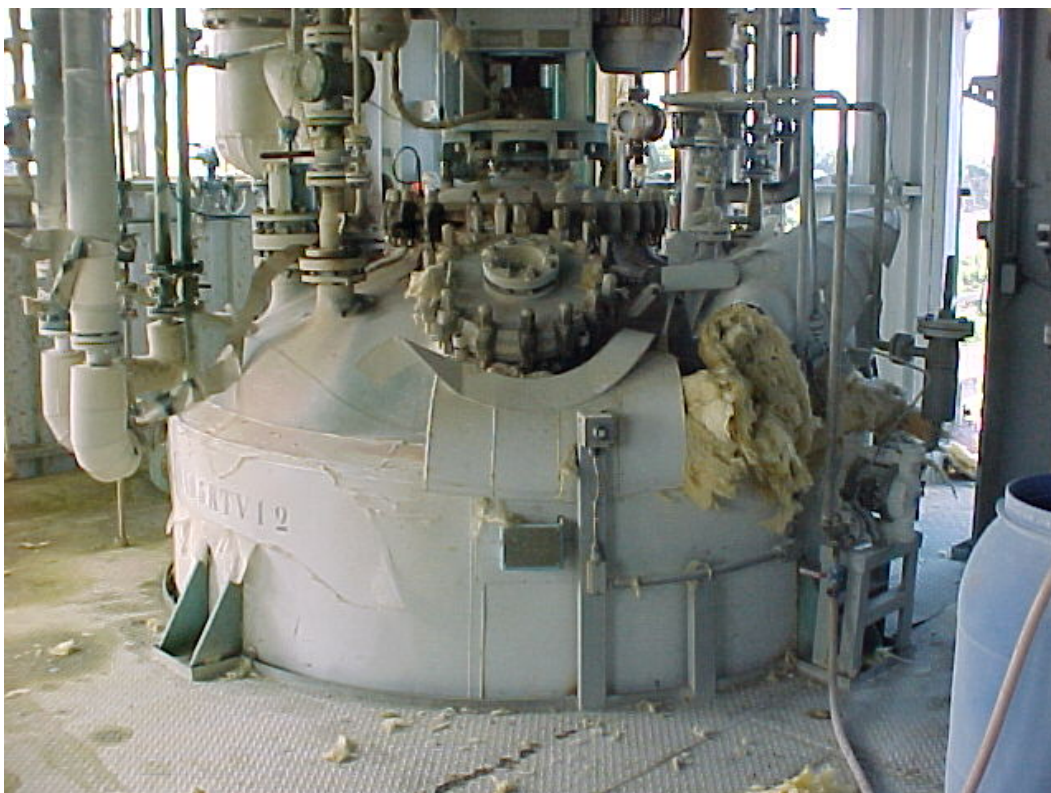


Figura 10 - Aspecto do Reator de destilação após incidente

Como medidas, as outras áreas da indústria foram imediatamente paradas, a brigada de emergência foi acionada e a nuvem logo foi contida. Não houve vítimas.

Como medida cautelar, o órgão ambiental foi imediatamente avisado e por não haver danos aparentes os outros setores foram lentamente reiniciando suas produções.

Como consequência, a planta de destilação está parada até a presente data (2,5 anos). O destino das águas de lavagem do processo tem sido o envio para incineração, cerca 5,5 m³ diários.

Após a análise do evento, verificou-se que o custo estimado da implantação do projeto e demais valores gastos foram elevados, sendo que os mesmos estão resumidos na Tabela 07.

Tabela 07 – Custos de implantação e mitigação de acidente químico

	US\$
Custos da implementação da planta de destilação	550.000
Amortização da planta	20.000
Custo manutenção da planta após evento	137.000
Multa órgão ambiental	32.000

Outro impacto importante causado foi na relação da empresa com a comunidade externa. Órgãos públicos e associações solicitaram ações para melhoria e controle dos processos, além da participação e garantia de que não ocorreria outro evento.

Vale salientar que nos últimos anos houve o aparecimento de vários instrumentos institucionais, legislações e regulamentações para tratar dos problemas decorrentes do desequilíbrio ecológico e da sua preservação.

Apesar disso, ocorreram grandes acidentes ambientais, todos eles devidos a problemas de gerenciamento. Muitos desses problemas poderiam ter sido evitados se os gerenciadores destas organizações estivessem conscientes dos efeitos de suas ações.

Alguns desses acidentes foram de grande importância no despertar para uma consciência empresarial que vise o planejamento de suas ações e a valorização do meio ambiente.

