



COPPE/UFRJ

PROGRAMA DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO E AMBIENTAL/UFRJ

COG851 – GESTÃO AMBIENTAL DO PETRÓLEO/2º SEMESTRE DE 2005

PROFESSORA: Alessandra Magrinni

ALUNOS: Eduardo Calixto, Eurídice Soares Mamede de Andrade, Gleide
Borges Moraes Lacerda

*Trabalho Final da Disciplina “Gerenciamento de riscos e
avaliação de danos ambientais da indústria de petróleo”*

Sumário :

1 - Introdução

2 – Gerenciamento de risco

2.1. – O histórico dos acidentes na indústria de petróleo

2.1.1 - A importância da identificação e gerenciamento dos riscos

2.2 – Análise Qualitativa de Riscos

2.2.1 – What if

2.2.2 – Análise Preliminar de Riscos

2.2.3 – Análise de Modos e Falhas (FMEA)

2.2.4 – Análise de Riscos e Operabilidade (Hazop)

2.3 – Análise Quantitativa de Riscos

2.3.1 – Análise de Efeitos e Conseqüências (AQR)

2.3.2 – Avaliação do Nível de Integridade e Segurança (SIL)

2.3.3 – Árvore de Falhas (FTA)

2.3.4 – Confiabilidade Ambiental

2.4– Gerenciamento de risco em projetos

2.4.1 – Utilização das técnicas de análise de risco

2.4.2 – Utilização da Metodologia WV no gerenciamento dos de riscos em projetos

2.5 – Gerenciamento de risco em processos

2.5.1 – Identificação

2.5.1.1 – Definição de responsabilidades

2.5.2 – Planejamento

2.5.2.1 – Planejamento das ações de bloqueio, controle e emergência

2.5.3 –Ações

2.5.3.1 – Gestão de Rotina

2.5.4 – Verificação

2.5.4.1 – Indicadores

2.5.4.2 – Auditorias

2.5.5 – Aprendizado

2.5.5.1 – Reuniões de Resultado

2.5.5.2 - Comunicação

3– Avaliação de Impactos Ambientais

3.1 – Técnica do check list

3.2 – Matriz de Soresen

3.3 – Matriz de Leopold

3.4 –

4 – Práticas Internacionais

– Risco social e individual

– Análise de Efeitos

– Novas técnicas de Gerenciamento de risco

– Novas técnicas de Impacto ambiental

5– Conclusão

6 – Anexos

Anexos A – referências Legais

1 – Legislação Internacional

2 – Legislação Federal

2.1 – Leis

2.2 – Decretos

2.3 – Resoluções

2.4 – Portarias

2.5 – Instruções Normativas

7 - Bibliografia

GERENCIAMENTO DE RISCOS E AVALIAÇÃO DE DANOS AMBIENTAIS DA INDÚSTRIA DE PETRÓLEO

“Em diversos países do Primeiro Mundo, crescem as pressões para que empresas de capital aberto apresentem a seus acionistas dados sobre as medidas de controle e transferência de riscos praticados. A adoção de tal procedimento trará para o campo da administração de riscos a prática da auditoria. Embora entre nós não haja pressões neste sentido, os profissionais da área devem ser receptivos a mecanismos de aperfeiçoamento de suas condutas. Além disso, este seria um elemento a mais para que a direção das empresas se convencesse definitivamente dos benefícios advindos com a implementação do gerenciamento de riscos”.

Raymundo Almendary Sócio-gerente da Tudor Marsh & Mc-Lennan

1 - Introdução

O homem sempre conviveu com o risco e sempre por ele foi estimulado; se assim não fosse, ainda hoje não seríamos capazes de realizarmos atos simples. O risco além de estimular constantemente o homem, leva-o a conhecê-lo, insta-o a desafiá-lo e em alguns casos o conduz à superação.

É justamente na superação dos riscos é que reside a efetiva fonte de oportunidades para as conquistas do conhecimento humano.

O Gerenciamento de Riscos é o processo de tornar e executar decisões que minimizem os efeitos dos riscos adversos que perdas acidentais possam ter sobre uma organização – uma filosofia para o manejo das incertezas e ameaças no âmbito de qualquer tipo de organização humana.

Segundo Morgado (2004) é função básica de Gerenciamento de Riscos, é eliminar ou reduzir os obstáculos que possam surgir, impedir a empresa de realizar seus objetivos. É considerada uma função da organização que deve ser exercida por todos e em todos os níveis de administração, que deverá fazer parte do planejamento estratégico da organização, e deve produzir ações efetivas nas diversas áreas de atividade de atuação:

- seguros e outras formas de financiamento de riscos;
- engenharia de segurança e prevenção de perdas;

- controle de riscos de acidentes maiores, incluindo os riscos tecnológicos, os desastres naturais e os riscos ao meio ambiente;
- administração de recursos humanos, incluindo controle de absenteísmo e treinamento especializado;
- garantia de qualidade de serviços e produtos;
- engenharia de produção, incluindo administração de materiais e de estoques, layout e gerenciamento da manutenção;
- administração de riscos financeiros, incluindo estratégias hedging, técnicas de investimento de capital, manejo de taxas de juros e análise de alavancagem operacional e financeira;
- educação, comunicação e psicologia dirigidas às questões de riscos.

O objetivo do presente trabalho é abranger o tema **“Gerenciamento de Riscos e Avaliação de Danos Ambientais na Indústria do Petróleo”**, e portanto, não será abordado por ora a conceituação/caracterização dos riscos que podem atingir uma empresa – riscos especulativos ou dinâmicos (riscos administrativos – de mercado, financeiros, de proteção, riscos políticos – que derivam do arcabouço legal existente, ou riscos de inovação – que derivam da introdução de novos produtos e serviços e da sua aceitação no mercado), e que tem sido alvo de estudo de vários autores e estudiosos.

A indústria de petróleo vem presenciado vários acidentes graves, com perdas de vidas e ambientais muitas vezes irreversíveis, sendo sempre questionado se a falha ocorreu no processo ou no projetos. Apesar da utilização de metodologias sofisticadas de gerenciamento de projeto, gerenciamento de riscos, análise de viabilidade econômica de projeto, dentre outras, o foco dos projetos e processos tem se concentrado na viabilidade econômica que muitas vezes não considera o valor agregado das atividades preventivas nos fluxos de caixa futuro. Dessa forma as atividades preventivas são vistas como despesas, que em muitos casos devem ser reduzidas para aumentar a atratividade do projeto. Isso mostra que o critério mais importante para tomada de decisão de um projeto é o financeiro, sendo na verdade muito importante mas não é único em grau de importância. Pela lógica econômica de maximização dos fluxos de caixas futuros é importante que não hajam atrasos, pois cada atraso no projeto ou parada no processo é um perda de receita. Assim, uma grande preocupação durante a gestão dos projetos é o prazo de entrega, sendo muitas vezes negligenciados fatores ligados a saúde e segurança dos trabalhadores e aos aspectos sociais e ambientais. Por outro lado a grande preocupação da gestão dos processos é manter uma alta disponibilidade evitando ao máximo as intervenções, o que também pode ocasionar acidentes e impactos ambientais.

A sustentabilidade do negócio, além das questões econômicas, passa também pelo respeito aos requisitos ambientais, gerando assim valor para a sociedade, se faz cada vez mais indispensável como pré-requisitos, dos novos empreendimentos. Esse conceito é uma tendência cada vez mais presente no

mundo atual e um fator de competitividade futuro, haja vista as tendências do aumento das restrições ambientais e a responsabilidade social das organizações cada vez mais cobrada pela sociedade. Dessa forma, vale repensar se os atuais conceitos de gerenciamento de risco nos projetos e processos serão suficientes para adequação dos empreendimentos no futuro, sendo necessário uma mudança cultural de toda a sociedade e desenvolvimento de novas tecnologias para essa adequação.

2 – Gerenciamento de risco – Embasamentos Teóricos e Práticas na Indústrias do Petróleo A Partir de Acidentes

Na indústria do petróleo, a produção, armazenagem, manuseio e transporte de produtos perigosos tem proporcionado a ocorrência de acidentes, colocando em questionamento os mecanismos existentes, sejam eles públicos ou privados, para garantir a segurança destas operações. Neste item o trabalho aborda a importância do Gerenciamento de Riscos a partir do histórico dos acidentes na indústria do petróleo e desastres naturais, e nos esforços na implementação de sistemas de gestão integram e certificação de segurança, qualidade e meio ambiente.

2.1. – O histórico dos acidentes na indústria de petróleo

O conceito de acidente segundo a norma OHSAS 18001 é qualquer situação ou evento indesejado que causa danos à saúde do trabalhador, às instalações e aos equipamentos. Essa definição divulgada pelo Ministério do Trabalho considera apenas os danos a saúde do trabalhador, porém em muitos casos um acidente pode causar além dos danos pessoais, danos ao meio ambiente, incluindo as populações vizinhas às instalações industriais.

Podemos citar como exemplos vários acidentes que geraram danos ambientais e as populações vizinhas as instalações industriais e devemos considerar dois aspectos importantes. O primeiro é que muitos acidentes não foram relatados, seja por não ter tomado proporções catastróficas, ou por não ter tido impactos visíveis a curto prazo. Outro aspecto é a falta de informação dos quase acidentes, que são muito mais frequentes que os acidentes, porém não se tornaram acidentes por casualidade ou força do destino. Esses dois aspectos geram uma perda incrível em termos de aprendizado, uma vez que não se tem praticado efetivamente o conceito de prevenção na antecipação aos riscos nos projetos, restando a possibilidade de se aprender com os erros do presente e do passado.

O século XX foi marcado por acidentes e desastres naturais, resultando em grandes prejuízos materiais e vítimas fatais.

Segundo a OMS – Organização Mundial de Saúde, os desastres naturais entre 1970 e 2000 afetaram mais de 500 milhões de pessoas, sendo o número de óbitos superior a um milhão. A existência de programas de segurança e planos de emergência poderiam ter minimizado as conseqüências da maioria deles. A OMS estima a possibilidade de 200 mil mortes por ano, alertando que o local de trabalho pode ser um ambiente perigoso, veja as estatísticas:

- a) 20% a 90% dos trabalhadores vivem em países, ou regiões, sem acesso algum aos serviços de saúde ocupacional;
- b) 80% da população ativa encontra-se nos países em desenvolvimento e industrializados;
- c) 30% a 50% estão submetidos a agentes físicos, químicos ou biológicos em condições insalubres comprometendo gravemente sua saúde.

Os grandes acidentes industriais, como *Flixborough*, *Piper Alpha*, *Exxon Valdez* e *PETROBRAS-P36*, mostraram que estes incidentes(?) podem ter conseqüências catastróficas. Após tantos acidentes, os grandes grupos corporativos aumentaram os investimentos durante a década de 90 na tentativa de minimizar os prejuízos e resgatar a credibilidade juntos aos órgãos de governo, acionistas e o público em geral. Apesar de todos os esforços na implantação de sistemas de gestão integrada e certificação de segurança, qualidade e meio ambiente, associado aos programas de gerenciamento de risco, muitas destas empresas ainda continuam envolvidas em acidentes graves. Estas questões nos desafiam a descobrir: *O que continua ocorrendo de errado com estas empresas?*

- a) Por que os acidentes continuam a ocorrer nestas empresas certificadas e premiadas por sua excelência em programas de segurança, qualidade e meio ambiente?
- b) Por que alguns acidentes industriais se repetem, dentro da mesma companhia, com causas bastante parecidas?

Poderíamos afirmar que o caminho está correto e que os envolvidos no processo produtivo estão bem intencionados em melhorar as condições de segurança e minimizar os impactos ao meio ambiente. Esta resposta, porém, nos parece muita óbvia, pois nenhum investidor pensa na possibilidade de conviver com acidentes que possam afetar os resultados da empresa e a lucratividade das ações. Infelizmente, a história nos mostra que a sociedade se comporta de forma bastante reativa e as mudanças ocorrem de forma muito lenta. Mesmo nas organizações industriais localizadas nos países desenvolvidos, existe a necessidade de mudar a cultura empresarial na tentativa de se implantar um novo modelo comportamental envolvendo a alta administração, gerentes e supervisores. Talvez, aquela famosa frase das décadas de 70 e 80, “*Quem faz segurança é você*”, não esteja tão ultrapassada.

Na tentativa de responder aos questionamentos colocados anteriormente e entender por que os acidentes ocorrem, concluímos, que em algum momento do processo a “*teoria foi diferente na prática*”, o que nos permite relacionar uma série de aspectos adversos envolvendo o fator humano e que devem ser trabalhados exaustivamente:

- a) Os riscos não eram conhecidos ou foram subestimados no projeto, o que levou à decisão de não se estabelecer um procedimento formal para a operação ou sistemas de proteção;
- b) Na mais complicada e arriscada operação os procedimentos foram ignorados;

- c) As falhas foram detectadas e relatadas, porém foi subestimada a probabilidade de ocorrência do evento e a potencialidade do dano;
- d) A possibilidade de falha não foi esperada para ocorrer no momento mais inoportuno, com o máximo dano e nas condições operacionais mais adversas;
- e) Os recursos humanos e materiais não eram adequados para controlar a situação de emergência e minimizar as conseqüências do acidente;
- f) Os sinais de fadiga, necessidade de manutenção e previsão de vida útil do equipamento, muitas vezes previsto pelo fabricante, foram ignorados por razões de custos ou condições operacionais ligados à pressão de produção;
- g) Os supervisores não foram capazes de identificar o problema e fornecer uma solução rápida, acompanhada por um pequeno toque de bom senso.

As lições aprendidas com estes acidentes devem ser divulgadas a fim de evitar a recorrência de outros eventos semelhantes. Estudar o acidente é a melhor forma de se acumular experiência e conhecimento. Segundo dados da OIT cerca de 40 trabalhadores morrem por minuto na América Latina, em conseqüência de acidentes do trabalho ou doenças ocupacionais.

A partir dos acidentes na indústria do petróleo e desastres naturais, o Gerenciamento de Riscos passa a ter importância à estratégia principalmente no que concerne a contribuição e aplicação da disciplina como pré-requisito de aperfeiçoamento de condutas profissionais e procedimentos técnicos preventivos. Estes acidentes motivaram as mudanças nos conceitos de negócios das empresas de petróleo ao longo do século XX.

A tabela 1 abaixo apresenta um histórico dos acidentes na indústria do petróleo que mudaram o cenário de negócios no setor ao longo do século XX.

Tabela 1 – Acidentes na Indústria de Petróleo no Século XX

Ano	Local	Empresa	Vítimas	Produto	Evento	Mudanças
1974	Flixborough Inglaterra	Ind. Química	28 mortos 89 feridos US\$ 150 milhões de prejuízo	Cicbhexano	Incêndio Explosão	Exigências legais para licenciamento de instalações na Grã-Bretanha
1976	Seveso Itália	ICMESA CHEMICAL	250 lesões 600 pessoas retiradas	Tetraclorodibenzeno paradioxina (Agente Laranja)	Vazamento	Aprimoramentos das ferramentas de análise de risco. Exigências legais para licenciamento de instalações
1982	Rio de Janeiro Brasil	Transportador	6 mortes	Penatclorofenato de sódio (Pó da China)	Intoxicação	Surge a primeira Lei regulamentando o transporte de produtos perigosos no Brasil (Decreto 88.821/83)
1984	San Juanico - México	PEMEX (Refinaria)	550 mortes 2.000 lesões 350.00 pessoas retiradas	Butano	Incêndio Explosão	Alteração nos projetos de combate à incêndio em tanques sujeitos a BLEVE
1984	Bhopal - Índia	UNION CARBIDE	2500 mortes 50.000 lesões	Isocianato de metila	Vazamento	Legislações mais rígidas. Acionistas pressionam sobre aspectos relacionado à segurança e meio ambiente. Elaboração de políticas de segurança. Pesadas indenizações por danos
1984	Cubatão - SP - Brasil	PETROBRAS (Gasoduto)	98 mortes	NAFTA	Incêndio Explosão	A ONU incentiva projetos envolvendo indústria, governo e comunidade visando reverter a degradação ambiental.
1986	Chernobil	Usina Nuclear Estatal	300 mortes 300.000 pessoas retiradas Impactos econômicos em outros países da Europa	Plutônio e outros materiais radioativos	Vazamento radioativo	Pressão mundial para regulamentar aspectos de segurança mais rigorosos. Aperfeiçoamento dos planos de emergência. Pesquisa em sistemas alternativos de energia
1988	Escócia	Empresa de petróleo (Plataforma Piper Alfa)	167 mortes US\$ 6 milhões em prejuízos	Petróleo	Incêndio Explosão	Reavaliação dos riscos envolvendo plataformas de petróleo.
1989	URSS	Empresa estatal de petróleo	600 mortes	Gás natural	Incêndio Explosão	Reavaliação dos riscos envolvendo a comunidade vizinha a gasodutos e instalações industriais.
1989	Alasca	Exxon (Petroleiro)	Impactos ambientais e econômicos	Petróleo	Incêndio Explosão	Alteração dos projetos dos petroleiros com a obrigação de casco duplo. Incentivo ao seguro ambiental
2001	Campos - RJ - Brasil	PETROBRAS (Plataforma P36)	11 mortes US\$ 45 milhões em prejuízos	Petróleo	Incêndio Explosão	Reavaliação dos riscos envolvendo plataformas de petróleo.

Fonte: Moraes, 2004

A tabela 2 apresenta os acidentes catastróficos na indústria de petróleo.

