

UNIVERSIDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
INSTITUTO DE ESTUDOS TECNOLÓGICOS E SEQUÊNCIAS

Flavieny de Souza Calixto

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO

Juiz de Fora

2010

M-021
2010
M500205

Flavieny de Souza Calixto

TÉCNICAS DE ANÁLISE DE RISCO:

Trabalho Conclusão de Curso
apresentado a Faculdade de Tecnologia
em Meio Ambiente, Universidade
Presidente Antônio Carlos como
requisito para a obtenção do diploma de
Tecnólogo em Meio Ambiente, sob a
orientação do professor Humberto
Chiaini de Oliveira Neto.



Professor Orientador Humberto Chiaini de Oliveira Neto – M.Sc.

Juiz de Fora

2010

A
Darcy, mulher, mãe e exemplo.
Evandro, cúmplice, amor e incentivador.

Resumo

A análise e identificação de riscos ou perigos têm como principal objetivo identificar os possíveis eventos indesejáveis que podem levar à materialização de um perigo, para que possam ser definidas as hipóteses acidentais que poderão acarretar conseqüências significativas.

Sumário

1	Introdução.....	5
2	Conceito de Risco.....	6
3	Os Agentes do Risco.....	8
4	Gerenciamento dos Riscos.....	12
4.1	Histórico Mundial.....	12
4.2	Histórico no Estado de São Paulo.....	14
5	Técnicas de Identificação, Análise e Avaliação de Riscos.....	16
5.1	Técnicas de Identificação de Perigos.....	16
5.1.1	Técnica de incidentes críticos (TIC).....	16
5.1.2	What-If (WI)	16
5.1.3	Checklist (Lista de Verificação).....	19
5.2	Técnicas de Avaliação dos Riscos.....	19
5.2.3	Análise de Árvore de Eventos.....	19
5.2.4	Análise de Árvore de Falhas.....	20
5.3	Técnicas de Análises de Riscos.....	23
5.3.3	Análise Preliminar de Riscos	23
5.3.4	Análise de Modos de Falhas e Efeitos.....	26
5.3.5	Análise de Operabilidade de Perigos (HAZOP).....	27
6	Conclusão.....	31
7	Referências Bibliográficas.....	32

1 Introdução

As técnicas de análise e identificação de riscos ou perigos têm grande importância para evitar que algo indesejado aconteça. A palavra risco faz parte do nosso cotidiano.

O gerenciamento de risco teve seu início há aproximadamente quatro décadas, mas as primeiras preocupações com a saúde e segurança começaram na indústria alimentícia nos EUA, na década de 20 e na década de 30 pesquisadores dos laboratórios de toxicologia avaliaram a toxicidade de produtos potencialmente perigosos.

Já no Brasil a preocupação ganhou ênfase em 1984, quando rompeu o duto de gasolina seguido por um grande incêndio em Cubatão causando cerca de 500 vítimas das quais 93 fatais. A partir daí o gerenciamento de riscos teve grande desenvolvimento no Brasil.

2 Conceito de Risco

A palavra risco faz parte o nosso dia a dia e a utilizamos de diversas formas e com diversos sentidos. O risco do acidente, o risco de dar errado, o risco iminente, o risco elevado são alguns exemplos que são encontrados diariamente nas nossas literaturas técnica ou leiga, que tem o significado de representar uma certa chance de algo acontecer. Assim, costumamos dizer que o risco é iminente ou que o risco é elevado para algo que nos parece certo ou com grande chance de acontecer.

Não é difícil intuir que “a chance de algo acontecer” está relacionada com um certo efeito observável sobre um bem que se quer proteger, podendo ser esse bem o homem, uma espécie vegetal ou animal, ou ainda propriedades e equipamentos. Sob a ótica ambiental é comum observar os efeitos das substâncias químicas consideradas poluentes sobre o homem ou mais amplamente, sobre o meio ambiente. Os efeitos podem decorrer das emissões contínuas ou intermitentes provenientes das indústrias, das diversas formas de transporte ou, genericamente, da atividade antrópica. Uma das abordagens de risco bastante disseminada na área ambiental está associada com a manipulação de substâncias químicas consideradas altamente perigosas, presentes na atividade industrial, de armazenagem e nas diversas formas de transporte, com predominância para o transporte por dutos. É possível estimar e avaliar o risco dessas atividades, bem como propor formas de gerenciamento desse risco.

Formalmente, o risco tratado dentro da visão mencionada é definido como a combinação entre a frequência de ocorrência de um acidente e a sua consequência. A adequada composição destes fatores possibilita estimar o risco de um empreendimento, sendo o estudo de análise de risco a ferramenta utilizada para esse fim.