Frente a isso, observa-se que é inevitável a aplicação de técnicas de otimização e ferramentas para mitigar os incidentes. O Hazop, What-if e uma análise de riscos devem ser feitos, e através deste relatório, pode-se identificar quais controles devem ser implementados em curto, médio e longo prazo. Eles também mostram uma relação de valor, ativos que serão protegidos e investimentos adequados. Esses diagnósticos hoje já são reconhecidos como ferramenta de suporte estratégico e o seu custo da aplicação da técnica é quase nulo pois somente tem-se que ter um tempo hábil antes da implantação do projeto e ou processo, além do treinamento da equipe para a sua aplicação.

Para Benjamim (1993), toda essa nova consciência ambiental planetária provocou a realização da RIO 92. A partir daí as questões ambientais, que já era considerada importante antes, mas não era prioritária, passou a ser também prioritária e levada a sério no planejamento estratégico de empresas e governos.

Mas ainda existe um grande caminho a percorrer. A sociedade precisa dar um salto de qualidade, passando do amor pelo planeta e do aumento do conhecimento sobre o meio ambiente, para as ações concretas por um meio ambiente melhor. Afinal, boas intenções e discursos só não bastam.

Em relação à gestão ambiental, o desafio é romper definitivamente com a compartimentalização dos diversos setores, pois a questão ambiental não é só um tema vertical, mas principalmente horizontal, perpassando todos os setores do conhecimento humano.

Para Campos (1996) , esse longo caminho a percorrer depende fundamentalmente da democratização da informação ambiental a fim de contribuir na formação e mobilização da cidadania ambiental, mas, contraditoriamente à necessidade de mais informação ambiental, após a RIO 92 este espaço restringiu-se na chamada grande mídia.

Já é possível, de maneira bastante simples, constatar-se o estado de consciência ecológica que ocorre em todo o mundo, levando empresas a divulgarem, como forma de propaganda, todos seus investimentos em prol do meio ambiente, tornando-as ideologicamente mais atraentes aos consumidores, bem como a outros parceiros empresariais.

Segundo Campos (1996), em alguns países do mundo, principalmente na Europa, são exigidos das empresas que desejem negociar com estes países, certificados que constatem a qualidade de suas "gestões ambientais", ou não é permitida a implementação de projetos econômicos com as mesmas, por mais benéficos à economia que possam ser.

No mundo moderno não há mais espaços para os ideais de progresso advindos da revolução industrial, onde o único valor reconhecido era o aumento da produção econômica.

Outros valores são pesados junto ao aumento econômico, tais como a degradação ambiental provocada pela implementação de uma determinada atividade econômica, em busca do bem maior que deve servir de parâmetro para qualquer sociedade, a qualidade da vida humana, que depende diretamente da qualidade de seu meio ambiente, de seu habitat.

Sem um meio ambiente equilibrado e saudável, o homem está condenado a destruição, portanto jamais se poderá especular sobre progresso e desenvolvimento, sem considerar, antes de qualquer outro valor, as conseqüências trazidas ao meio ambiente, decorrentes de sua exploração econômica, e como preservá-lo para as gerações presentes e futuras, em busca de um mundo mais humano e habitável.

Capítulo 5 – Conclusão e Recomendações

Neste capítulo são apresentadas as considerações e discussões finais do trabalho, bem como sugestões e recomendações para trabalhos futuros.

Durante a realização deste estudo, identificou-se que antes de implantar um novo projeto ou um novo investimento é fundamental que se utilize técnicas e ferramentas de otimização para implementação, partindo-se da geração de um protocolo de partida, realização de vários testes em bancada, em planta piloto, a aplicação de um hazop, verificando a necessidade e adequação das leis ambientais, fazendo uma análise de risco considerando a região onde se localiza a atividade, sempre identificando e re-avaliando as medidas de redução dos riscos de danos ambientais.

Devem-se considerar como diretrizes a análise ambiental vigente, visando a melhor adequação do empreendimento à realidade econômica, optando pelas atitudes preventivas, avaliando todos os impactos antes de qualquer tomada de decisão.

Com este estudo, pode-se concluir que o histórico ambiental da empresa e de outras empresas é um fator significativo no processo de tomada de decisão.