Tabela 2 – Acidentes catastróficos na indústria do petróleo

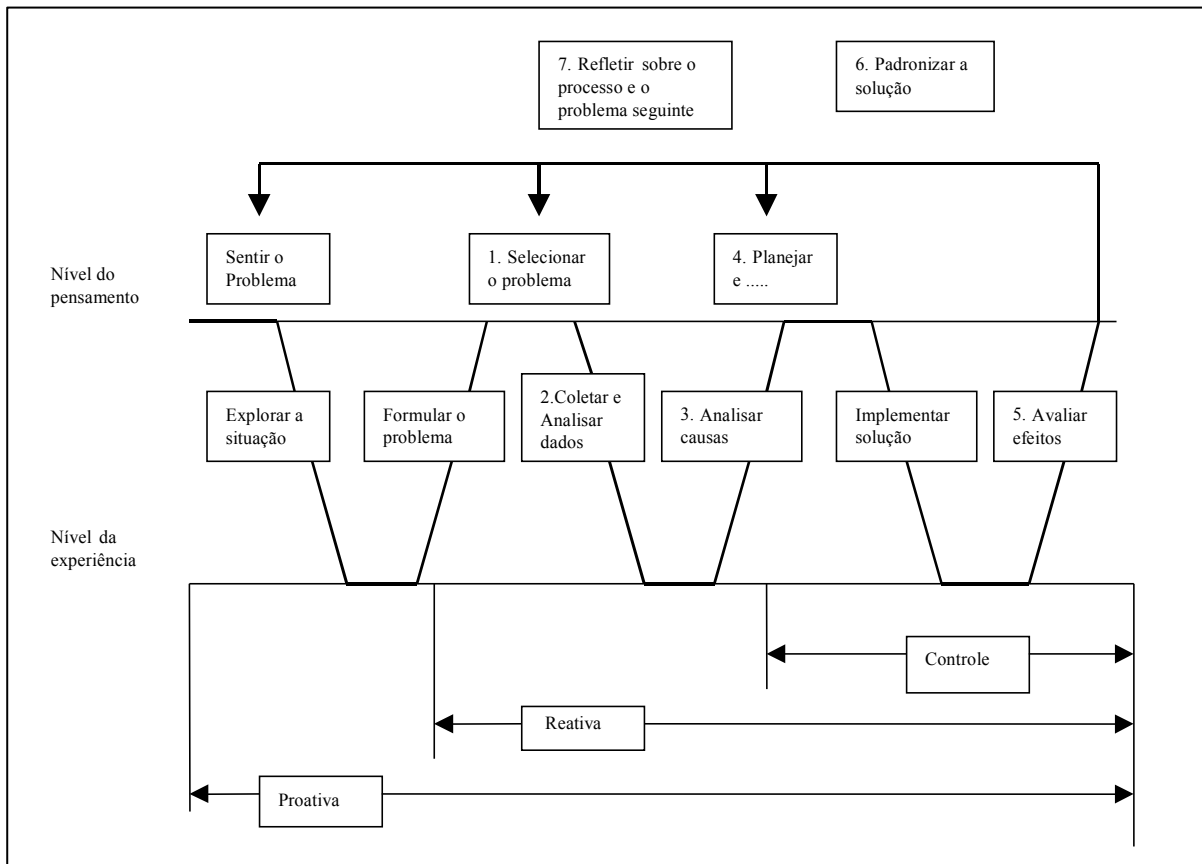
Março 1980	Mar do Norte	Plataforma <i>Keillan</i> naufraga	123 mortos
Outubro 1981	Mar da China	Um navio de perfuração naufraga	81 mortos
Setembro 1982	Atlântico Norte	<i>Ocean Ranger</i> aderna	84 mortos
Agosto 1984	Campos Brasil	Explosão em plataforma <i>PETROBRAS</i>	37 mortos
Mai 1988	Campos Brasil	Incêndio em plataforma <i>Enchova - PETROBRAS</i>	Somente feridos
Julho 1988	Mar do Norte	Plataforma <i>Piper Alpha</i> , explode e afunda durante uma re- operação - <i>Occidental Petroleum</i>	167 mortos
Setembro 1988	Bornéu	Refinaria explode <i>Total Petroleum</i>	4 mortos
Dezembro 1991	S. Paulo Brasil	Explosão de um navio petroleiro na costa brasileira	1 morto

Fonte : Petrobras, 2005

2.1.2 - A importância da identificação e gerenciamento dos riscos.

O processo de gerenciamento de riscos pode ser entendido como a utilização dos recursos humanos, materiais, financeiros e tecnológicos de forma preventiva com objetivo de evitar acidentes que possam causar danos a saúde dos trabalhadores e impactos ambientais, sendo necessário identificação dos riscos, planejamento de ações de bloqueio, ações preventivas, controle e monitoramento e análise crítica para melhoria contínua e aprendizado. Dessa forma, o gerenciamento de riscos se subdivide nas fases de antecipação e identificação dos riscos, planejamento, execução de ações, controle e análise crítica como mostra a figura abaixo

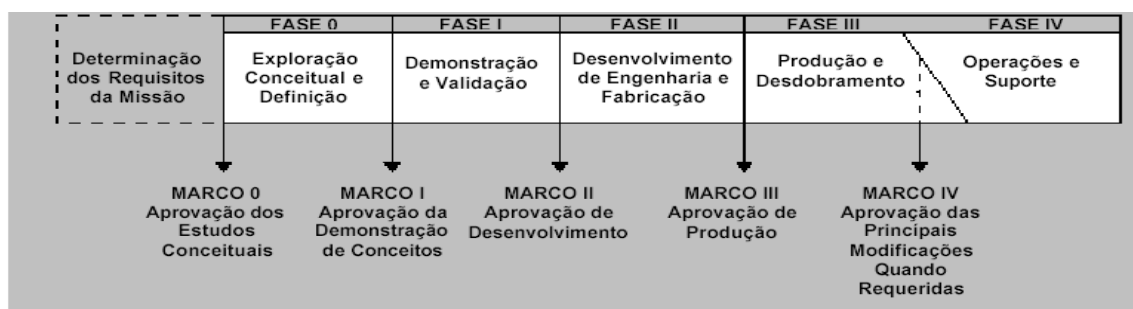
Fig 2 - Metodologia W V de Gestão



Fonte: Shiba shoji, 1997.

Dessa forma, podemos entender que o gerenciamento dos riscos começa no projeto, através da identificação dos possíveis desvios de processos, condições inseguras, camadas de proteção falhas, falhas combinadas e possíveis efeitos dos danos causados por um acidente. Assim é justificado a utilização das diversas técnicas de análise de riscos nas diversas fases do projeto que segundo a metodologia do PMI são subdivididas em exploração, conceituação e definição, demonstração e validação, desenvolvimento de engenharia de fabricação, produção e desdobramento e operação e suporte. A Definição das necessidades do Projeto é a fase de discussão do escopo do projeto, seguida pelos Estudos Conceituais, onde ocorre a escolha da tecnologia. Em seguida ocorre a fase de Aprovação da Demonstração e Validação de Conceito onde é verificado a viabilidade do projeto. A fase de Desenvolvimento dos Processos de Fabricação é a preparação para execução do projeto, sendo feitas análises de riscos e viabilidade técnica e econômica do projeto básico Produção e finalmente a fase de Produção e Desdobramento onde ocorre o detalhamento das especificações e execução do projeto para iniciar os processos contínuos de Operação e Suporte.

Figura 3 – Fases do Projeto



Fonte: PMBOK, 2002.

Cabe refletir sobre a utilização das diversas técnicas de análise de riscos nos casos dos acidentes citados acima para identificar se as técnicas foram utilizadas de maneira correta e durante todas as fases do projeto, ou se o número de técnicas utilizadas foram suficientes, dado as limitações que cada técnica possui. Uma outra questão importante é o posicionamento diante da qualificação dos riscos que muitas vezes subestima seus efeitos, impossibilitando que se façam as ações preventivas necessárias. Podemos dizer que além dessas dificuldades um dos grandes desafios do gerenciamento de risco de projeto é a continuidade das ações e recomendações e controle dos riscos nos processos produtivos, seja pela cultura organizacional, resistência a mudança, processo de aprendizado organizacional, dentre outros fatores humanos que em muitos casos contribuem para o surgimento de condições inseguras que podem gerar acidentes.

Na verdade os acidentes ocorrem por uma combinação de falhas desde a escolha de uma tecnologia pelos líderes, até a falha de um equipamento no processo. Segundo Duarte (2003), podemos definir uma seqüência de falhas como decisões falíveis, falhas latentes, pré-condições, atos inseguros e defesas do sistema. As *decisões falíveis* são as decisões de escopo de empreendimento tomadas pelos líderes organizacionais que adotam posturas negligentes frente aos riscos e optam por tecnologias que possibilitam a ocorrência de um acidente. As *falhas latentes* ocorrem no projeto, ou seja, na fase do planejamento por decisões gerenciais a cerca de localização de instalações, número de camadas de proteção de sistemas, confiabilidade requerida dos sistemas de proteção dentre outras. *Pré-condições* são falhas na decisão dos gerentes em nível de processo que geram condições inseguras e está relacionado por exemplo, aos níveis de produção acima da capacidade do sistema, uso de materiais, insumos dentre outros. Os *atos inseguros* são as falhas humanas que quando combinadas com as condições inseguras podem gerar acidentes. As *defesas do sistema* são as camadas de proteção que o sistema possui para impedir que as combinações das falhas humanas com as condições inseguras acarretem acidentes; assim, quando as defesas do sistema são vencidas ocorre o acidente, restando o acionamento do plano de emergência para tentar minimizar e controlar os efeitos do acidente. O *plano de emergência* é um conjunto de ações planejadas para deter, controlar ou minimizar o efeito de acidentes e emergências, sendo necessário a identificação dos cenários de risco (ou seja, as condições em que ocorrem as emergências), definição de procedimentos, e treinamento de equipe para atuação nas emergências quando necessário. A grande dificuldade dos planos de emergência é o pequeno número de ocorrências de emergências, que pela visão da segurança é benéfico, porém não dispõe situações reais para as equipes de emergência atuar, sendo necessário que ocorram simulados de emergência para que as pessoas envolvidas, tanto funcionários quanto a equipe de emergência ajam de forma correta.

2.2– As técnicas de Análises de Riscos

As técnicas de análise de riscos podem ser *qualitativas ou quantitativas*. No primeiro caso a qualificação dos riscos é feita baseada no conhecimento de profissionais das áreas operacionais e por banco de dados. No segundo caso, são utilizados bancos de dados mais estruturados utilizando modelos matemáticos e softwares para simulações. Independente da natureza da técnica empregada é necessário e fundamental conhecer a limitação de cada técnica, para que se possa aplicá-la no momento certo e de forma complementar a outra técnica, com o único objetivo de detectar os perigos e propor ações durante a fase de projeto, para evitar acidentes que causem danos a saúde dos trabalhadores e impactos ambientais. Dessa forma serão a seguir apresentadas as diversas técnicas de análise de riscos com exemplos aplicados, suas limitações e objetivos.

2.2.1 – What if

A técnica *what if* foi desenvolvida a partir dos check list, ferramenta de qualidade utilizada para controle de processo; a ferramenta, porém, não é utilizada para verificação de uma ação realizada ou de processo e sim para uma ação a ser realizada .


A principal idéia da técnica é desenvolver uma série de questionamentos sobre uma ação operacional, mudança de processo ou projeto, sendo mais apropriada na fase de conceituação do projeto pela ausência de informações para qualificação dos riscos existentes. Apesar dessa limitação a técnica possibilita uma primeira avaliação das situações e riscos e inadequações de tecnologia que serão aprofundadas nas fases seguintes do projeto.

A técnica consiste em enumerar vários questionamentos a respeito do projeto, sendo feito questionamentos direcionados, sendo necessário profissionais de várias áreas para responder os questionamentos, pois haverá reuniões de perguntas e reuniões de respostas. Muitos questionamentos não serão respondidos inicialmente, necessitando a utilização de técnicas de análise de riscos mais específicas em outras fases do projeto. Para realização do **What if** é necessário um líder que conheça a técnica e possa coordenar a equipe, um auxiliar para anotar as perguntas e respostas e diversos profissionais de áreas afins de interesse do empreendimento analisado. O número de participantes é essencial para o sucesso da técnica, não havendo um número exato, porém excesso de participantes dificultará a coordenação, podendo estender a análise, e um número pequeno pode comprometer as respostas ao questionamento. Dessa forma, é necessário que haja um número de participantes suficientes para responder as perguntas das diversas disciplinas relacionadas com o empreendimento analisado, sendo a escolha dos participantes um fator crítico de sucessos.

As vantagens da técnica estão na facilidade da aplicação, possibilidade de identificação de riscos na fase de planejamento e a participação multidisciplinar que agrega muito na fase de planejamento de um projeto, porém os maiores desafios são conter os participantes em não responder as perguntas nas reuniões de pergunta, convencer os participantes que leiam os descritivos do projeto antes da reunião, fazer com que os participantes direcionem as perguntas para o auxiliar do coordenador que anota as perguntas, e o comprometimento com a entrega das respostas no prazo certo.

A análise é finalizada quando os participantes se dão por satisfeitos com as respostas aos seus questionamentos. Um exemplo de **what if** é a instalação de um painel elétrico reunindo diversas equipes de manutenção , operação, SMS e empresas contratadas. O **what if** foi realizado basicamente como descrito acima com algumas dificuldades de agendamento de reuniões e respostas aos questionamentos. O registro da técnica pode ser visto na tabela 6 abaixo.

Tabela 6 - What if (Instalação de painel elétrico)

				SISTEMA:	SUBSISTEMA:
PERGUNTAS	VALIDAR	UO	PROCESSO	RESPOSTA	RECOMENDAÇÕES
De que maneira esta área será cercada?	SIM	ENG	Terraplenagem	Pelo tapume existente.	Não se aplica
Que equipamentos serão utilizados na etapa de terraplenagem?	SIM	ENG	Terraplenagem	Pás, enxadadas, picaretas e compactador vibratório (à gasolina)	Não se aplica
O tanque de reserva técnica de diesel já está disponibilizado?	SIM	DPM	Reserva Diesel	Até o momento nada formalizado, contudo espera-se que seja o tanque n° 1006.	Não se aplica
O tanque de reserva a ser disponibilizado tem qual capacidade?	SIM	DPM	Reserva Diesel	100.000 litros	Não se aplica
Sob o ponto de vista do tipo de ligação (estrela-delta), como será feita a ligação entre o transformador elevador e o transformador 14?	SIM	MOS/MA	Ligação cabos 13,2 kV	Não existe nenhum problema. Na realidade este tipo de ligação é considerado ideal, pois, a saída em estrela cria uma defasagem que compensa a entrada em delta, evitando a circulação de corrente de terra entre os dois	Não é necessária nenhuma recomendação.
O transformador do CENPES apresenta aterramento por baixa resistência, tecnicamente isto pode acarretar algum problema na	SIM	MOS/MA e SOTREQ	Ligação cabos 13,2 kV	MOS: Não existe nenhum tipo de problema.	MOS: Não existe nenhum tipo de problema.
Como será feito o travamento dos acessórios necessários para realização da etapa de TESTE DE SINCRONISMO? *Verificar procedimento	SIM	MOS/OI	Testes de Sincronismo	Será verificado no sistema 480V o sincronismo com o sistema do CENPES	Verificar procedimento SOTREQ
Para a movimentação do painel há recomendações de Segurança (provavelmente movimentação será feita com roletes)?	SIM	SMS	Posicionamento PAINEL	A estratégia de movimentação do PN, é de responsabilidade da Contratada, desde que sejam atendidos os critérios de dimensionamento, planejamento e manuseio por profissional habilitado.	A estratégia de movimentação do PN, é de responsabilidade da Contratada, desde que sejam atendidos os critérios de dimensionamento, planejamento e

Fonte: Petrobras, 2004.

2.2.2 – Análise Preliminar de Riscos (APR)

A **análise preliminar de risco** foi utilizada inicialmente na área militar para identificação em sistemas de mísseis que utilizavam combustível líquido, envolvendo perigo de explosão e incêndio, sendo uma forma de prevenção e garantia da aplicação dos procedimentos. Na indústria, a APR é utilizada em processos antes da realização de atividades que envolvam perigos que possam causar acidentes graves, e em projetos para identificação dos perigos nos diversos sistemas e subsistemas.

Existe a diferença entre **Análise Preliminar de Risco (APR)** e **Análise Preliminar de Perigo (APP)**, que no primeiro caso, além de avaliar os perigos existentes, é feita uma qualificação dos riscos através da qualificação das frequências ou probabilidade de exposição aos perigos, e da gravidade das consequências dos acidentes ao meio ambiente e à saúde dos trabalhadores. Podemos verificar em alguns casos a **Análise Preliminar de Tarefa**, podendo haver qualificação do risco ou não, sendo utilizada para tarefas específicas com objetivo de prevenção aos riscos envolvidos nas tarefas. A **análise preliminar de riscos** é uma técnica qualitativa de risco dedutiva, ou seja, ela inicia na identificação dos perigos, sendo avaliadas as causas, consequências, qualificação dos riscos e propostas para bloqueio e controle dos perigos. Uma variação da APR é a identificação de aspectos e impactos e perigos e danos em processos, com a diferença de inicialmente ser identificado o processo, a atividade e as tarefas para que sejam associados os perigos, danos à saúde, aspectos ambientais e impactos ambientais. A identificação de aspectos e impactos e perigos e danos possui uma fase de qualificação dos riscos e proposta para ações de bloqueio, projetos, objetivos e metas sendo uma

ferramenta mais completa que a APR, sendo mais adequada após a fase de detalhamento quando as atividades e tarefas estão definidas.

A APR pode ser aplicada em qualquer fase do projeto, sendo mais adequada a partir do projeto básico, sendo necessário atualizações e revisões da análise a cada mudança e detalhamento do projeto. Para realizar a APR é necessário um coordenador que conheça além da técnica, os conceitos de perigo e danos, pois é comum haver confusão desses conceitos que podem comprometer as recomendações sugeridas na análise. Além do coordenador, é necessário especialistas de áreas operacionais relacionadas ao empreendimento para avaliar a operacionalidade das ações propostas. **A Análise Preliminar de Perigo** pode ser feita com focos em segurança ou meio ambiente. A melhor opção é ser feita integrada considerando os dois aspectos, porém, é necessário uma visão integrada dos participantes, o que não ocorre em muitos casos. A APR tem como principais vantagens a possibilidade de participação de um grupo multidisciplinar, a utilização de pouco tempo para análise na maioria dos casos, e simplicidade da aplicação da técnica podendo ser utilizada em áreas operacionais de forma preventiva antes da realização das tarefas. As desvantagens são a dependência da percepção dos perigos no processo ou projeto por parte dos envolvidos, que no caso de esquecimento de um perigo pode ocorrer um acidente por não haver ação de controle ou bloqueio. Outra desvantagem é a utilização de uma análise feita para um processo, atividade, projeto ou tarefa em outro parecido, ou no mesmo caso, em outro período, não havendo nesse caso discussão sobre os perigos e conseqüentemente conscientização da importância das ações e bloqueio, sendo apenas o cumprimento de uma exigência gerencial.

Um exemplo de APR pode ser visto detalhadamente no caso de uma análise de risco de um subsistema elétrico, sendo avaliado o sistema elétrico considerando as qualificações de frequência e severidade como mostrado no quadro abaixo. É importante ressaltar a definição dos perigos e conseqüências que em muitos casos ocorre confusão nos conceitos. As conseqüências são danos a saúde dos trabalhadores, equipamentos e meio ambiente, sendo o perigo qualquer evento, produto ou subproduto do processo que pode causar danos a saúde do trabalhador.

PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS		ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS (APR)					CENPES/PDEAB/PCP	
UNIDADE: Central de Utilidades do CENPES (Ampliação do CENPES)			3 - SISTEMA: Energia elétrica			DATA: 21/03/2005		
Subsistema: 3 – Distribuição de energia elétrica – Subestação principal		DESCRIÇÃO: Dos cubículos dos painéis elétricos de 13,2 kV até os cabos de entrada e saída dos mesmos.				DESENHOS: DE-0250.00-5140-946-PEN-001		
PERIGO	CAUSAS	MODOS DE DETECÇÃO	CONSEQÜÊNCIAS	CLASSE FREQ.	CLASSE SEVER.	RISCO	RECOMENDAÇÕES	
Incêndio	- Baixo isolamento nos cabos e equipamentos elétricos	- Visual	- Danos aos equipamentos - Danos a saúde dos trabalhadores	A	III	(2)	R0017) Prever instalação de detector de fumaça com pré-alarme no sistema supervísório.(Ação – IECP/PS) R0018) Prever instalação sensor de temperatura com alarme no sistema no sistema supervísório.(Ação – IECP/PS) R0019) Garantir que os painéis e os cabos as especificações do projeto. (Ação – IECP/PS)	
Explosão	- Baixo isolamento nos cabos e equipamentos elétricos.	- Visual - Auditivo	- Danos aos equipamentos - Danos a saúde dos trabalhadores	B	II	(2)		
Choque elétrico	- Falha no sistema de aterramento - Falha humana por não atender os procedimentos . - Danos físicos ao cabo por ação mecânica.	- Sensitivo - Visual	- Morte - Queimadura	B	IV	(4)	R0020) Treinar os empregados nos procedimentos (Ação – SOP/MAO) R0021) Incluir nos procedimentos operacionais ações de prevenção aos riscos envolvidos na atividade. (Ação – SOP/MAO). R0022) Inspeções periódicas no sistema de aterramento. (Ação – SOP/MAO).	

3.2.3 – Análise de Modos e Falhas (FMEA)

A **Análise de Modos e Falhas** é uma técnica de análise de risco qualitativa e indutiva, ou seja, qualifica os riscos e define os efeitos indesejados a partir da identificação dos equipamentos, seus modos de falhas e efeitos em outros componentes e no sistema. A FMEA tem a vantagem de relacionar a falha de um equipamento específico com outros equipamentos e sistema, possibilita a identificação dos diversos modos de falha de um equipamento, permitindo que a prevenção seja mais específica. Pode ser usada para identificação dos modos de falha e monitoramento de falhas de equipamentos, sendo fundamental no estudo de confiabilidade de sistema voltado para os sistema de proteção contra acidentes ou para definição de configuração de projetos de plantas industriais, equipamentos ou produtos. A limitação da técnica está relacionada a não haver a análise de falhas combinadas que pode causar uma certa vulnerabilidade ao sistema. Para aplicação da técnica é necessário um coordenador que conheça bem as técnicas, representantes da operação, manutenção e processo que conheçam o equipamentos e os processos analisados, e uma base de dados que permita identificar os modos de falha as probabilidades e efeitos indesejados.

Uma variação do FMEA é a FMECA, conhecida como **Análise de Modos, Falhas e Criticidade** que qualifica os modos de falha dos equipamentos pela probabilidade de falhas, severidades e criticidade da falha para o sistema.

A maior dificuldade da FMEA é o entendimento e definição dos modos de falha. Um exemplo de FMEA pode ser verificado no quadro abaixo, sendo avaliado um sistema de água de resfriamento de um projeto de um Centro de Pesquisa. Podemos verificar a definição do sistema, subsistema, equipamentos, modos de falha, efeito sobre outros sistemas, ações e recomendações. Nesse exemplo não há qualificação das probabilidades das falhas, pois o objetivo desse FMEA foi a identificação dos equipamentos críticos do sistema para qualificação das frequências de falhas e tempos de reparo para avaliar a confiabilidade do sistema.

NÃO TEMOS O QUADRO

2.2.4 – Análise de Riscos e Operabilidade (Hazop)

O **Método HAZOP** foi introduzido inicialmente pelos engenheiros da empresa inglesa ICI Chemicals na metade dos anos 70. Uma vez verificadas as causas e as conseqüências de cada tipo de desvios, esta técnica procura propor medidas para eliminar, mitigar ou controlar em níveis aceitáveis o risco ou quem sabe até sanar o problema de operabilidade da instalação. É uma técnica estruturada em palavras guias, desvios, causas, conseqüências e recomendações sendo a técnica mais formalizada em termos de metodologia sendo necessário experiência e conhecimento na aplicação da técnica para uma análise de processo de projetos. Isso exige um coordenador que conheça a técnica, além de representantes da operação, processo, manutenção, instrumentação e projeto. Recomenda-se que a técnica não seja feita por um tempo muito prolongado, havendo várias reuniões de meio período de trabalho o que dificulta a aplicação da técnica devido as diversas conciliações de tempo dos integrantes da equipe de **Hazop**. Na prática as análises são feitas em dias seguidos e em um período de trabalho diário com alguns intervalos definidos, para não atrasar o andamento do projeto e facilitar na reunião de profissionais de diferentes áreas e locais.

As vantagens do **Hazop** é a metodologia rígida que obriga avaliar todo o processo através da definição dos nós, ou seja limites a serem avaliados nos processos estabelecidos nos desenhos de engenharia dependendo do entendimento do grupo a respeito dos possíveis efeitos, causas e tipos de produtos. É interessante que a definição dos nós seja feita junto com a equipe de **Hazop** devido ao conhecimento dos representantes de processo, operação e projeto.

As desvantagens do **Hazop** são a monotonia da técnica que segue desvio a desvio, os diversos equipamentos que pertence aos nós definidos, a desconsideração de falhas combinadas e o excesso de foco dado ao processo, que pode deixar passar questões importantes relativos à saúde e ao meio ambiente. O principal desafio do **Hazop** é manter as discussões da equipe voltadas para identificações das conseqüências dos desvios e recomendações. Existe uma tendência natural das equipes discutirem

processo, sem muitas vezes agregar valor para análise do Hazop, porém, essas discussões são necessárias para garantir a qualidade das recomendações. Podemos ver nas tabelas 8 e 9 abaixo as palavras guias e os desvios padronizados do Hazop.

Tabela 8 - Hazop (terminologia)

Terminologia	
NÓS DE ESTUDO	Trechos da planta em relação aos quais serão aplicadas as palavras-guias.
DESVIOS	Condições inadequadas de operação, simuladas através da aplicação das palavras-guia sobre o parâmetro de processo em utilização.
PARÂMETROS DE PROCESSO	Fluxo, temperatura, pressão, etc.
CAUSAS	Fatores que originam os desvios
CONSEQÜÊNCIAS	Decorrências dos desvios, que são utilizadas para identificar os riscos.
PALAVRAS-GUIAS	Termos que aplicados aos parâmetros de processo geram os desvios.

Fonte: Petrobras, 2004.

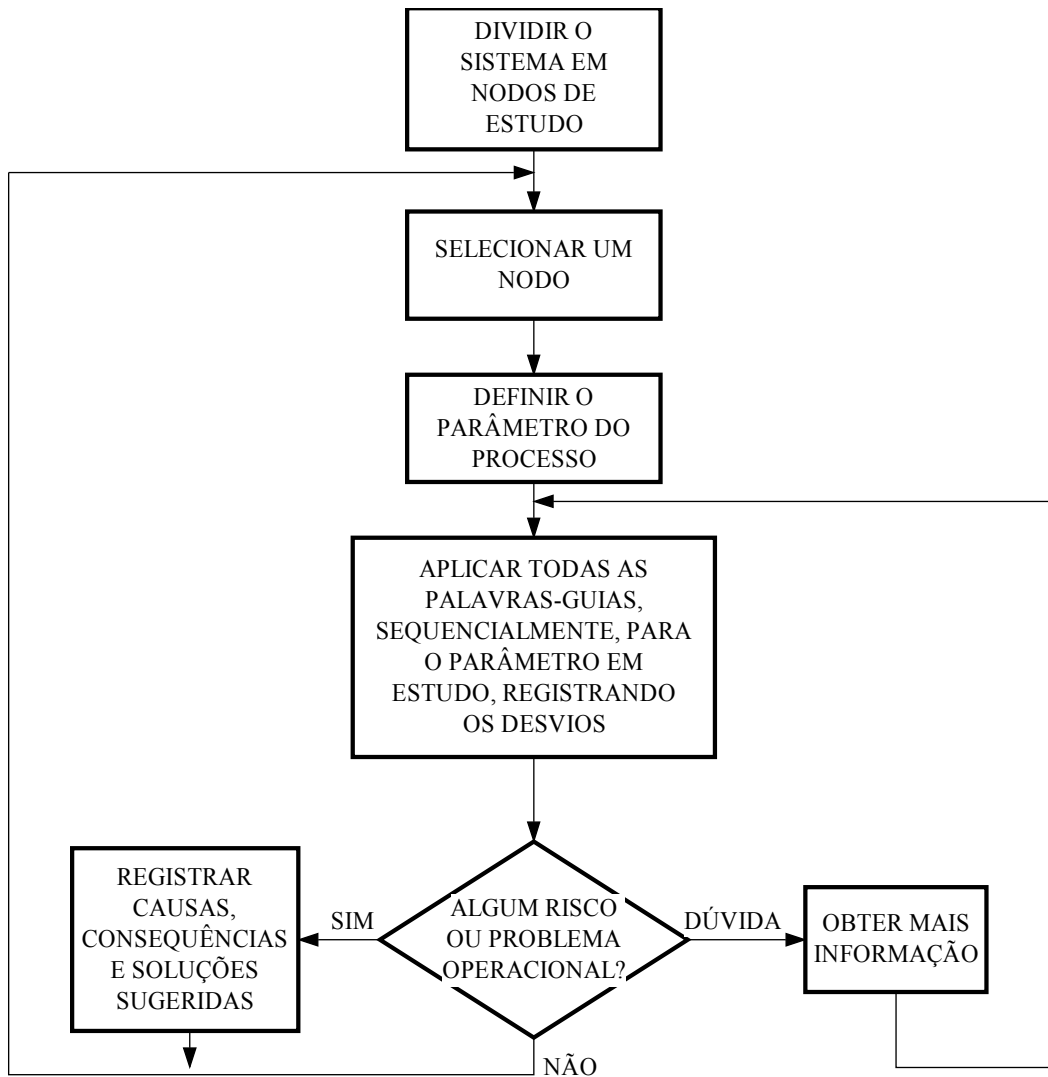
Tabela 9 - Hazop (palavras-guia)

Palavras-guia	Significado
NENHUM	Inexistência (quantitativa) do parâmetro
MENOS	Decréscimo quantitativo
MAIS	Acréscimo quantitativo
EM PARTE	Decréscimo qualitativo
TAMBÉM	Acréscimo qualitativo
REVERSO	Parâmetro em sentido oposto ao normal
OUTRO	Substituição completa


Fonte: Petrobras, 2004.

Figura 5 - Fluxograma de Hazop

Fluxograma do “HAZOP - Palavras-guias”



Fonte: Petrobrás, 2004.

 PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS		HAZOP - (Análise de Perigos e Operabilidade)		CENPES/EB/PCP	
Unidade: REVAP – Unidade de Hidrotreatamento de Nafta de Coque (U-266)			Sistema: T-26602		Data: 24/08/2004
Subsistema: Fundo da T-26602 Nú 29: Da saída da T-26602 até o limite de bateria				N° Desenho: 929540-120-25-A1 Rev-A DE 30/ 07/2004	
Desvio	Possíveis Causas	Possíveis Efeitos	Salvaguardas	Ações / Recomendações	
Vazão alta	- Abertura da LV-01-25, por falha na malha da LIC-01-26.	- Sobrecarga dos permutadores que resfriam a nafta para tanque .	- TAH no TI de saída P-26618	Ver R122 R123) Prever instalação de FAH no FT-02-25 e FT-01-25.(Ação :UOP)	
Vazão Baixa	- Falha na malha de controle da LIC-01-26	- Não significativos para este nó, porém irá causar nível alto na T-26602 e falta de carga para a Unidade de Reforma.	- Não tem	Ver R121	
Fluxo reverso	- Não se aplica				
Contaminação	- Furo no P-26612	- Perda de especificação do produto devido ao H2S.	- Não tem	R124) Prever rotina de teste de acetato e análise de corrosão (Ag e Cu) para o SN-26611.(Ação: REVAP)	
	- Furo no P-26613	- Envio de condensado para tanque ou para reforma	- Não tem	Ver R055	
Pressão maior	- Variação de contrapressão no limite de bateria oriunda de tanque ou da unidade de Reforma	- Em caso extremo haverá limitação de escoamento.	- LAH da LIC-01-26	Ver R121	
Pressão menor	- Variação de contrapressão no limite de bateria oriunda de tanque ou da unidade de Reforma	Não significativo			
Temperatura maior	- Abertura indevida da HIC do P-26612	- Envio de carga mais quente para a Unidade de Reforma	- Não tem	R125) Prever instalação de TI na saída dos tubos do P-26612.(Ação :UOP)	
		- Envio de produto quente para tanque, podendo atingir o seu ponto de fulgor.	- TAH no TI de saída do P-26616.		
	- Queda do P-26616	- Envio de produto quente para tanque, podendo atingir o seu ponto de fulgor.	- TAH no TI de saída do P-26616.	Não tem	

Fonte: Petrobras, 2004.

2.3 – Análise Quantitativa de Riscos

As técnicas quantitativas de riscos tem como objetivo identificar a probabilidade de eventos indesejados que podem gerar acidentes e seus efeitos no meio ambiente, saúde dos trabalhadores e equipamentos, baseado em dados através de aplicação de modelos matemáticos. Dessa forma é essencial que se tenha uma base de dados confiáveis e informações que possam viabilizar a aplicação das técnicas quantitativas. Assim veremos a seguir algumas técnicas quantitativas de risco como a **AQR, Árvore de falhas, SIL e Análise RAM.**

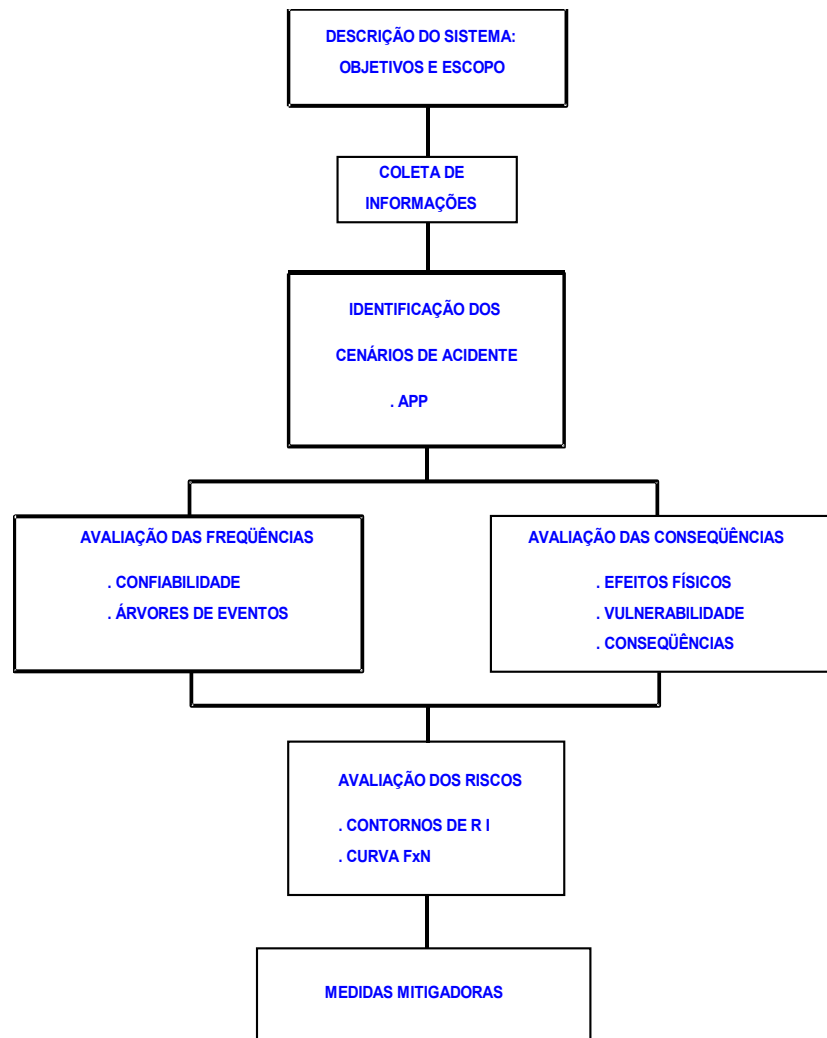
2.3.1 – Análise de Efeitos e Conseqüências (AQR)

A **Análise de Efeitos e Conseqüências** tem como objetivo estimar os danos gerados pelos acidentes através de cálculos baseado nos diversos tipos de cenários como liberação de nuvem tóxica, incêndio, explosão dentre outros e seus efeitos ao meio ambiente, instalações e saúde dos trabalhadores. Para a realização da **AQR** é necessário a identificação dos perigos pelas diversas técnicas de Análise de Risco e Análise dos Cenários para quantificação das conseqüências.