Destacam-se os principais ganhos na aplicação dessas ferramentas:

- identificação de não-conformidades no atendimento à legislação ambiental aplicável, como licenças, disposição final de efluentes e de resíduos sólidos;

- verificação do cumprimento da política ambiental e da qualidade, procedimentos internos e do planejamento ambiental estratégico;
- prevenção e redução dos riscos e acidentes;
- obtenção de informações que possam subsidiar tomadas de decisões gerenciais;
- avaliação e redução dos principais aspectos e impactos ambientais decorrentes do processo produtivo e
- reconhecimento do público interno e externo, como empresa ambientalmente responsável.

Por isso durante o planejamento do futuro da empresa, as pessoas que fazem parte devem garantir que todos os cuidados foram tomados para que seus planos se concretizem. A formalização de uma Análise de Risco provê um documento indicador de que este cuidado foi observado. O resultado da Análise de Risco dá à organização o controle sobre seu próprio destino, podem-se identificar quais controles devem ser implementados em curto, médio e longo prazo.

A relação de valor para implantarmos primeiramente uma metodologia que mitigará um incidente é relativamente baixa; hoje o custo está em torno de US\$ 600,00; este investimento é feito somente uma vez, pois as pessoas treinadas para realização da metodologia não precisam mais sofrer novos treinamentos, pelos menos até que uma nova e moderna metodologia esteja disponibilizada no mercado.

Uma análise de riscos deve ser realizada sempre antecedendo um investimento. Ela geralmente é realizada entre 2 a 3 semanas.

Como já foi mencionado anteriormente antes de a organização iniciar um projeto, um novo processo de negócio, o desenvolvimento de uma ferramenta ou até mesmo uma relação de parceria, deve-se mapear, identificar e assegurar os requisitos do negócio. Em situações onde a organização nunca realizou uma Análise de Risco é recomendado uma validação de toda a estrutura.

O processo de análise de riscos deve envolver especialistas em análise de riscos e especialistas no negócio da empresa, esta sinergia possibilita o foco e a qualidade do projeto. Um projeto de Análise de Risco sem o envolvimento da equipe da empresa, muito dificilmente retratará a real situação da operação.

Em ambientes dinâmicos a tecnologia muda muito rapidamente. Um projeto com mais de um mês em determinados ambientes, ao final, pode estar desatualizado e não corresponder ao estado atual da organização.

Para a realização de trabalhos futuros recomenda-se primeiramente a utilização de alguma metodologia mostrada no estudo. Também se deve sempre procurar o que outras empresas do setor estão buscando de aperfeiçoamento, pois através disso haverá uma melhor mitigação dos impactos ambientais, exercidos pelas atividades das empresas, e que serão rapidamente alcançadas.

Verificou-se que um dos fatores significativos para o sucesso de qualquer implantação ou melhoria de processo produtivo é a educação ambiental, a conscientização e a preparação de todos os colaboradores e, principalmente, todos deverão estar devidamente motivados e envolvidos no processo.

6 – Referências Bibliográficas

ANDREI, E. *Compêndio de Defensivos Agrícolas*. 6. ed. São Paulo: Organização Andrei, 1997. 458p.

BACKER, Paul de. *Gestão Ambiental: A Administração Verde*. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1995.

BENJAMIN, César. *Diálogos sobre ecologia e política*. Rio de Janeiro: Ed. Nova Fronteira, 1993.

CAMPOS, J.G. F. *Agenda 21: da Rio/92 ao local de trabalho*. São Paulo : Iglu, 1996. 108 p.

GILBERT, Michael. *ISO 14001/BS: Sistema de Gerenciamento Ambiental*. São Paulo: IMAM, 1995.

LEITE, José Rubens Morato. *Dano Ambiental: do individual ao coletivo extrapatrimonial*. - São Paulo: Editora Revista dos Tribunais, 2000.

MACHADO NETO, Joaquim Gonçalves. *Ecotoxicologia de Agrotóxicos* : FCAV Unesp Jaboticabal, 1991

MARTINS, Eliseu. *Contabilidade de Custos*. 6^a ed. São Paulo: Atlas. 1998

MOTTA, Ronaldo Seroa da. *Manual para valoração econômica de recursos ambientais*. – Brasília: Ministério do Meio Ambiente, dos Recursos Hídricos e da Amazônia Legal, 1998.

NORTES, UFRGS. Departamento de Energia Nuclear. Porto Alegre: Manual de Análise de Riscos, 2002

REIS, Maurício. *ISO 14000 – Gerenciamento Ambiental – Um novo desafio para a sua competitividade*. Rio de Janeiro: Ed. Qualitymark, 1996.