Para Avaliação dos Riscos, após a Coleta de Informações sobre a probabilidade do acidente é necessário quantificar seus efeitos, sendo o risco a combinação da probabilidade ou frequência de

ocorrência do evento com a sua consequência ($R = P \times S$). O passo mais importante da Análise Quantitativa de Risco são as ações mitigadoras propostas. O fluxo da análise quantitativa de riscos pode ser representado na figura abaixo.

Figura 6 – Fluxo da Análise Quantitativa de Riscos

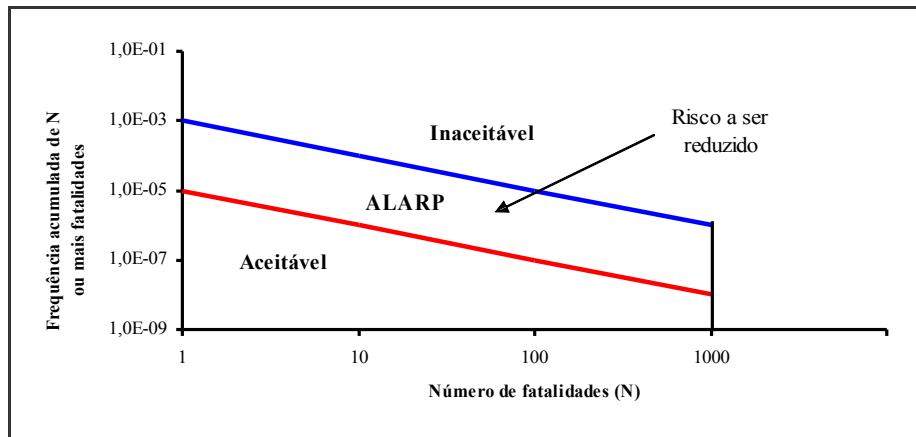


Fonte: DNV,2003

Dependendo da dimensão do risco, são necessárias ações para sua redução, seja pelo aumento de confiabilidade e efetividade do plano de emergência ou pela redução da probabilidade de ocorrência, que nesse caso é reduzida pelo aumento das camadas de proteção e/ou aumento da confiabilidade das salvaguardas. Muitas vezes é possível promover redução das severidades pelas proteções coletivas, distâncias de centros urbanos, apesar de não ser possível eliminar a severidade do evento. Assim, é sempre recomendável que esforços sejam feitos para redução dos riscos, porém, é necessário critérios para possibilitar a comparação com parâmetros de aceitabilidade. Para isso é necessário a comparação do risco de acidente do cenário em questão, com os critérios de riscos sociais adotados, que podem ser definidos pela probabilidade da morte de um número de indivíduo expostos

em um acidente. A Avaliação do Risco Social é feita pela freqüência de acidente relacionado ao número de mortes através da conhecida curva F-N (F- freqüência, N- número de mortes). Essa freqüência deve ser comparada com o risco tolerável , que é conhecido como região ALARP (as low as reasonable possible). O risco social é representado pelo número de mortes por ano e pode ser visto na figura abaixo.

Figura 7 – Curva F-N (Hong Kong)



Fonte: DNV,2003

É importante observar que os critérios de tolerabilidade ao risco variam de acordo com as diversas legislações e culturas dos diversos países, havendo maior tolerabilidade ao risco em algumas atividades como por exemplo transporte rodoviário do que outras.

Além dos riscos sociais a tolerabilidade ao risco pode ser avaliada pelo risco individual , sendo definido como a probabilidade de mortes de um individuo . O risco individual pode ser entendido como o número de indivíduos exposto ao risco social ($R_i = R_s / N$ ° indivíduos expostos). O risco individual leva em consideração a probabilidade de exposição ao evento. Podemos verificar na figura abaixo critérios de aceitabilidade de tolerabilidade ao risco individual.

Figura 8 – Risco individual (Holanda)



Fonte: DNV, 2003

Assim, é de vital importância a avaliação das áreas vulneráveis e os efeitos ocasionados por acidentes catastróficos ao meio ambiente, trabalhadores e população.

A metodologia de Análise de Vulnerabilidade é um conjunto de modelos usados para estimativa das áreas vulneráveis sujeitas aos efeitos danosos de acidentes catastróficos. Estes acidentes catastróficos geram efeitos físicos que podem gerar danos aos trabalhadores, comunidade e meio ambiente.

A avaliação dos efeitos físicos de acidentes catastróficos como de vazamentos de produtos perigosos, incêndios e explosões, dependendo do tipo de material e das condições em que este se encontra, pode requerer o uso de modelos, os quais possibilitam o cálculo de:

- Descarga: Quantidades vazadas ou taxas de descarga de material (líquido, gasoso e bifásico);
- Evaporação súbita ("flasheamento") de líquidos superaquecidos;
- Espalhamento das poças de líquidos ou gases liquefeitos e evaporação;
- Dispersão de gases leves ou pesados na atmosfera;
- Determinação dos Efeitos Tóxicos e Inflamáveis.

Para os cenários de acidente identificados, serão feitas análises matemáticas dos efeitos dos acidentes, visando determinar a magnitude dos mesmos. Para a avaliação da área vulnerável, a

primeira etapa é a “caracterização do cenário de acidente”, que consiste na apresentação de todas as condições físicas e das hipóteses necessárias para *Análise de Riscos*. A determinação dos efeitos físicos do acidente, tais como, a localização do vazamento (ponto de liberação), o produto envolvido e as suas condições termodinâmicas no momento do vazamento.

Caracterização do Cenário de Acidente

Esta etapa inclui:

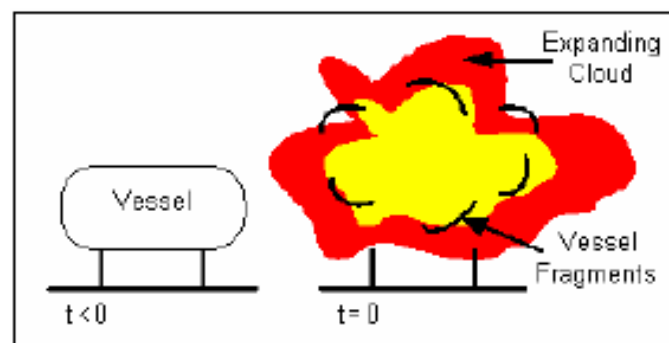
- Determinação das condições da substância a ser liberada como temperatura e pressão em que material a ser liberado encontra-se no reservatório (vaso, tanque, coluna, esfera) ou na linha onde está localizado o ponto de liberação. O gás pressurizado (temperatura escolhida seja acima da temperatura de saturação para a pressão especificada), líquido a pressão de vapor (A substância encontra-se em condições de saturação; neste caso, poderá ser feita liberação tanto na fase líquida como na fase vapor.), líquido sobrepresurizado (quando a substância está líquida, mas a uma pressão superior à sua pressão de vapor) e líquido a temperatura ambiente;
- Determinação do Inventário: consiste na massa total disponível para liberação incluindo o inventário existente em todos os reservatórios (vaso, tanque, coluna, esfera) interligados ao ponto onde será considerada a liberação e a massa alimentada ao sistema até que ocorra acionamento de bloqueios, interrupção de bombeio ou qualquer outro meio que limite a alimentação contínua de material ao ponto de vazamento;
- Determinação da substância a ser liberada observando se a substância é pura ou é misturada a outra substância;
- Determinação do tipo de liberação: De acordo com o cenário de acidente a ser analisado, é estabelecido o modelo de liberação mais adequado à condição.

Tipos de liberação

Ruptura Catastrófica

Esse modelo considera a liberação instantânea de todo o inventário calculado no sistema, conforme apresentado na Figura abaixo. Esse modelo foi desenvolvido para modelagem de cenários onde considera-se que o reservatório foi destruído por um impacto ou outro tipo de falha que leva a um desenvolvimento muito rápido do acidente. A premissa adotada é que o inventário liberado forma uma massa homogênea, expandindo-se rapidamente como uma nuvem semi-esférica.

Figura 9. Ruptura catastrófica

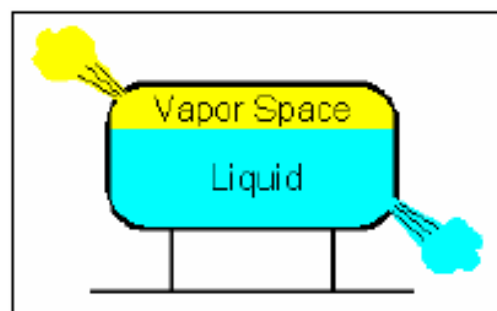


Fonte: Duarte, 2002

Vazamento

Este modelo é empregado no caso de um furo em um vaso, tanque, coluna, esfera ou um pequeno vazamento em uma tubulação de maior diâmetro (por exemplo, um furo de 2" em uma linha de 10" de diâmetro). Este modelo faz o cálculo da descarga através de um orifício perfeito, para o qual assume que não há perda de carga por fricção enquanto o fluido passa pelo furo. A Figura abaixo indica a situação mais genérica em termos de cenário de acidente: um vaso de processo, onde é possível a ocorrência de um vazamento na fase líquida ou na fase vapor.

Figura 10 - Modelo de vazamento



Fonte: Duarte, 2002

Matematicamente a dispersão para líquidos pode ser representado pela equação :

$$m(0) = C_d \times A_0 \times \rho_1 \left\{ (2(P_r - P_a) / \rho_1) + (2g(h - h_0)) \right\}^{1/2}$$

sendo,

$m(0)$ = vazão inicial

C_d = coeficiente de descarga

A_0 = área do furo

ρ_l = densidade do líquido

P_r = pressão do reservatório

P_a = pressão ambiente

g = aceleração da gravidade

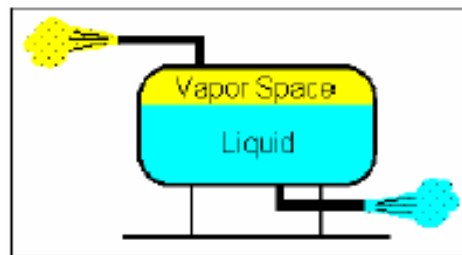
h = altura inicial do líquido

h_0 = altura do furo

Ruptura de Linha

Neste modelo é considerada a ruptura total da linha conectada a um reservatório com pressão (vaso, tanque, coluna, esfera), com o diâmetro do furo igual ao diâmetro da tubulação. O modelo de descarga calcula a queda de pressão ao longo da linha, baseando-se nos acidentes existentes (válvulas, flanges, conexões) e no comprimento da linha. A Figura abaixo indica a situação mais genérica em termos de cenário de acidente: um vaso de processo, onde há tubulações conectadas no topo e no fundo do mesmo, com a possibilidade de ocorrência de um vazamento na fase líquida ou na fase vapor.

Figura 11 - Modelo de ruptura de linha



Fonte: Duarte, 2002

Matematicamente a dispersão para gases pode ser representado pela equação :

$$m(0) = C_f * \psi * A_0 * \left(\frac{\gamma}{2(\gamma+1)} \right)^{\frac{(\gamma+1)(\gamma-1)}{2}} * \left(\frac{P_r}{R * T_{r0} / M} \right)^{\frac{1}{2}}$$

ψ = coeficiente de fluxo | sendo,

M = massa específica | $m(0)$ = vazão inicial

T_{r0} = | C_f = coeficiente de descarga

γ = | A_0 = área do furo

Caracterização do Local do Acidente

A caracterização do local do acidente é de vital importância sendo necessário :

➤ Definição da presença de dique que no caso da liberação ocorrer em um local onde haja algum tipo de contenção limitando o espalhamento do líquido liberado na descarga. Caso não haja o espalhamento do produto será calculado até a poça atingir uma espessura mínima que é definida para cada tipo de solo. No caso de presença de dique, a informação a ser utilizada no cálculo é a sua área útil.

➤ Tipo de solo, descrevendo o tipo de superfície na qual o material liberado irá se espalhar, apresentando diferentes características para o espalhamento e evaporação. Os tipos de solo são: solo seco, solo úmido, superfície de água rasa ou água profunda e concreto.

➤ Localização do ponto de vazamento, definindo a altura de Liberação, ou seja, a altura do local onde foi considerada a liberação de produto, seja ele em uma linha de processo, em uma tubovia, no topo ou fundo de um reservatório, sendo sempre considerada a altura com relação ao nível do solo.

➤ Direção do Vazamento, determinando a direção inicial do vazamento, horizontal, vertical, angular, para baixo encontrando o solo ou horizontal encontrando um obstáculo. Nos dois últimos casos considera-se que o momento inicial do jato é reduzido, levando a diluição mais lenta do material liberado e como consequência uma dispersão também mais lenta.

Efeitos Físicos

Dependendo do tipo de cenário haverá uma área afetada com efeitos específicos como podemos observar na tabela abaixo

Tabela 11 - Efeitos físicos / Danos

<i>Tipo de Efeito Físico</i>	<i>Nível</i>	<i>Dano</i>
Incêndio em Nuvem	Limite Inferior de Inflamabilidade	100 % de fatalidade
	12 kW/m ²	Probabilidade significativa de morte em exposição prolongada, queimaduras de 1o grau em 10 segundos de exposição, queima de materiais, danos a alguns materiais sintéticos após alguns minutos de exposição; 1% de fatalidade em 35 seg de exposição. Equivale a cerca de 1% de fatalidade, em 35 segundos, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ³ .
	4 kW/m ²	Dores em 20 segundos de exposição ou quebra de placas de vidro. Equivale a menos de 1% de queimaduras de primeiro grau em 20 segundos de exposição, utilizando-se a equação de Probit definida no Green Book ⁴ .
Incêndio em poça/ Jato de Fogo/ Bola de Fogo ²	LC _{50_10}	Concentração que provoca letalidade em 50 % dos que ficarem expostos por 10 minutos.
	LC _{10_30}	Concentração que provoca letalidade em 10 % dos que ficarem expostos por 30 minutos.
	LC _{1_30}	Concentração que provoca letalidade em 1 % dos que ficarem expostos por 30 minutos.
Nuvem Tóxica ⁵	7 psi (0,492 bar)	75 % de danos estruturais em casas e colapso de <i>piperack</i> . Equivale a mais de 99% de danos estruturais, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .
	2 psi (0,14 bar)	Limite inferior de danos estruturais sérios. Dano parcial em paredes de casas. Equivale a cerca de 16% de danos estruturais, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .
	0,3 psi (0,02 bar)	Distância segura; probabilidade de 95% de não ocorrer danos sérios; 10% de quebra de vidros. Equivale a mais de 3% de quebra de vidro, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .
Explosão ⁶	7 psi (0,492 bar)	75 % de danos estruturais em casas e colapso de <i>piperack</i> . Equivale a mais de 99% de danos estruturais, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .
	2 psi (0,14 bar)	Limite inferior de danos estruturais sérios. Dano parcial em paredes de casas. Equivale a cerca de 16% de danos estruturais, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .
	0,3 psi (0,02 bar)	Distância segura; probabilidade de 95% de não ocorrer danos sérios; 10% de quebra de vidros. Equivale a mais de 3% de quebra de vidro, utilizando-se a equação de Probit definida por Einsenber ^g .

Fonte: DNV, 2003

MODELOS DE DESCARGA, EVAPORAÇÃO, DISPERSÃO E EFEITOS FÍSICOS

Modelos de Descarga

O cálculo das descargas devido a liberações acidentais de produtos perigosos é realizado de acordo com os modelos de consequência. O procedimento de cálculo da descarga varia conforme o estado em que o produto é liberado do sistema:

No caso líquido, o sistema contém líquido e vapor no seu interior com o vazamento ocorrendo abaixo do nível de líquido. Sendo vapor, o sistema contém líquido e vapor no seu interior com o vazamento ocorrendo acima do nível de líquido. Sendo bifásico, na liberação de gás liquefeito por pressurização ou líquido superaquecido, a despressurização permite uma evaporação súbita fazendo com que o material seja liberado na forma de uma mistura de líquido e vapor. Sendo gás, o produto no interior do sistema está todo no estado gasoso.

Evaporação Súbita

No caso de vazamento de um fluido pressurizado com ponto de ebulição abaixo da temperatura de operação de um vaso, a pressão de equilíbrio cai rapidamente à pressão atmosférica. Devido a esta expansão, ocorre evaporação de parte do líquido. Este tipo de evaporação é conhecida como evaporação inicial de “flash” ou vazamento do líquido para vapores condensados. O método para calcular a evaporação “flash” é baseado na expansão adiabática. Após a expansão do fluido pressurizado que vazou, a temperatura do líquido é igual a temperatura de ebulição na pressão atmosférica. Deste momento em diante, o líquido pode ser considerado com um gás resfriado.

Espalhamento de Poça

O líquido derramado irá formar uma poça de produto no local do acidente. As dimensões reais e a forma desta poça são praticamente impossíveis de serem calculadas com exatidão, devido à complexidade do fenômeno. Os principais fatores de influência são a topografia da região do vazamento, o tipo de solo, momento do líquido no vazamento e as condições atmosféricas. Todos esses dados podem variar consideravelmente em cada acidente, além da dificuldade que existe para o seu tratamento matemático. Desta forma, inexistem um modelo matemático para o cálculo desse fenômeno.

Existem, porém, algumas premissas que permitem estimativas conservadoras do tamanho da poça. Basicamente, é levado em consideração se a formação da poça se dá em um local plano, sem obstáculos e seu espalhamento é igual em todas as direções. São desconsideradas absorções do material pelo solo e é considerada uma espessura mínima de poça, de acordo com cada tipo de solo existente.

Evaporação de Poça

São considerados basicamente dois tipos de líquidos a serem evaporados:

Líquido Não-Criogênico que produto que é líquido a temperatura ambiente, com sua temperatura de ebulição superior à temperatura ambiente.

Líquido Criogênico cuja substância que é gás à temperatura ambiente e cuja temperatura de ebulição é inferior à temperatura ambiente. Para aqueles produtos não-criogênicos, a evaporação é provocada

pela diferença na pressão de vapor na superfície do líquido e nos arredores. O método de cálculo é baseado no transporte da massa causado pela difusão e pelo efeito de arraste (provocado pelo vento). No caso de vazamento de produtos criogênicos, como por exemplo, gases liquefeitos sob pressão, pode haver formação de poça onde observa-se o contato de um líquido com temperatura muito baixa com o solo que está normalmente com temperatura ligeiramente acima da temperatura ambiente. Esta diferença de temperatura faz com que haja uma intensa transferência de calor promovendo a evaporação do gás liquefeito e quanto maior for esta diferença, maior será a taxa de evaporação observada.

Modelos de Dispersão

Este modelo considera as diversas forças que atuam na dispersão da nuvem e as diferentes fases que podem ser observadas durante esta etapa. Estes modelos são válidos para qualquer tipo de gases pesados, neutros e leves, não sendo necessária nenhuma adaptação no modelo. São consideradas as alterações na densidade da nuvem ao longo da dispersão, nesse caso o material liberado pode variar de gás pesado a gás leve ou neutro, conforme ocorre a entrada de ar na nuvem. Também considera a altura real onde ocorre a liberação. Esta elevação irá facilitar a dispersão, já que menores valores de concentração de gás serão alcançados ao nível do solo e maiores concentrações para ocorrerão em pontos distantes da fonte.

Explosão

O Modelo utilizado para o cálculo das sobrepressões geradas como efeito das explosões, para pesquisas experimentais realizadas durante a última década mostraram claramente que, na combustão de nuvens de vapor inflamável, somente são geradas ondas de choque fora da zona de combustão (blast), naquelas partes da nuvem de gás que estão suficientemente obstruídas ou parcialmente confinadas. A constatação prática de que somente as áreas parcialmente confinadas ou obstruídas oferecem condições apropriadas para a ocorrência de explosões de nuvem de gás, é atualmente de grande aceitação. Além dessas áreas, verificou-se, adicionalmente, que outras partes da nuvem, como aquelas que já se apresentam em movimento turbulento no momento em que ocorre a ignição, podem também levar à geração de “blast”. As partes restantes da mistura ar-gás inflamável na nuvem, que não estão em áreas obstruídas e nem apresentam movimento turbulento, queimam devagar, sem uma contribuição significativa para a geração de “blast”. Desta constatação derivou a idéia Conceito Multi-Energia, transformado no Método de Multi-Energia para a avaliação quantitativa dos efeitos físicos decorrentes de explosões de nuvem de gás, o qual poderia também ter sido denominado de Método

das Fontes Múltiplas. Ao contrário do método de modelagem convencional, na qual a explosão da nuvem de vapor é considerada como ocorrendo a partir de uma única fonte formada por toda a massa da nuvem, no Conceito Multi-Energia, na parte da nuvem situada em uma área confinada (ou mais de uma, se existirem várias áreas confinadas). Portanto, o “blast”, ou seja, a onda de choque que se propaga fora da zona de combustão tem origem apenas nas áreas confinadas, consideradas como fontes de “blast”. Os efeitos obtidos, a partir da explosão, são fortemente influenciados pela área na qual ocorre o acidente, em função do grau de confinamento ou da quantidade de obstáculos presentes no interior de cada área confinada da nuvem. Trata-se de um fenômeno muito difícil de ser analisado sem uma simulação numérica detalhada. No MME, os níveis de efeitos físicos estão representados em função da distância ao centro do “blast”, para uma semi-esfera de mistura inflamável de raio r_0 na superfície da terra. Os dados estão reproduzidos em uma representação adimensional, de forma que pode-se obter estes parâmetros em qualquer sistema de unidades consistente.

A força inicial da explosão é indicada através de uma classe que relaciona o grau de confinamento da região onde ocorre a explosão, variando desde 1 (áreas totalmente abertas) a 10 (confinamento total). As classes representam os 10 níveis de intensidade da fonte utilizadas no MME. A partir da escolha da classe (força inicial da explosão), para cada distância ao centro da explosão (r_0), obtém-se os valores dos diversos parâmetros para cada classe. Antes de aplicar o Modelo de Multi-Energia, o volume e o local de vazamento da nuvem de gás devem ser conhecidos. Para isso, modelos de dispersão e determinação do termo fonte podem ser aplicados. Além disso o “lay-out”, ou pelo menos, uma pequena descrição da área em torno do acidente, é necessário para se determinar o número e o volume das regiões de obstáculos envolvidas pela nuvem. Com estes dados, pode-se então aplicar o modelo de multi-energia para cada uma destas áreas de obstáculos, de forma a se obter os valores para o pico de sobrepressão, o pico de sobrepressão dinâmica e o impulso, em cada distância desejada ao centro das áreas confinadas. Para as explosões envolvendo confinamento total ou decorrentes de decomposição de materiais quando expostos ao ar (como o óxido de etileno), foi escolhido o Método de TNT Equivalente para a representação dos efeitos decorrentes deste tipo de explosão. A energia que pode ser liberada na explosão de uma mistura gasosa pode ser estimada pela quantidade de gás inflamável presente na mistura, capaz de participar da explosão. Este método baseia-se na conversão da massa de gás inflamável envolvido na explosão em massa de TNT – trinitrotolueno, utilizando-se a relação entre os calores de combustão do gás liberado e do TNT como parâmetros para esta conversão.

Incêndio em Poça

A liberação acidental de um líquido inflamável pode ocasionar a formação de poça, que seguida de ignição do material, dá lugar à ocorrência de incêndio em poça, com parte da energia liberada na combustão sendo emitida na forma de radiação térmica. Para determinação da intensidade de radiação térmica para o meio ambiente a partir de um incêndio em poça, a superfície irradiante (da chama) é tomada como sendo um cilindro vertical reto, com diâmetro e altura definidos. Calcula-se então a partir desta forma da chama, que é determinada em função do diâmetro da poça de líquido e da taxa de evaporação de produto, o fluxo térmico gerado a cada distância a partir do centro do incêndio.

Matematicamente o fluxo térmico pode ser representado por:

$$Q(x) = SEP * \tau(x) * F(x) \text{ sendo :}$$

$$Q(x) = \text{fluxo térmico a uma distância } x$$

SEP = potência emissiva da superfície da chama

$\tau(x)$ = fator de transmissividade atmosférica

F(x) = fator de vista

Jato de Fogo

O modelo utilizado neste projeto para avaliação dos efeitos relativos a jato de fogo foi desenvolvido pela SHELL. O jato de fogo é modelado como um cone para o qual se considera a existência de uma zona inicial, onde pelo fato do jato estar com uma concentração muito alta do produto inflamável, não há chama. São calculados para cada um dos fluxos térmicos definidos, a distância máxima alcançada pelos mesmos.

Matematicamente o calor irradiado pode ser representado por:

$$Q_p = \eta * m * hc / n_p$$

sendo :

η = fator de eficiência da combustão

m = taxa de descarga do material

hc = calor de combustão do material

np = número de fontes pontuais

BLEVE

Quando a ruptura catastrófica de um vaso de pressão, em forma de BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), envolve uma substância inflamável, a liberação forma uma bola de fogo. Esta é constituída dos vapores inflamáveis que formam um núcleo rico em gases que queima na medida em que há incorporação de ar. A queima ocorre da parte externa para a parte interna da bola de fogo e se caracteriza por emitir fluxos térmicos muito intensos. Com o aquecimento da mistura que constitui a bola de fogo, há uma elevação da mesma acima do nível do solo. As características mais importantes da bola de fogo (como diâmetro, altura máxima atingida e tempo de duração) são estimadas com base em modelos que derivam de observações empíricas e são funções da massa inflamável liberada no BLEVE.

2.3.2 – Avaliação do Nível de Integridade e Segurança (SIL)

A técnica de Nível de Integridade e Segurança iniciou nos EUA na Indústria mecânica através do Gestão de Segurança de Processo, sendo um padrão da OSHA solicitado pela indústria para assegurar integridade nos sistemas de emergência e controles, o mesmo ocorrendo na União europeia . Nos EUA, a ISA (Instrumentation, System and Automation Society) publicou a ANSI/ISA-84.01-1996. A IEC (International Electromechanical Commission) criou um documento similar, IEC 612508 cobrindo várias indústrias. Essa norma tem como principal objetivo definir níveis de integridade de malhas para servir como base para especificações de malhas de controle.

O **Nível de Integridade de Segurança (SIL)** está relacionado com a probabilidade de falha na demanda de uma dada função (SIF). Na verdade cada perigo está relacionado a uma função (SIF) que está dentro de um sistema de proteção (SIS), sendo composto por uma ou mais funções de integridade (SIF).

Assim, cada SIL corresponde a uma função (SIF), sendo necessário avaliar a probabilidade de falha na demanda, ou seja, a seleção do SIL para comparar com o nível de integridade definido por norma. Em seguida é feita a definição do SIL, sendo necessário a configuração do função de integridade e segurança (SIF) para atingir o nível de integridade requerido. Para seleção do SIL é necessário identificação dos perigos e das SIF associadas assim com a probabilidades de falhas na demanda como mostra a figura abaixo.

Tabela 12 - SIL / Danos

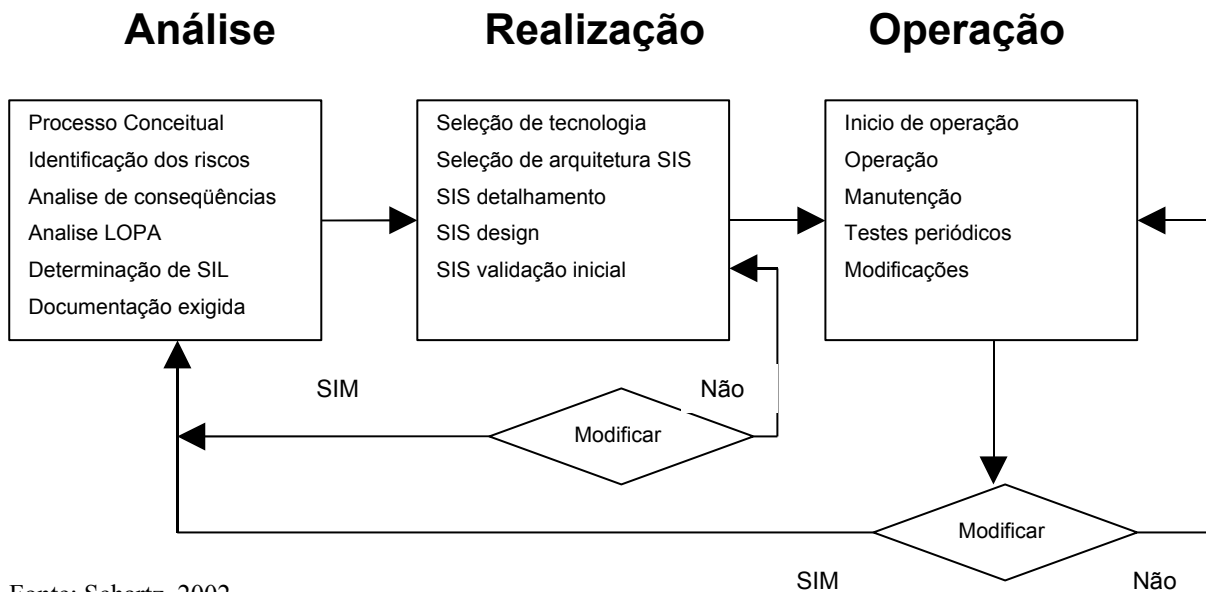
Classe de Malha de Segurança	PFD	SIL	Classe AK
I	$\geq 10^{-1}$	0	-
II	$\geq 10^{-1}$	0	1
III	$\geq 10^{-2} - < 10^{-1}$	1	2-3
IV	$\geq 10^{-3} - < 10^{-2}$	2	4
V	$\geq 10^{-4} - < 10^{-3}$	3	5
VI	$\geq 10^{-4} - < 10^{-3}$	3	6
X	$\geq 10^{-5} - < 10^{-4}$	4	7-8

Fonte: Schartz, 2002

Quanto maior o SIL, maior o nível de segurança da função de integridade e segurança. O estudo do nível de integridade e segurança é feita em três fases, análise, realização e operação. Na análise são identificados os perigos e riscos através de várias técnicas de análise de riscos como Hazop, AQR dentre outras e definido o nível de integridade das funções de integridade de segurança. Na fase de realização são configurados os sistemas de proteção adequados para atingir o nível de integridade desejado através da escolha da melhor tecnologia baseado na confiabilidade dos equipamentos de forma a atingir o nível de integridade desejado tendo como parâmetro as normas IEC 61508, IEC 61511, ISA84.01-2004 dentre outras. Na fase de operação as funções de integridade e segurança são testadas, sendo modificadas quando necessário e acompanhadas constantemente. Essas três fases são conhecidas como ciclo de vida da segurança como mostra a figura abaixo.

Figura 11 - Ciclo de vida de segurança

Ciclo de Vida de Segurança



Fonte: Schartz, 2002

Na fase de análise ocorre a seleção do SIL sendo utilizadas quatro técnicas, sendo duas qualitativas e duas quantitativas. As técnicas são:

- Matriz de perigo;
- Gráfico de risco;
- Frequência Alvo ;
- Risco individual;

Matriz de Perigo

A técnica de **Matriz de Perigo** é qualitativa, utilizando matrizes de probabilidade e conseqüência para definição do nível de integridade como mostra a tabela 13 abaixo. Na matriz de severidade existem três níveis, sendo menor, sério e extensivo. O nível menor considera pequenos danos aos equipamentos. Sem parada de processo e danos temporários a saúde e ao meio ambiente. O nível sério considera danos aos equipamentos, parada de processo e grave danos a saúde e ao meio ambiente, porém recuperáveis a médio e longo prazo. O nível extensivo considera danos aos equipamentos em larga escala. Parada do processo por longo prazo. Conseqüências catastróficas a saúde das pessoas e ao meio ambiente.

Tabela 13 – Conseqüência da matriz de perigo

Rank de Severidade	Impacto
Menor	Pequeno dano ao equipamento. Sem parada de processo. Danos temporários a saúde e ao meio ambiente
Sério	Danos aos equipamentos. Parada de processo. Sérios danos a saúde e ao meio ambiente, porém recuperáveis
Extensivo	Danos aos equipamentos em larga escala. Parada do processo por longo prazo. Conseqüências catastróficas a saúde das pessoas e ao meio ambiente

Fonte: Schartz, 2002

Na **Matriz de Probabilidade** existem três níveis, sendo baixo, moderado e alto. No nível baixo, para que o evento ocorra é necessário falha múltipla de diversos instrumentos e erro humano. No nível moderado para que o evento ocorra é necessário falha dupla e no nível alto apenas falha de um equipamento como mostra a tabela 14 abaixo.

Tabela 14- Probabilidade da matriz de perigo

Tipo de Evento	Probabilidade	
	Frequência / Ano	Rank Qualitativo
Evento com probabilidade de falhas múltiplas de diversos instrumentos e erro humano	$f < 0,0001$	Baixo
Eventos com probabilidade de falha dupla de instrumentos	$0,0001 < f < 0,01$	Moderado
Eventos com probabilidade de falha de um instrumento, erro humano que resulta em acidente p	$0,001 < f$	Alto

Fonte: Schartz, 2002

Dessa forma combinando a severidade com a probabilidade teremos um SIL como mostra a tabela 15. Cabe observar que essa técnica depende da percepção dos participantes da análise podendo ocorrer uma avaliação pessimista ou otimista . No primeiro caso o sistema fica vulnerável e no segundo super-protegido, não sendo um mal em si, mas alguma função pode ficar desprotegida pela sensação de excesso de proteção do sistema. Assim, essa técnica deve ser utilizada somente na ausência de dados que permitam uma análise quantitativa. A Matriz de Perigo não leva em consideração o SIL 4, podendo haver seleção de SIL três para SIF de nível 4 o que é uma distorção dos níveis de integridade dos sistemas de proteção.

Tabela 15 - Matriz de perigo

Probabilidade

Alto	2	3b	3a
moderado	1	2	3b
Baixo	Note C	1	3b
	Menor	Sério	Extensivo

Severidade

No nível 3 o SIF não fornece a RRF necessário. Modificações podem ser necessárias.

Fonte: Scharitz, 2002

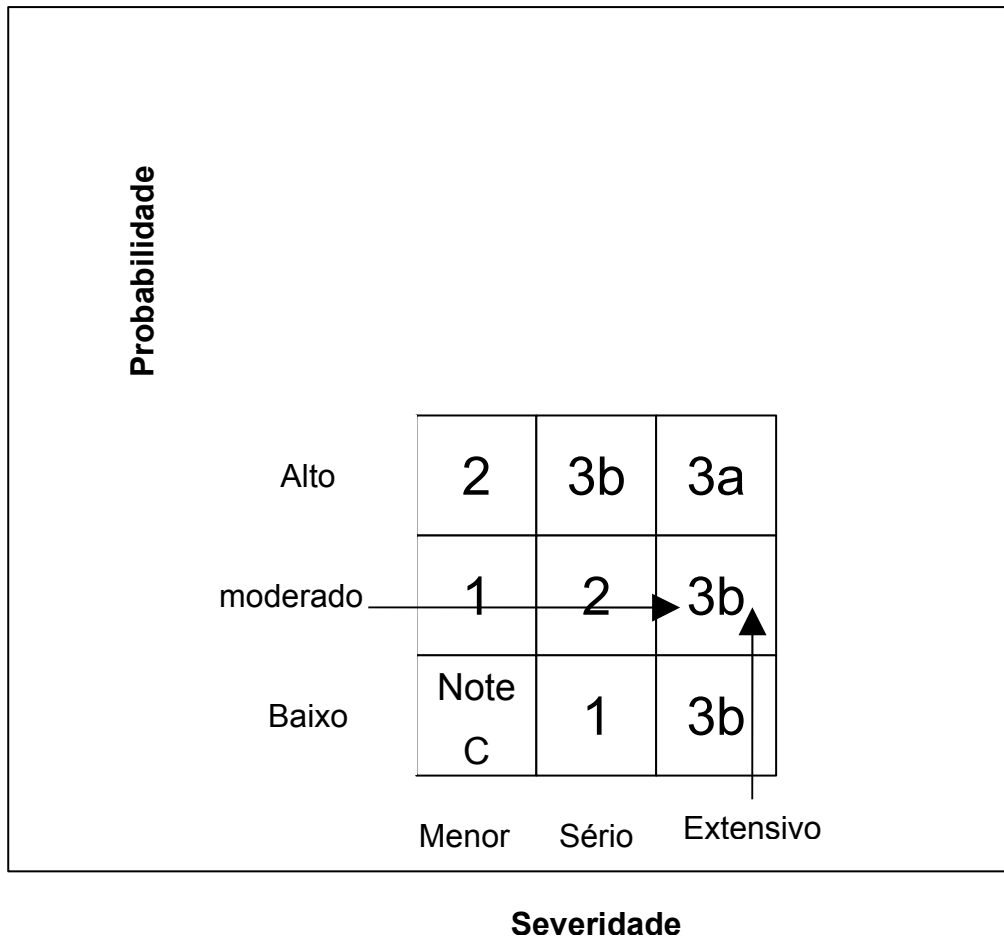
No nível 3 o SIF pode não fornecer a RRF adequado. É necessário avaliação criteriosa.