RIMA, *Relatório de Impacto Ambiental – Legislação, elaboração e resultados*. Organizado por Roberto Verdum e Rosa M. V. Medeiros. Porto Alegre: ED. UFRGS, 3. ed. Ampl., 1995.

PARSONS, B. & WITT, J.M. (1989) - *Pesticides in groundwater in the USA. A report of a 1988 survey of US States*. EM 8406; Oregon State University Extension Service .

PIONEER. *Material Safety Data Sheet – Sodium Hypochlorite Solution (5-10 % w/w)*. U.S. September – 2001.

THIOLLENT, M. *Metodologia da pesquisa-ação*. São Paulo: Autores Associados, 1988.

WINTERLIN ET AL (1989) *Arch Environ Contam Toxicol* . 18: 734-747.

7- Bibliografia

DU PONT. *Material Safety Data Sheet – Dimethyl Sulfate*. 2001.

DU PONT *Material Safety Data Sheet – Ketone (3-Pentanone, 1-(4-clorofenil)-4,4-dimetil)*. Abril, 1998.

KIRK-OTHMER. *Encyclopedia of Chemical Technology*. Vol 14. Second edition

EMPRESA Ata da reunião interna sobre o acidente na destilação do efluente. Data: 06/12/2001. Participantes: José Henrique, Humberto Toscani, João Antonio, Marcos Lobo, Volnei Pasa, Gérson Benck, Sandro Estivalet, Luís Henrique, Marcelo Araujo, Angela Pessato, Mauro Selba, Sérgio Saraiva, Luís Eduardo.

EMPRESA Fluxogramas de processo.

EMPRESA. Representação esquemática do processo de síntese do oxirane e tebuconazole. Documento fornecido pela Empresa.

EMPRESA. Protocolo: PP-109/00. Título: Destilação do efluente do Tebuconazole. Projeto: HT-308. Áreas envolvidas: Planta Piloto, Gerência Técnica e Tema. Objetivo: Destilar o efluente quantificando e caracterizando as frações geradas, visando reciclo ao processo e destino final das mesmas.

EMPRESA. Estudo para utilização das águas de lavagem do tebuconazol nas lavagens do oxirane. Documento MPP0102036/99. Planta Piloto.

EMPRESA. Relatório de acidente ocorrido na destilação do efluente do HT. Empresa, Taquari-RS. Gerência Técnica – Projetos & Processos.

MAKHTESHIM CHEMICAL WORKS LTDA. *Material Safety Data Sheet – N,N-Dimethylacetamide (C₄H₉NO)*.

MALLINCKRODT BAKER, INC. *Material Safety Data Sheet – Methylcyclohexane*:Canada, 1999.

MATERIAL SAFETY DATA SHEET – 1,2,4-Triazole (C₂N₃H₃). 1989.

JACOBSON, C. A. *Encyclopedia of Chemical Reactions*: Vols I e II. Reinhold Publishing Corporation, N.Y., 1948.

© *REVISTA ELETRÔNICA DE CIÊNCIAS* - Número 14 - Dezembro de 2002.Referências

SURTER, C. M. *The Organic Chemistry of Sulfur*: London, 1944.

ANEXOS

**ANEXO 1 - FICHAS DE SEGURANÇA DOS COMPOSTOS
QUÍMICOS ENVOLVIDOS**

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Adequado
para o Embarque

Número de risco: **668**

Número da ONU: **1595**

DIMETIL SULFATO
Sulfato de Dimetila

Classe ou subclasse de risco: **6.1**

Descrição da classe ou subclasse de
risco: **MUITO TÓXICO E CORROSIVO**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto líquido, de incolor a amarelo, de odor característico.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: **ATENÇÃO PRODUTO NÃO INFLAMÁVEL.**

Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto muito irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele.
Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contamine recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto é tóxico para sistemas aquáticos. Produto solúvel em água, com solubilidade aproximada de 2.80 g/100 mL.

EM CASO DE ACIDENTE

Vazamento Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar as fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R. e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A. Não lavar o local do acidente, sem orientação. Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco.

Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível. Em caso de incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, água sob a forma de neblina ou espuma.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água.

Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto. O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: **ATENÇÃO:** Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico e envolve lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto.