SIS provavelmente não necessita de mais camadas de proteção.

Essas considerações não são adequadas para o SIL 4.

Como exemplo podemos ter um evento com liberação de um produto tóxico com probabilidade de perda de vidas de 75,6 f/ev (fatalidade / evento) com uma probabilidade de ocorrência de 1 a cada 862 anos (1.2×10^{-3}). Logo a consequência pode ser considerada extensiva devido ao número de mortes por evento e a frequência moderada por estar no intervalo entre ($0,0001 < f < 0,01$). Assim o SIL é 3b como mostra a figura abaixo.

Figura 12 – Matriz de Perigo



Nota: No nível 3 o SIF pode não fornecer a RRF adequado. É necessário avaliação criteriosa.

Gráfico de Risco

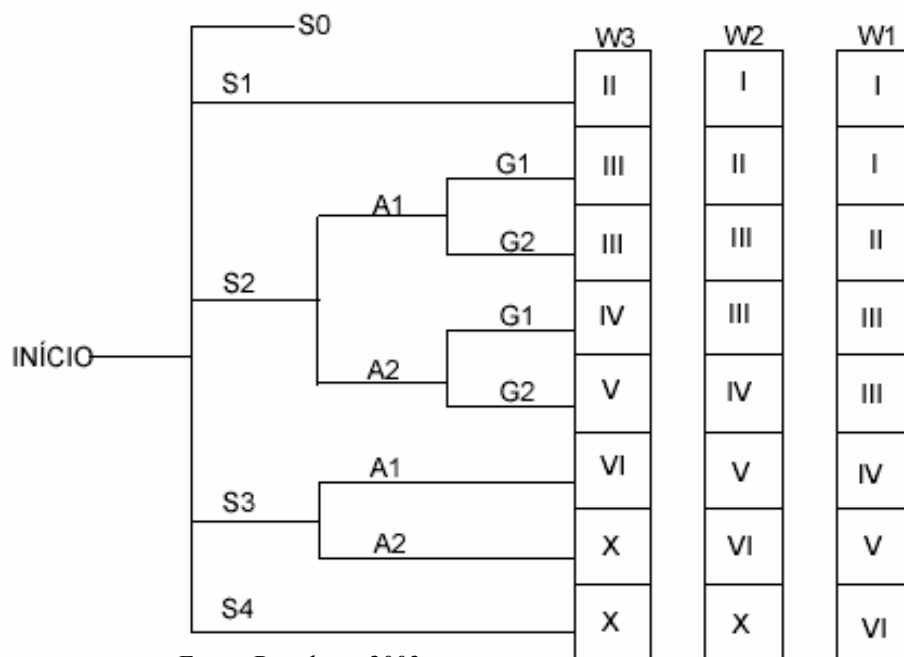
Outra técnica qualitativa é conhecida como gráfico de risco onde o SIL é definido segundo critérios qualitativos como consequência, ocupação, probabilidade de evitar o perigo e taxa de demanda. A consequência mede o número de fatalidades causadas pelo acidente levando em consideração a probabilidade de perda de vida. Para danos pequenos a consequência é classificada como Ca, para danos moderados ($0,01 < PLL < 0,1$) Cb, para danos graves ($0,1 < PLL < 1$) Cc e para danos gravíssimos ($PLL > 1$) Cd.

A ocupação é definida como rara ou mais freqüente sendo Fa e Fb respectivamente. A probabilidade de evitar o acidente deve considerar todas as condições como aviso ao operador de forma automática pelo sistema seja por alarme sonoro ou sinal, o tempo de deslocamento do operador

é suficiente para evitar o acidente e o operador esta preparado para evitar o acidente caso o sistema de proteção falhe nesse caso a probabilidade é classificada como P_a , caso contrário é P_b .

A taxa de demanda mede a freqüência em que o SIF é solicitado para evitar um acidente sendo W_1 , quando a taxa é menor que 0,03 por ano, W_2 , quando o valor esta ente 0,3 e 0,03 e W_3 quando o valor esta entre 0,3 e 3. Podemos verificar na figura 12 baixo. O gráfico de risco com todos os fatores mencionados acima.

Figura 13 - Gráfico de Risco



Fonte: Petrobras, 2003

(S) - Potencial de risco ao ser humano no caso de falha na demanda da malha de segurança:

- S0 = nenhum;
- S1 = lesões com afastamento;
- S2 = invalidez ou morte de uma pessoa;
- S3 = invalidez ou morte de várias pessoas;
- S4 = catástrofe.

(A) - Grau de presença humana na área de risco:

- A1 = raramente;
- A2 = freqüentemente.

(G) - Possibilidade de evitar a exposição ao risco:

- G1 = sob certas condições;
- G2 = dificilmente possível.

(S) – Risk potential for the human being in the event of failure on demand of the safety loop:

- S0 = none;
- S1 = lost time injuries;
- S2 = disability or death of one individual;
- S3 = disability or death of various individuals;
- S4 = catastrophe.

(A) – Level of human presence in the risk area:

- A1 = rarely;
- A2 = frequently.

(G) – Possibility of avoiding risk exposure:

- G1 = under certain conditions;
- G2 = hardly possible.

Frequência Alvo

Existem outras duas técnicas de seleção de SIL. Frequência alvo e Risco individual. A frequência alvo é baseada no grau de severidade causado pelo perigo e pela probabilidade de ocorrência do acidente . A relação entre esses dois fatores é a redução requerida de risco ($RRF = Fac/Falvo$). A frequência alvo é definida de forma qualitativa e dependerá da severidade do evento como mostra a tabela abaixo.

Tabela 16 - Frequência Alvo

Rank de Severidade	Impacto	Frequência Alvo
Menor	Pequeno dano ao equipamento. Sem parada de processo. Danos temporários a saúde e ao meio ambiente	1.0 x 10-3
Serio	Danos aos equipamentos. Parada de processo. Sérios danos a saúde e ao meio ambiente, porém recuperáveis	1.0 x 10-4
Extensivo	Danos aos equipamentos em larga escala. Parada do processo por longo prazo. Conseqüências catastróficas a saúde das pessoas e ao meio ambiente	1.0 x 10-6

Fonte: Schartz, 2002

Além da definição da frequência alvo é necessário a frequência de ocorrência do acidente para determinação da redução de risco definindo o SIL como mostra a tabela abaixo.

Tabela 17 - SIL / RRF

SIL	RRF
4	$10000 > \text{RRF}$
3	$1000 > \text{RRF} > 10000$
2	$100 > \text{RRF} > 1000$
1	$10 > \text{RRF} > 100$

Fonte: Schartz, 2002

Podemos citar como exemplo o mesmo evento com liberação de um produto tóxico com probabilidade de perda de vidas de 75,6 f/ev (fatalidade / evento) com uma probabilidade de ocorrência de 1 a cada 862 anos (1.2×10^{-3}). Nesse caso, baseado na tabela (QUAL TABELA) qualificamos o evento como extensivo (1×10^{-6}). Dessa forma calculamos o RRF.

$$\text{RRF} = \text{Fac}/\text{Falvo} = (1/862) / (1 \times 10^{-6}) = 1121.$$

Verificamos na tabela 17 o SIL associado ao RRF sendo SIL 4 pois o RRF deve ser maior que o intervalo do valor encontrado.

Risco individual

No método do Risco Individual é necessário a definição da probabilidade de perda de vida em um acidente que combinado com a probabilidade de risco individual resulta na frequência alvo (Falvo=Find/PLL). O fator de redução ($\text{RRF} = \text{Fac}/\text{Falvo}$) é a combinação da frequência de ocorrência do acidente com a frequência alvo.

No mesmo exemplo anterior definimos a frequência alvo e a RRF.

$$\text{Falvo} = \text{Find} / \text{PLL} = 1 \times 10^{-4} / 75,6 = 1,32 \times 10^{-6}.$$

$$\text{RRF} = 1/892 / 1,32 \times 10^{-6} = 849$$

Nesse caso consultando a tabela (QUAL TABELA) definimos SIL = 3, pois o RRF deve ser maior que o intervalo do valor encontrado.

O próximo passo, após a seleção de SIL seria a determinação de SIL para que a SIF atingisse o SIL requerido. Assim é necessário aumento de confiabilidade do SIF seja pelo aumento de redundâncias ou aumento de confiabilidade dos componentes do SIF. A análise de confiabilidade, disponibilidade e

manutenabilidade possibilita a verificação da probabilidade de falhas do sistema , dentre outros fatores que serão abordados no próximo item.

3.3.3 – Árvore de Falhas

A **Arvore de Falhas** é uma técnica de análise de risco baseada na Lógica Buleana, que considera a probabilidade de ocorrência de eventos indesejados que podem gerar um evento topo, ou seja, um evento indesejado como explosão, incêndio dentre outros, sendo uma técnica dedutiva, pois a análise se inicia do evento topo para os demais eventos causadores sendo eventos independentes porém podem desencadear o evento topo seja pela combinação de vários eventos ou por eventos isolados. O objetivo da técnica é considerar a combinação de vários eventos para a geração do evento topo indesejado, sendo possível identificar os eventos geradores principais para gerenciamento e controle de forma a evitar a ocorrência do evento topo.

A **Arvore de Falhas** ou FTA (fault tree analyse) tem a vantagem de considerar eventos combinados que outras técnicas de análise de risco não possuem , porém é totalmente dependente das probabilidades definidas para cada evento, exigindo banco de dados confiáveis, caso contrário a análise pode ficar comprometida, indicando probabilidades que não representam a realidade. Quando dizemos combinação de eventos estamos interessados nas probabilidades resultantes assim a combinação dos eventos A e B pode ser representado como :

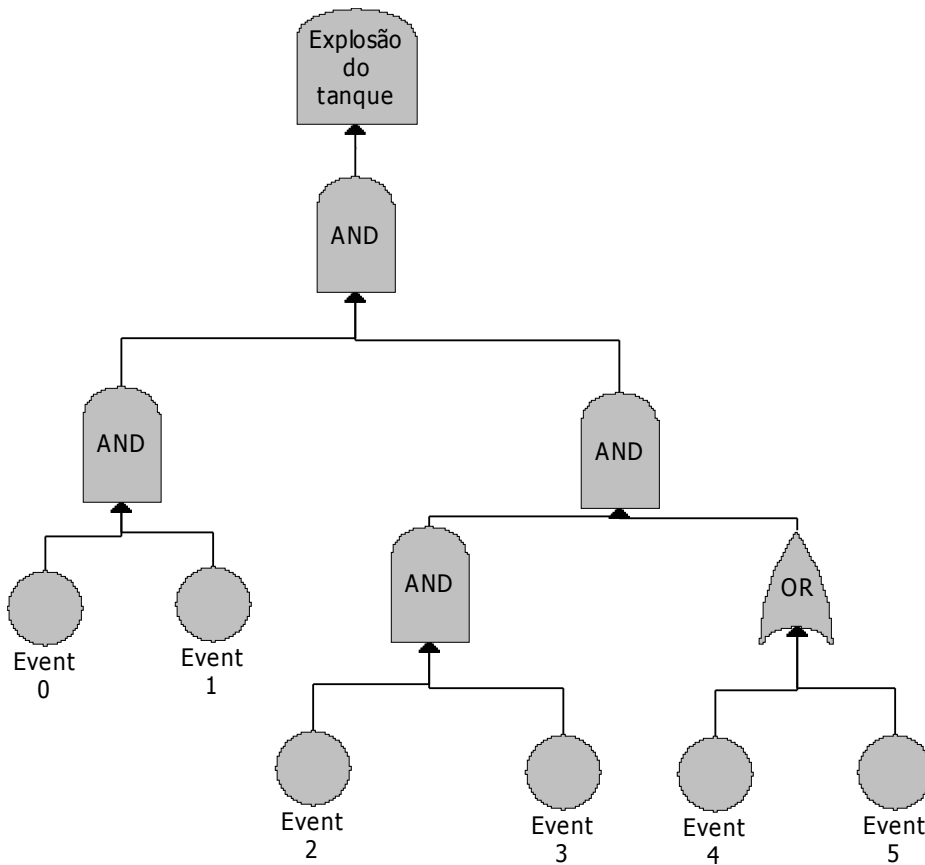
$$P(A) \cup P(B) = P(A) + P(B) - P(A)*P(B)$$

$$P(A) \cap P(B) = P(A)*P(B)$$

As probabilidades estão relacionadas as combinações dos eventos havendo uma codificação que representa e/ou sendo representado pelo exemplo abaixo no caso de uma explosão de um tanque simulado no software Blocksim, considerando as probabilidades como funções de probabilidades exponenciais.

$$P(\text{Topo}) = \{P(P(E0)*P(E1))\} * \{P(P(E2)*P(E3)) + (P(P(E4)+P(E5)))\}$$

Figura 13 – Árvore de falhas



Fonte: Blocksim, 2005

Os eventos podem ser assim descritos :

E0 = Falha no sistema de intertravamento automático

E1 = Falha humana no bloqueio manual

E2 = Aumento de vazão de produto

E3 = Falha na válvula de retenção na entrada do tanque

E4 = Falha na linha de bypass

E5 = Falha na válvula de alívio

$$P_{E0}(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,0001e(0,0001*t)$$

$$P_{E1}(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,00002e(0,00002*t)$$

$$P_{E2}(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,0001e(0,0001*t)$$

$$P_{E3}(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,0005e(0,0005*t)$$

$$P_{E4}(t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,000028e(0,000028*t)$$

$$P E5 (t) = \lambda e^{-\lambda t} = 0,00005e^{-(0,00005*t)}$$

Tabela 18 – Árvore de falhas

Point Results at Preselected System Times				
Time	A(t)	R(t)	(1-A(t))%	(1-R(t))%
876	1	1	0	0
1752	1	1	0	0
2628	1	1	0	0
3504	0,999	0,999	0,1	0,1
4380	0,998	0,998	0,2	0,2
5256	0,995	0,995	0,5	0,5
6132	0,993	0,993	0,7	0,7
7008	0,988	0,988	1,2	1,2
7884	0,978	0,978	2,2	2,2
8760	0,969	0,969	3,1	3,1

Fonte: Blocksim, 2005

Podemos concluir que a probabilidade do evento topo ocorrer em um ano (8760 h) é 3,1 %.

Cabe observar que as probabilidades dos eventos pode ser estática quando avaliada qualitativamente ou originada de banco de dados ou uma função de probabilidade dependendo de suas características de dados ao longo do tempo podendo ser uma função Weibull, normal, lognormal, exponencial, beta dentre outras.

A árvore de falhas deve ser usada complementar a outras técnicas principalmente em casos onde o evento topo não ocorre por uma causa isoladamente, mas por uma combinação de eventos. Dessa forma, essa técnica pode ser feita para complementar o Hazop, FMEA, APR dentre outras técnicas em casos específicos.

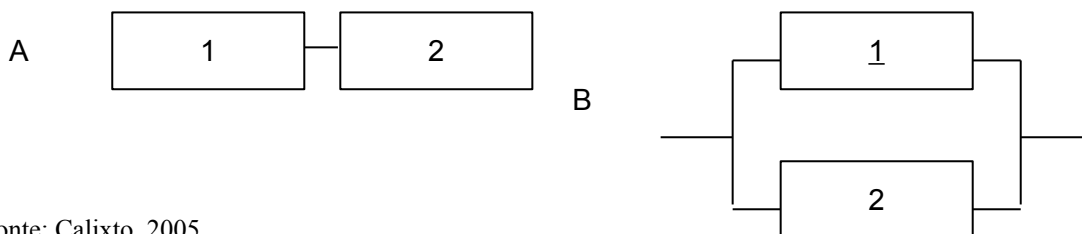
Para aplicação da técnica é necessário além de um coordenador que conheça a técnica e probabilidades estatísticas é necessário uma equipe eu possa identificar todos os evento envolvidos que possam desencadear o evento topo e tenham percepção da probabilidade dos eventos caso não haja banco de dados confiáveis sobre os dados.

3.3.4 – Análise de Confiabilidade

A **Análise de Confiabilidade** dos sistemas críticos é fundamental para que se possa atuar de forma preventiva nas possíveis falhas dos equipamentos. A confiabilidade de um sistema é a probabilidade do sistema funcionar sem apresentar falhas segundo as características previstas, por um determinado período de tempo. Para a **Análise de Confiabilidade** de sistemas é necessário fazer a configuração segundo a lógica do diagrama de blocos, que podem representar as falhas combinadas dos processos, componentes e equipamentos.

Para realizar esta análise é necessário delimitar as fronteiras do sistema. Nesse caso, serão avaliados subsistemas, equipamentos e componentes cujas falhas representem impactos ambientais, danos à saúde e a propriedade, perda de produção, parada do sistema, etc. A configuração do sistema terá como resultado um conjunto de blocos em série e em paralelo como mostra a Figura 14 abaixo.

Figura 14 - Diagrama de Blocos



Fonte: Calixto, 2005

No caso A, confiabilidade é representada como:

$$R(t) = R1 \times R2$$

No caso B, a confiabilidade será:

$$R(t) = 1 - ((1-R1) \times (1-R2))$$

Outro conceito importante para o estudo é o de manutenibilidade que é a probabilidade de um dado equipamento ser reparado em um período de tempo previsto. Isso irá impactar na disponibilidade do equipamento, que pode ser entendida como a probabilidade do equipamento estar disponível em um determinado tempo. Na verdade a disponibilidade é impactada não só pela manutenibilidade, mas pela confiabilidade do equipamento. Dessa forma, quanto maior a confiabilidade e a manutenibilidade, maior será a disponibilidade. Para melhor compreensão analisar a tabela 1 a seguir:

Tabela 19 - Disponibilidade, manutenibilidade e confiabilidade

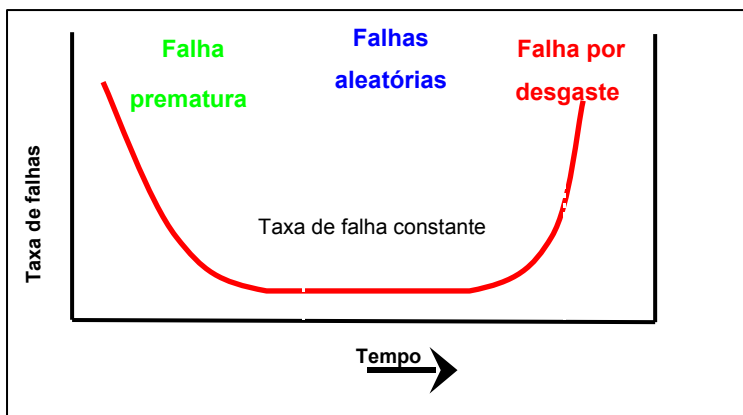
Confiabilidade	Mantenabilidade	Disponibilidade
Aumenta	Aumenta	Aumenta
Constante	Aumenta	Aumenta
Constante	Diminui	Diminui
Aumenta	Constante	Aumenta
Diminui	Constante	Diminui
Diminui	Diminui	Diminui

Fonte: Calixto, 2005

De maneira geral, a análise de um sistema deve levar em consideração a confiabilidade e a manutenibilidade, pois estas afetarão a disponibilidade do sistema. Por meio desta análise é possível

identificar quais são os equipamentos críticos em termos de manutenção e falha, para que os gestores possam tomar a melhor decisão para gerar a maior disponibilidade a um menor custo. Dessa forma, é necessário identificar qual a característica de cada equipamento e qual a sua curva característica podendo ter falha prematura, falha aleatória ou falha por desgaste para que sejam tomadas ações como: treinamento, correção de projeto, reposição do equipamento quando falhar, manutenção preventiva, preditiva e inspeção. Na Figura 16 (?) podemos ver um exemplo da curva PDF – distribuição de *Weibull* – que representa essas situações.

Figura 15 - Curva da banheira

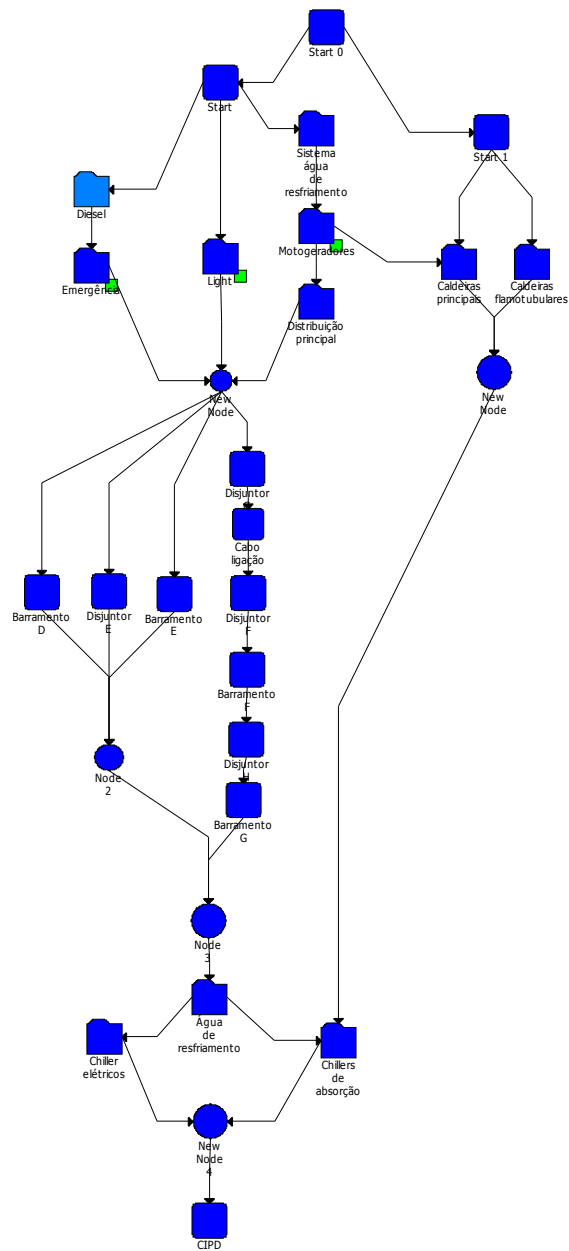


Fonte: Lafraia, 2005

Como exemplo de **Análise Ram** podemos verificar a análise RAM do Projeto Cenpes II. Para modelagem do sistema foram adotados os princípios de confiabilidade de sistema e foram considerados subsistemas e equipamentos que em caso de falha indisponibilizam o sistema CIPD. Foram considerados os subsistemas de gás natural, elétrico, diesel, água de resfriamento e água gelada. Os subsistemas e equipamentos colocados em paralelo são aqueles que não causam indisponibilidade no sistema diretamente, necessitando de falhas combinadas para gerar essa condição.

Os sistemas e equipamentos modelados em série são aqueles que causam indisponibilidade no sistema em caso de falha. No estudo em questão o sistema elétrico considerando as suas gerações (LIGHT, diesel e gás) foi modelado em série com o sistema de água de resfriamento, pois a indisponibilidade de um dos dois sistemas causará indisponibilidade no CIPD. O sistema de água de resfriamento mantém os *chillers* elétricos e de absorção disponíveis. Em caso de falha, o sistema de água gelada fica indisponível, parando o CIPD. O sistema de água de resfriamento resfria os *chillers* e o sistema de água gelada resfria os computadores do CIPD. Os *chillers* elétricos estão em série com o sistema de água de resfriamento e com o sistema elétrico, sendo redundância em caso de falha dos *chillers* de absorção que estão em série com o sistema de água de resfriamento e as caldeiras a gás. Podemos verificar na Figura 16 a baixo o modelo completo do sistema.

Figura 16 - MODELAGEM CIPD



Fonte: Calixto, 2005

O estudo em questão teve como objetivo principal verificar a disponibilidade dos sistemas em estudo e propor algumas recomendações para otimização do sistema.

Foi observado que a disponibilidade requerida de 99,99 % em 200000 horas é atendida mesmo sem a geração a diesel. Nesse caso, a retirada do subsistema diesel não impacta na disponibilidade do CIPD, permanecendo com a disponibilidade em 100 % e a confiabilidade passa de 100 % para 98 % como mostra a tabela 20 abaixo.

Tabela 20 – Resultado da Simulação CIPD

System Overview	
General	
Mean Availability (All Events):	1
Std Deviation:	0
Mean Availability (w/o PM & Inspection):	1
Point Availability (All Events) at 200000:	1
Reliability at 200000:	0,98
Expected Number of Failures:	0,02
MTTFF:	9800000
System Uptime/Downtime	
Uptime:	200000
CM Downtime:	0,0376
Inspection Downtime:	0
PM Downtime:	0
Total Downtime:	0,0376
System Downing Events	
Number of Failures:	0,02
Number of CMs:	0,02
Number of Inspections:	0
Number of PMs:	0
Total Events:	0,02
Costs	
Total Costs:	0
Throughput	
Total Throughput:	0

Fonte: Calixto, 2005

Considerando critérios de saúde segurança e meio ambiente, a opção pela solução do caso 2 é reforçada, ou seja, os riscos envolvidos na operação de um tanque de diesel de 170 m³ devem ser considerados, pois em caso de falha desse subsistema podemos ter derramamento de diesel, causando contaminação do solo, ou danos graves a saúde dos trabalhadores com possibilidade de morte em caso de incêndio ou explosão.

Como podemos verificar a análise RAM permite otimização de uma unidade produtiva pelo aumento de disponibilidade dos subsistemas e equipamentos e em alguns casos redução de custo pela redução do número de redundância mantendo a disponibilidade requerida.

2.4– Gerenciamento de risco em projetos

2.4.1 – Utilização das técnicas para qualificação e quantificação dos riscos

Como podemos observar nos casos observados acima, tanto o HAZOP quanto a AQR não são suficientes para o levantamento dos perigos e aspectos ambientais críticos, sendo necessário o emprego de outras técnicas para melhor identificação e quantificação dos possíveis danos a saúde do trabalhador e ao meio ambiente. Apesar de serem feitas técnicas adicionais as apresentadas no estudo de caso como o SIL e a APR não são suficientes. No primeiro caso, a seleção e definição de SIL é feita de forma qualitativa dependendo do julgamento dos integrantes da análise que podem subestimar os níveis de proteção. No segundo caso, a APR pode não levar em consideração algum perigo crítico que pode desencadear um acidente catastrófico.

Uma vulnerabilidade da metodologia da análise de risco feita em projetos é não considerar a possibilidade de falhas simultâneas, pois nenhuma das técnicas qualitativa considera essa possibilidade.

Podemos observar que a metodologia é altamente voltada para identificação dos perigos mas não leva em consideração os possíveis impactos ambientais, principalmente os causados a longo prazo. Assim, é necessário que sejam implementadas as técnicas de **Análise de Risco** desde a concepção do projeto através de técnicas como **checklist ambiental** e **what if**, possibilitando a verificação da viabilidade em termos de riscos, ajudando na definição da tecnologia mais adequada e posteriormente a aplicação de técnicas quantitativas como a **Árvore de Falhas**, nos casos de possibilidade de eventos combinados, resultando em danos catastróficos, FMEA para identificação de falhas e modos de falhas dos equipamentos e seus efeitos nos sistemas, **Análise RAM** para possibilitar a **Avaliação da Confiabilidade** dos equipamentos e disponibilidade da planta, sendo necessário a avaliação antes e depois de recomendações para avaliar o impacto de salvaguardas como intertravamentos nos sistemas, análise de impacto ambiental como **Matriz de Leopold** dentre outros métodos para possibilitar a quantificação e efeitos no meio ambiente, sendo completada com **Valoração dos Recursos Ambientais** e finalmente as APR para licença ambientais e levantamento de aspectos/ impactos e perigos e danos de processo.

A **Valoração Econômica dos Recursos Ambientais** é de vital importância para identificação dos custos de oportunidades da não operação das Unidades em caso de poluição. Segundo Seroa (1997), o valor econômico dos recursos ambientais geralmente não é observável no mercado através de preços que reflitam seu custo de oportunidade. Então, devemos perceber que o valor econômico dos recursos ambientais é derivado de todos os seus atributos e, segundo, que estes atributos podem estar ou não associados a um uso. Ou seja, o consumo de um recurso ambiental se realiza via uso e não-uso. Vamos explorar com mais detalhes estas considerações. Um bem é homogêneo quando os

seus *atributos ou características* que geram satisfação de consumo não se alteram. Outros bens são, na verdade, parte de classes de bens ou serviços compostos. Nestes casos, cada membro da classe apresenta atributos diferenciados, como, por exemplo, automóveis, casas, viagens de lazer e também recursos ambientais.

No caso de um recurso ambiental, os fluxos de bens e serviços ambientais, que são derivados do seu consumo, definem seus atributos. Entretanto, existem também atributos de consumo associados à própria existência do recurso ambiental, independentemente do fluxo atual e futuro de bens e serviços apropriados na forma do seu uso. Assim, é comum na literatura desagregar o *valor econômico do recurso ambiental (VERA)* em *valor de uso (VU)* e *valor de não-uso VNU* como mostra a figura 26. Valores de uso podem ser, por sua vez, desagregados em:

➤ *Valor de Uso Direto (VUD)* - quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto;

➤ *Valor de Uso Indireto (VUI)* - quando o benefício atual do recurso deriva-se das funções ecossistêmicas, como, por exemplo, a proteção do solo e a estabilidade climática decorrente da preservação das florestas;

➤ *Valor de Opção (VO)* - quando o indivíduo atribui valor em usos direto e indireto que poderão ser optados em futuro próximo e cuja preservação pode ser ameaçada. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais ainda não descobertas de plantas em florestas tropicais.

➤ O valor de *não-uso* (ou *valor passivo*) representa o *valor de existência (VE)* que está dissociado do uso (embora represente consumo ambiental) e deriva-se de uma posição moral, cultural, ética ou altruística em relação aos direitos de existência de espécies não-humanas ou preservação de outras riquezas naturais, mesmo que estas não representem uso atual ou futuro para o indivíduo.

Uma expressão simples deste valor é a grande atração da opinião pública para salvamento de baleias ou sua preservação em regiões remotas do planeta, onde a maioria das pessoas nunca visitarão ou terão qualquer benefício de uso. Há também uma controvérsia na literatura a respeito do valor de existência representar o desejo do indivíduo de manter certos recursos ambientais para que seus herdeiros, isto é, gerações futuras, usufruam de usos diretos e indiretos (“bequest value”). É uma questão conceitual considerar até que ponto um valor assim definido está mais associado ao valor de opção ou de existência. O que importa para o desafio da valoração, é admitir que indivíduos podem

assinalar valores independentemente do uso que eles fazem hoje ou pretendem fazer amanhã. Assim, uma expressão para VERA seria a seguinte:

$$VERA = (VUD + VUI + VO) + VE \quad (2)$$

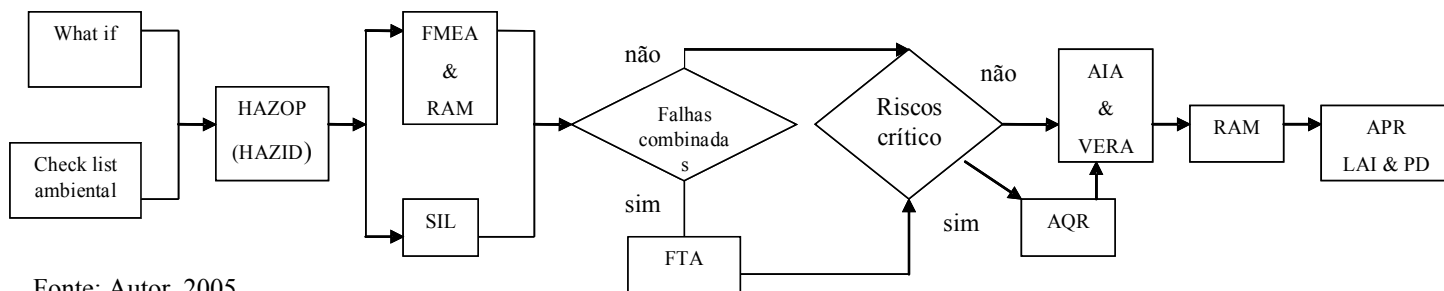
Tabela 27 - Valor Econômico dos recursos ambientais

QUADRO 1 TAXONOMIA GERAL DO VALOR ECONÔMICO DO RECURSO AMBIENTAL			
Valor Econômico do Recurso Ambiental			
Valor de Uso			Valor de Não-Uso
Valor de Uso Direto	Valor de Uso Indireto	Valor de Opção	Valor de Existência
bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje	bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje	bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro	valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruísticas

Fonte: Seroa, 2005

Assim, esse conceito é inserido na análise dos riscos, sendo proposto a metodologia de análise de riscos em projetos como mostra a figura abaixo

Figura 21 - Metodologia de gerenciamento de risco em projeto



Fonte: Autor, 2005

Além da identificação dos perigos e aspectos ambientais é necessário o gerenciamento das informações de forma que as recomendações sejam avaliadas e implementadas ao longo do projeto possibilitando a melhoria contínua, por isso é necessário que se faça o devido controle das ações

relativo a recomendações das técnicas de análise de riscos e a avaliação dos resultados possibilitando a melhoria continua.

3.4.2 – Utilização da Metodologia WV no Gerenciamento dos de Riscos em Projetos

3.5 – Gerenciamento de risco em processos

Este capítulo tem como objetivo apresentar as técnicas de análise de risco de modo a possibilitar a identificação, qualificação, quantificação e gerenciamento dos riscos dos processos, possibilitando a definição dos objetivos e metas do sistema. As técnicas de análise de risco possibilitam a identificação dos perigos, aspectos e desvios de processo, que possam afetar a saúde e segurança dos trabalhadores, o meio ambiente e a qualidade dos produtos. Entendemos riscos como a combinação entre a frequência ou a probabilidade de um evento desejado e a consequência do mesmo, podendo ser o risco moderado, crítico ou catastrófico, dependendo da severidade dos danos causados e da frequência. Existem várias classificações de risco, porém o importante é adotar uma política clara para gerenciar os riscos catastróficos e críticos e manter sobre controle os riscos moderados. Para realizar uma análise de risco é necessário que o processo seja mapeado para que se possa entender as interfaces internas e externas, o fluxo de produtos, tecnológico e humano.

O mapeamento dos sistemas subsistemas e processos necessitam de uma definição da cadeia de valor para que se possa identificar os aspecto e possíveis impactos, perigos e possíveis danos e desvios e não-conformidades. Esse mapeamento deve ser feito de forma integrada, pois a falta de visão integrada separando questões de qualidade, meio ambiente e segurança, transformam essas questões em restrições do processo, tendo uma visão do que não fazer e não do que fazer. Na verdade, a visão integrada permite considerar saúde, segurança e meio ambiente como fatores críticos de sucesso como a qualidade, sendo fundamental para o negócio.

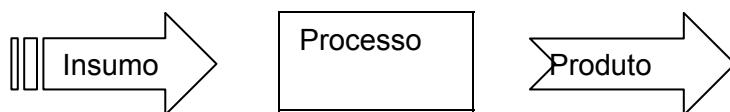
3.5.1 – Planejamento

3.5.1.1 – Identificação dos Aspectos, Impactos, Perigos , Danos e Desvios de Qualidade

O primeiro passo para identificação dos aspecto, perigos e desvios de processo que podem gerar desvios de qualidade no produto, impactos ambientais e danos a saúde dos trabalhadores é o mapeamento dos processo, seguindo a lógica de divisão dos processos em atividade e das atividade em tarefas. Dessa forma, os processos deverão ser avaliados em nível de tarefa ou atividade segundo sua relevância. O conceito de processo é fundamental para o levantamento dos desvios, assim

consideraremos processo como todo o conjunto de atividades de transformação, que agregam valor aos insumos de entrada, gerando valor percebido na saída como mostra a figura abaixo

Figura 4 – Fluxo de processo



Fonte: ISO 9001, 2000.