Antídoto: Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador (Produto Du Pont)

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Apropriado
para o Embarque
DIMETIL SULFETO
DIMETIL SULFETO

Número de risco: **33**
Número da ONU: **1164**
Classe ou subclasse de risco: **3**
Descrição da classe ou subclasse de
risco: **MUITO INFLAMÁVEL**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto líquido, de odor característico.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: ATENÇÃO PRODUTO MUITO INFLAMÁVEL. (Ponto de Fulgor - 48 ° C)
Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto bastante irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele.
Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto é tóxico para sistemas aquáticos. Produto pouco solúvel em água, com solubilidade aproximada de 2g/L (20°C)

EM CASO DE ACIDENTE

Isolamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A.

Não lavar o local do acidente, sem orientação.

Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco.
Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível.
Em caso incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, água sob a forma de neblina ou espuma.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água.
Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto.
O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: ATENÇÃO: Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com sabão neutro e água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico e envolve lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto. **Antídoto:** Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador: (Produto Atafina)

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Adequado
para o Embarque
DIMETILAMINA
Dimetilamina, Solução
(DMA)

Número de risco: **338**
Número da ONU: **1160**
Classe ou subclasse de risco: **3**
Descrição da classe ou subclasse de
risco: **MUITO INFLAMÁVEL E
CORROSIVO**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto líquido incolor, de odor característico de amina.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: ATENÇÃO PRODUTO INFLAMÁVEL. (Ponto de Fulgor: -10° C para solução 40% e < -30°C para solução de 50-60%). Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele.
Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto não é considerado tóxico para sistemas aquáticos (Poluente Marinho). Produto miscível em água.

EM CASO DE ACIDENTE

Isolamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A. Não lavar o local do acidente, sem orientação.

Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível. Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco. Em caso de incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, espuma ou água sob a forma de neblina.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água. Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto. O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: ATENÇÃO: Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico a lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto.

Antídoto: Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador: (Produto UCB)

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Apropriado
para o Embarque
DIMETILFORMAMIDA
N, N, DIMETILFORMAMIDA

Número de risco: **30**
Número da ONU: **2265**
Classe ou subclasse de risco: **3**
Descrição da classe ou subclasse de
risco: **INFLAMÁVEL**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto líquido, de cor verde escuro, de odor característico.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: **ATENÇÃO PRODUTO INFLAMÁVEL.** (Ponto de Fulgor 58 ° C)
Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele.
Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto não é considerado tóxico para sistemas aquáticos (Poluente Marinho). Produto miscível em água a 20°C.

EM CASO DE ACIDENTE

/azamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A.
Não lavar o local do acidente, sem orientação.

Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco.
Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível.
Em caso incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, água sob a forma de neblina ou espuma.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água.
Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto.
O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: **ATENÇÃO:** Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com sabão neutro e água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico e envolve lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto. **Antídoto:** Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador: (Produto Basf)

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Adequado para o Embarque
**SOLUÇÃO DE
HIDRÓXIDO DE
POTÁSSIO**
Hidróxido de Potássio, Solução

Número de risco: **80**
Número da ONU: **1814**
Classe ou subclasse de risco: **8**
Descrição da classe ou subclasse de risco: **CORROSIVO**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto líquido, incolor, inodoro.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: **ATENÇÃO PRODUTO NÃO INFLAMÁVEL.** Evite utilizar jato sólido de água diretamente sobre o produto. Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto muito irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele. Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto é tóxico para sistemas aquáticos. Produto solúvel em água.

EM CASO DE ACIDENTE

Isolamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R. e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A.

Não lavar o local do acidente, sem orientação.

Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco. Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível. Em caso incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, água sob a forma de neblina ou espuma.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água. Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto. O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: **ATENÇÃO:** Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com sabão neutro e água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico a lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto.

Antídoto: Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.)

Observações: Nome do Fabricante ou Importador:

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Adequado
para o Embarque
HIPOCLORITO DE SÓDIO
HIPOCLORITO, SOLUÇÕES

Número de risco: **85**

Número da ONU: **1791**

Classe ou subclasse de risco: **5.1**

Descrição da classe ou subclasse de
risco **CORROSIVO E OXIDANTE**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:
0800 400 7505 - 0800 11 1767
0800 141 149

Aspecto: Produto corrosivo, oxidante (favorece incêndios), líquido, de cor incolor a amarelo, de odor característico.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: **ATENÇÃO PRODUTO NÃO INFLAMÁVEL.** Evite utilizar jato sólido de água diretamente sobre o produto. Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto muito irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele. Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto é tóxico para sistemas aquáticos. Produto miscível em água.

EM CASO DE ACIDENTE

Isolamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R. e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A.

Vão lavar o local do acidente, sem orientação.

Vão tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco.

Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível. Em caso incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, água sob a forma de neblina ou espuma.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água. Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto. O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: **ATENÇÃO:** Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com sabão neutro e água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico a lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto.

Antídoto: Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador:

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

FICHA DE EMERGÊNCIA

Nome Adequado
para o Embarque
METANOL

Metanol, Álcool Metílico

Número de risco: **336**

Número da ONU: **1230**

Classe ou subclasse de risco: **3**

Descrição da classe ou subclasse de
risco **MUITO INFLAMÁVEL
E TÓXICO**

TELEFONES DE EMERGÊNCIA:

0800 400 7505 - 0800 11 1767

0800 141 149

Aspecto: Produto líquido incolor, de odor característico.

EPI: Luva de borracha nitrílica ou PVC, capacete, bota de PVC, macacão de tyvec, utilizar-se de máscara de borracha ou silicone com filtros combinados para vapores orgânicos, gases ácidos e filtro mecânico para partículas e óculos de segurança para produtos químicos.

RISCOS

Fogo: **ATENÇÃO PRODUTO MUITO INFLAMÁVEL.** (Ponto de Fulgor 12 ° C)

Quando aquecido libera gases tóxicos de compostos orgânicos.

Saúde: Produto irritante para pele e olhos. Evitar contato direto com os olhos e pele.

Perigoso se inalado ou ingerido.

Meio Ambiente: Não permita que resíduos de incêndio ou o próprio produto contaminem recursos de água. Em altas concentrações poderá ser danoso a organismos aquáticos e a outros animais. Este produto é tóxico para sistemas aquáticos (Poluente Marinho). Produto miscível em água.

EM CASO DE ACIDENTE

/azamento: Manter pessoas e animais afastados. Sinalizar e isolar a área de risco num raio de 50 metros e eliminar fontes de faíscas, calor ou fogo. Não fumar. Avisar ou mandar avisar a Polícia Rodoviária ou D.N.E.R. e avisar a empresa Milenia Agro Ciências S/A. Não lavar o local do acidente, sem orientação.

Não tocar no produto derramado. Impedir o derramamento, se isto puder ser feito sem riscos, levantando diques de terra para circundar o produto. Absorver o produto derramado com material absorvente seco e incinerável. Guardar em recipientes adequados e fechados para posterior tratamento. Trabalhar sempre de costas para a direção do vento e se possível evitando contato com a pele, roupas e principalmente com os olhos.

Fogo: Usar todos os equipamentos indicados para combater incêndios e combater o fogo a maior distância possível.

Remover os recipientes da área do fogo, se isto puder ser feito sem risco.

Em caso de incêndio utilizar agente extintor de pó químico seco (PQS), CO₂, espuma ou água sob a forma de neblina.

Poluição: Evitar que os resíduos se dirijam para cursos de água e reservatórios de água.

Confinar águas residuais de controle ao fogo para posterior tratamento, não espalhar o produto.

O local do derrame deve ser raspado e a terra recolhida em tambores apropriados para posterior tratamento.

Envolvimento de pessoas: ATENÇÃO: Nunca administre nada via oral a uma pessoa inconsciente. Quando procurar assistência médica, levar a bula, rótulo, receituário agrônomo, Ficha de Emergência ou FISPQ do produto.

Inalação: Remova a vítima para local arejado e procure assistência médica. **Ingestão:** Lave imediatamente a boca com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com os olhos:** Lavar imediatamente os olhos com as pálpebras abertas, com água em abundância por pelo menos 30 minutos e procure assistência médica. **Contato com a pele:** Remover imediatamente roupas e calçados contaminados e lave as partes do corpo afetadas com água em abundância por pelo menos 30 minutos. Se a irritação persistir, procure assistência médica.

Informações ao Médico: Deve ser instituída a critério médico a lavagem gástrica até uma hora após a ingestão e a lavagem do corpo com água em abundância, dando atenção especial às regiões que podem reter o produto.

Antídoto: Utilizar antídoto de ação ampla, que modifiquem a toxicocinética e a toxicodinâmica do produto.

Maiores informações, contactar o CENTRO DE CONTROLE A INTOXICAÇÃO DA SUA REGIÃO.

Observações: Nome do Fabricante ou Importador:

Instruções ao Motorista: Em caso de emergência, sinalizar o local, consultar as informações contidas no verso do envelope de emergência e avisar as autoridades locais sobre o acidente.

ANEXO 2 – FOTOS DO EVENTO

Fotos do reator e do local após evento