O mapeamento dos sistemas e subsistemas depende das funções desempenhadas por cada sistema e subsistemas, ou seja, qual o papel do sistema dentro do empreendimento. Podemos exemplificar os sistemas elétricos com a função de geração distribuição e distribuição de energia elétrica, sendo a geração e a distribuição subsistemas. Dentro de um empreendimento encontraremos outros sistemas como sistema de água, vapor, dentre outros. Em muitos casos apesar de definirmos os sistemas e subsistemas utilizaremos uma visão de processo para levantamento dos possíveis desvios em outros a identificação dos perigos e aspectos ambientais será feito pela análise dos componentes dos sistemas.

Na etapa de definição dos sistemas e subsistemas e mapeamento dos processos e levantamento dos possíveis desvios é fundamental a participação de trabalhadores de todos os níveis hierárquicos que conheçam o processo para que as informações sejam validadas em nível operacional e a participação e aceitação do estudo seja maior pelos trabalhadores e representativa a sua realidade. Uma vez definido os sistemas, subsistemas e mapeado o processo, é possível o levantamento dos desvios, considerando os aspectos, perigos e desvios de qualidade. O conceito de aspecto ambiental, segundo a norma ISO14001 é todo elemento, produto ou processo que interage com o meio ambiente, podendo alterar ou não as suas características. A alteração dessas características fora de um limite de especificação definido é por definição considerada impacto ambiental. O conceito de perigo é todo elemento, produto ou parte do processo que tem potencial de causar danos à saúde do trabalhador. A potencialização do perigo tem como consequência danos à saúde, sendo caracteriza muitas vezes em acidente, quando ocorre em um curto espaço de tempo. A longo prazo, o efeito nocivo a saúde é considerado doença ocupacional ou do trabalho, no primeiro caso esta relacionado a fatores diretamente ligados a atividade como exposição a agentes químicos, físicos ou biológicos, no segundo caso é causado por fatores relacionados com o trabalho porém de difícil mensuração como excesso de carga psíquica e cognitiva. Apesar das distintas definições, como metodologia de aplicação, devido a integração dos Sistemas de Gestão Ambiental e de Saúde e Segurança, Para levantamento dos aspectos ambientais e perigos é necessário além da definição dos sistemas, subsistemas e do mapeamento do processo, avaliar qualitativamente a frequência e probabilidade dos aspectos como a

potencialidade dos impactos ao meio ambiente e danos à saúde, sendo necessário modelos de qualificação dos riscos como mostra a tabela abaixo.

Tabela 3 – Qualificação do Risco

SEVERIDADE POTENCIAL DAS CONSEQUÊNCIAS	DANOS A PESSOAS	DANOS MATERIAIS OU ECONÔMICOS	DANOS AO MEIO AMBIENTE	DANOS À IMAGEM DO EMPREENDIMENTO OU DA COMPANHIA	EXTREMAMENTE REMOTO	REMOTO	RAZOAVELMENTE PROVÁVEL	PROVÁVEL
					PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA DO EVENTO			
					A	B	C	D
1	LESÃO LEVE SEM AFASTAMENTO	DANOS LEVES	EFEITOS MÍNIMOS	IMPACTO MÍNIMO				
2	LESÃO TEMPORÁRIA COM AFASTAMENTO	DANOS MODERADOS	EFEITOS MODERADOS E COMPENSÁVEIS	IMPACTO SENSÍVEL PORÉM LIMITADO				
3	LESÃO PERMANENTE OU DOENÇA OCUPACIONAL MODERADAS	DANOS SUBSTANCIAIS	EFEITOS SUBSTANCIAIS LOCALIZADOS	IMPACTO CONSIDERÁVEL BEM CARACTERIZADO				
4	LESÃO PERMANENTE OU DOENÇA GRAVES OU FATALIDADES	DANOS CATASTRÓFICOS	EFEITOS CATASTRÓFICOS	IMPACTO SEVERO NACIONAL OU INTERNACIONAL				

Fonte: Petrobras, 2004.

Dependendo da natureza de exposição aos aspectos, classifica-se a natureza da atividade como rotineira ou emergencial. Se a exposição ao aspecto faz parte da rotina das atividades, a natureza da atividade é rotineira, sendo classificado a frequência. Caso a exposição seja esporádica e fora da rotina, envolvendo novos perigos e aspectos a natureza da atividade é emergencial, sendo classificado a probabilidade. Como exemplo podemos verificar um tipo de tabela de classificação de frequência que poderá ser usado na análise qualitativa de risco.

Tabela 3 - Qualificação da frequência

A	EXTREMAMENTE REMOTO	EXTREMAMENTE REMOTO, MAS POSSÍVEL - NÃO HÁ NOTÍCIA DE OCORRÊNCIA ANTERIOR - EXIGE FALHA DE MÚLTIPLOS SISTEMAS (REDUNDANTES) DE PROTEÇÃO, ASSOCIADAS OU NÃO A PROCEDIMENTOS - INTERVALO ENTRE OCORRÊNCIAS ACIMA DE 35 ANOS.
B	REMOTO	EVENTO REMOTO, MAS OCORRE EVENTUALMENTE - PODE OCORRER SOB CERTAS CIRCUNSTÂNCIAS EXCEPCIONAIS - HÁ REGISTRO DE OCORRÊNCIA NO SISTEMA PETROBRAS OU NA INDÚSTRIA - EXIGE FALHAS MÚLTIPLAS DE COMPONENTES DE UM SISTEMA DE PROTEÇÃO OU VÁRIAS CAMADAS DE PROTEÇÃO E AS OCORRÊNCIAS SÃO ESPERADAS ENTRE 15 E 35 ANOS
C	RAZOAVELMENTE PROVÁVEL	EVENTO RAZOAVELMENTE PROVÁVEL (ESPERE POR ELE). - PODE-SE ESPERAR UMA OCORRÊNCIA, EXISTE HISTÓRICO NA UNIDADE - PODE OCORRER MAIS DE UMA VEZ NO CICLO DE VIDA DA UNIDADE - PODE OCORRER POR FALHA LOCALIZADA (UM ÚNICO COMPONENTE) - PODE OCORRER POR DESVIO DE PROCEDIMENTO LOCALIZADO E O INTERVALO ENTRE OCORRÊNCIAS ESPERADO DE 1 A 15 ANOS
D	PROVÁVEL	EVENTO PROVÁVEL, RECORRENTE - OCORRE COM FREQUÊNCIA NO CICLO DE VIDA DA UNIDADE - PODE OCORRER MAIS DE UMA VEZ AO ANO NA UNIDADE

Fonte: Petrobrás, 2004.

A classificação dos riscos podem ser feitas segundo seus efeitos e probabilidades de ocorrências , sendo o risco a combinação da frequência ou probabilidade com a severidade do dano . A classificação do risco pode ser representada por vários modelos, porém o importante é definir uma política de ações para cada categoria de risco e tentar reduzi-los sempre que possível como mostra a tabela abaixo.

Tabela 4 - Ações de gerenciamento de risco

TOLERÁVEL	CONSIDERAR AÇÕES ROTINEIRAS DENTRO DO PRINCÍPIO DE MELHORIA CONTÍNUA
MODERADO	CONSIDERAR AÇÕES ESPECÍFICAS DENTRO DO PLANO DE MELHORIAS DA ÁREA.
	RISCO CONTROLÁVEL REFORÇANDO-SE PROCEDIMENTOS, TREINAMENTOS, PERMISSÕES DE TRABALHO, EQUIPAMENTOS, INSTRUMENTOS, ETC...
SUBSTANCIAL	CONSIDERAR AÇÕES ESPECÍFICAS DE CONTROLE
	RISCO PRIORITÁRIO DENTRO DO PLANO DE MELHORIAS
	REVER OU CRIAR PROCEDIMENTOS, ESTABELECEM RESPONSABILIDADES CLARAS DE PREVENÇÃO, IMPLEMENTAR SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CONTROLE A CONTINUIDADE DO RISCO NESTA CATEGORIA DEVE SER DE CIÊNCIA E RESPONSABILIDADE DO SUPERVISOR E DO GERENTE DE PRIMEIRA LINHA
INTOLERÁVEL	INTERRUPÇÃO DA ATIVIDADE ATÉ QUE MEDIDAS ESPECÍFICAS POSSAM REDUZIR O RISCO
	REVER OU CRIAR PROCEDIMENTOS, ESTABELECEM RESPONSABILIDADES CLARAS DE PREVENÇÃO, IMPLEMENTAR SISTEMAS E EQUIPAMENTOS DE CONTROLE
	A CONTINUIDADE DO RISCO NESTA CATEGORIA DEVE SER DE CIÊNCIA E RESPONSABILIDADE DO GERENTE GERAL DA UNIDADE E DA INSTÂNCIA SUPERIOR

Fonte: Petrobras, 2004.

Podemos verificar na tabela abaixo outro exemplo ações necessárias segundo o grau de risco :

GRAU DE RISCO	AÇÕES GERENCIAIS DE RISCO			
	ROTINA	MELHORIA	PAE	AQR
1 - TOLERÁVEL	Manter rotina e controles existentes			
2 - MODERADO	Manter rotina e controles existentes	Estudar viabilidade quanto à implantação de melhorias		
3 - SUBSTANCIAL	Reavaliar rotina e controles existentes	Implantar melhorias de processo e/ou procedimentos	Implementar PAE	Avaliar a necessidade de AQR
4 - INTOLERÁVEL	Reavaliar, de imediato, rotina e controles existentes	Implantar, de imediato, melhorias de processo e/ou procedimentos	Implementar de imediato PAE	Realizar AQR

Tabela 5 - Ações de gerencias de risco

Fonte: Petrobras, 2004.

Para identificar os perigos, aspectos ambientais e possíveis desvios de processo, qualificar e quantificá-los em termos de conseqüências se faz necessário a utilização das técnicas de análise de risco, que podem ser caracterizadas como dedutivas ou indutivas. As técnicas dedutivas partem do perigo, aspecto ambiental ou desvio de processo para as causas e conseqüências com objetivo de propor ações mitigadoras. As técnicas indutivas são o contrario, investigam os possíveis efeitos de um evento desejado partindo de um desvio de processo ou evento indesejado para avaliar as causas e conseqüências para propor ações mitigadoras. As técnicas dedutivas e indutivas podem ser qualitativas e quantitativas.

As técnicas qualitativas, são assim denominadas porque grande parte de suas informações são baseadas na experiência e conhecimento dos envolvidos do processo analisado, apesar de algumas vezes serem utilizados bancos de dados para se definir a freqüência ou probabilidade dos eventos indesejados, a severidade de tais eventos não é calculada, podendo o grupo de análise adotar uma postura conservadora ou pessimista em relação a essa classificação.

As técnicas quantitativas são avaliações de risco que buscam quantificar a vulnerabilidade da área analisada e a conseqüência em termos de danos físicos as pessoas dentro e fora da organização, danos materiais e ao meio ambiente. Para isso, existem modelos matemáticos e simuladores que utilizam dados de campo relativos a equipamentos, condições ambientais e variáveis que possibilitem representar o mais próximos da realidade os danos causados por eventos indesejados.

BIBLIOGRAFIA

1. ALVAREZ, C. "Integración de la seguridad em la estratégia empresarial". Gerencia de Riesgos. P. 7-17.
2. BAO-KANG, Pu. Analysis of significant oil spill incidents from ships, 1976-1985. In: PROCEEDINGS; 1987 *Spill Conference: prevention, behaviour. Control cleanup. Baltimore, Maryland, April 6-9, 1987.* (American Petroleum Institute publication no. 4452), p. 43-4.
3. BERNSTEIN, Peter "The new religion of risk mangement". Harvad Business Review. Mar/Apr, 1996. P. 47-51.
4. BRODIE, Donald. Oil Pollution response arrangements in Australi: The government view, In: PROCEEDINGS; 1987 Oil Spill Conference; prevention , behavior, control cleanup. Baltimore, Maryland, April 6-9. (American Petroleum Institue publication no. 4452) P. 181-7.
5. CONCAWE. *A field guide to coastal oil spill control and clean-up techniques. Den Haag, 1981* (report no. 9/81).
6. CONVENÇÃO INTERNACIONAL PARA SALVAGUARDA DA VIDA NO MAR, Tradução do texto original arquivado na IMO. (Rio de Janeiro), DPC.
7. CONVENÇÃO INTERNACIONAL PARA PREVENÇÃO DA POLUIÇÃO POR NAVIOS-1973, PROTOCOLO DE 1978, RELATIVO À MARPOL 73 E EMENDAS DE 1984 AO PROTOCOLO À MARPOL 1978. Tradução do texto original Arquivado na IMO. Diretoria de Portos e Costas (Rio de Janeiro), 1986.
8. CONVENÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS SOBRE O DIREITO DO MAR. Versão em língua portuguesa. Diretoria de Hidrografia e Navegação, Rio de Janeiro, 1990.
9. DICKS, B & WRIGHT, R. Coastal sensitivity mapping for oil spills. In: ECOLOGICAL IMPACTS OF THE OIL INDUSTRY; *Proceedings of International Meeting organized by The Institute of Petroleum and held in London in November 1987.* Edited by Brian Dicks. Published on bealf of the Institue of Petroleum, London. John Wiley & Sons, P. 235-251.
10. FARIA, A Nogueira de. "Organização de Empresas: racionalização, estruturação e sistemas". Rio de Janeiro: LTC, 1989.
11. FANTAZZINI, M& DeCICCO, F. "Introdução à Engenharia de Segurança de Sistemas". São Paulo: Fundacentro, 1988.
12. HAYNES, Steven E. "Managing risk in growth environment": Lewisville, Texas. Government Finance Review. Vol. 11; Apr., 1985. P. 40-41.
13. INTERNATIONAL PETROLEUM INDUSTRY ENVIROMENTAL CONSERVATION ASSOCIATION (IPIECA). *A guide to contingency planning for oil spills on water. London, 1991, P. 6.*
14. JACOBSON, Mäns. The Internacional Oil Pollution Compensation Fund: ten years of claims settlement experience. In: PROCEEDINGS; 1989 *Oil Spill Conference: prevention, behavior,*

- control cleanup*. San Antonio, Texas, February 13-16, (American Petroleum Institute publication n. 4479), P. 509-511.
15. LaBar, Gregg "Planning for the worst". Vol. 57. Jun, 1995. P. 52-55.
 16. LLORY, Michael. "Acidentes Industriais: O Custo do Silêncio". Rio de Janeiro: Multimaís, 1999.
 17. MARCHAND, Guy. French know-how in the prevention and fight against accidental oil spills. In: PROCEEDINGS; *1987 Oil Spill Conference: prevention, behavior, control cleanup*. Baltimore, Maryland, April 6-9. (American Petroleum Institute publication no. 4452), P. 15-22.
 18. MARTÍNEZ, Miguel A. M. "El Controlling de la gerencia de riesgos". Gerencia de Riesgos. N. 45, Año XI, 1994. P. 23-30.
 19. MORGADO, Cláudia do Rosário Vaz. "Introdução ao Gerenciamento de Riscos. Caderno de Produção". Rio de Janeiro: SEGRAC – Núcleo de Pesquisa em Engenharia de Segurança, Gerenciamento de Riscos e Acessibilidade na UFRJ, 1997.
 20. MORGADO, Claudia – Curso de Capacitação em Auditoria Ambiental – Apostila "Análise de Risco" do Instituto Aqualung, 2004 – Rio de Janeiro.
 21. ODUM, Eugene P. Ecologia. Rio de Janeiro, Editora Guanabara, 1988, p.180.
 22. PARKINSON, C. Northcote. *Parkinson's and other studies in administration*. Boston Houghton Mifflin Company, 1962, p.2.
 23. PETRÓLEO BRASILEIRO S.A. *O Departamento de transporte*. DETRAN/DIPLAN/SEPLO. (Rio de Janeiro), dez. 1991.
 24. ROGERS, Beth "Creating a culture of safety!". HR Magazine. Vol 40. Feb, 1995. P. 85-88.
 25. ROSENBAUN, Walter A. *Environmental politics and policy*. Washington, A. Division of Congressional Quarterly Inc., 1984, p. 9-12.
 26. SCASSO, Rafael de H. "Gerencia de riesgos em proyectos de construcción". Gerencia de Riesgos. N. 42, Año XI, 1993. P. 7-20.
 27. SMITH, Donald P. Facility – specific contingency planning under Oil SPCC Regulations. In: PROCEEDINGS; *1989 Oil Spill Conference: prevention. behavior, control cleanup*. San Antonio, Texas, February 13-16, (American Petroleum Institute publication no. 4479), P. 19-21
 28. SMITH, J. Wardley. *The Control of oil pollution. London*. London, Graham & Trotman Ltda., 1983, p. 18-19.
 29. SPEC PLANEJAMENTO E CONSULTORIA LTDA. "Gerenciamento de empreendimentos". 1988.
 30. STACEY, Michael L. United Kingdom marine contingency planning – a review of the last two years. In: PROCEEDINGS; *1987 Oil Spill Conference; prevention, behavior, control cleanup*. Baltimore, Maryland, April 6-9. (American Petroleum Institute publication no. 4452), P. 167-9.

31. STEVENSON, Bruce G.; FADIL, Michael W. "Research report... why lending crises occur so frequently". Journal of Commercial Lending. Vol. 77. Nov., 1994. P. 43-49.
32. TWEEDY, David A. "Catching up with technology". Business Insurance. Vol. 29. Apr., 1995. P. 27.
33. WARDLEY – SMITH, J. *The control of oil pollution on the sea and inland waters*. Graham & Trotman Ltd, United Kingdom, 1976, P. 205-209.
34. WILDER, Stephen M. "Risk Management: a focal point for quality". Quality Insurance Congress Supplement. Aug., 1995. P.4.
35. WILKINSON, A. J. "Improving risk-based communications and decision making" JPT, Sep., 1997. P. 936-943.
36. WILLIAMS, Deborah L. "Risk-management technology: what banks have... what they need". Bank Management. Vol. 70. Sep/Oct, 1994. P. 41-44.
37. ZAMORA, Eduardo P. "La asegurabilidad de los riesgos medioambientales". Gerencia de Riesgos N. 46, Año XII, 1994. P. 21-29.