Com a estimativa realizada, é possível comparar as diversas formas de expressão do risco com padrões previamente estabelecidos, fazendo-se então a avaliação do risco, sendo, portanto possível decidir sobre a viabilidade ambiental de um empreendimento.

Não existe um único conceito de risco para trabalhar com problemas ambientais. Na temática ambiental são usados termos como riscos, acidentes, perigos, hazard, desastres e etc. Sendo que muitas vezes são utilizados nomes diferentes para definir ou

designar a mesma coisa. A palavra risco vem do latim *risicu e riscu* que vem também de *resecare* que significa corte. Uma ruptura na continuidade, risco que se faz numa tela em branco, de acordo com Dagnino (2007 apud MONTEIRO, 1991, p. 10). Os riscos podem ser ambientais, laborais, financeiros e etc.

3 Os agentes do Risco

Os riscos ambientais estão classificados em riscos físicos, químicos, biológicos de acordo com a NR 09 (Norma Regulamentadora nº 09) e ainda existem também os riscos ergonômicos, NR17(Norma Regulamentadora nº17) e o risco de acidente.

Consideram-se riscos ambientais os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. (BRASIL, 2001)

Os riscos são classificados, segundo a Portaria do Ministério do Trabalho, MTb nº 3.214, de 8/6/1978, em:

Agentes Físicos: (representados pela cor verde)

São as diversas formas de energia a que possam estar expostos os trabalhadores, tais como: ruído, vibrações, pressões anormais, temperaturas extremas, radiações ionizantes, radiações não ionizantes, bem como o infra-som e o ultra-som. (BRASIL, 2001).

Esses agentes em elevados índices no ambiente de trabalho, segundo Valcanaia (2010), podem se transformar em riscos físicos que causam grande impacto no corpo humano, podendo acarretar doenças laborais.

Os riscos físicos podem causar: cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição, aumento da pressão arterial, problemas do aparelho digestivo, taquicardia e perigo de infarto; dores dos membros, dores na coluna, doença do movimento, artrite, lesões ósseas, lesões dos tecidos moles, lesões circulatórias, aumento da pulsação, choques térmicos, fadiga térmica, alterações celulares, câncer, fadiga, acidentes de trabalho, queimaduras, lesões nos olhos, na pele e nos outros órgãos, doenças do aparelho respiratório, quedas, e doenças circulatórias, fenômenos vasculares periféricos, e queimaduras pelo frio, hiperbarismos (intoxicação por gases) e hipobarismo (mal das montanhas), entre outras.

Agentes Químicos: (representados pela cor vermelha)

São as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. (BRASL, 2001)

Estes agentes químicos em índices elevados segundo Valcanaia (2010), podem se transformar em riscos químicos, que ocorrem quando o trabalhador fica exposto a produtos químicos que podem causar danos físicos ou prejudicar a saúde. Dependendo das condições de utilização, ao entrar em contato com o corpo humano, podem ser absorvidos pelo organismo através da pele ou por ingestão. Provocam desde irritação na pele e olhos, passando por queimaduras leves, indo até aqueles de maior severidade, quando levados pelos fluidos internos, chegando aos diferentes órgãos e tecidos do organismo.

Os riscos químicos podem causar: berrinose (algodão), asbestose (amianto), silicose (quartzo), pneumoconiose dos minerais do carvão, bagaçose (cana-de-açúcar), dentre outros; doença pulmonar obstrutiva crônica, enfisema pulmonar, febre de fumos metálicos e intoxicação específica de acordo com o metal; irritação das vias aéreas superiores, danos em diversos órgãos e ao sistema formador do sangue, dores de cabeça, náuseas, sonolência, convulsões, coma e morte.

Agentes Biológicos: (representados pela cor marrom); São as bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários, vírus, entre outros. (BRASIL, 2001).

Segundo Valcanaia (2010), esses agentes biológicos em elevados índices no ambiente de trabalho podem se transformar em riscos biológicos ocorre por meio de microorganismos que em contato com o homem pode causar diversas doenças. Tais como: hepatite, cólera, amebíase, AIDS, tétano, dentre outros. Causam também infecções externas e internas, tais como: dermatites e doenças pulmonares. E também podem causar infecções cutâneas ou sistêmicas de fácil contágio.

Agentes Ergonômicos: (representados pela cor amarela)

Qualquer fator que possa interferir nas características psicofisiológicas do trabalhador, causando desconforto ou

afetando sua saúde. São exemplos de risco ergonômico: o levantamento de peso, ritmo excessivo de trabalho, monotonia, repetitividade, postura inadequada de trabalho, etc.(BRASIL, 2001)

Segundo Valcanaia (2010), estes riscos podem causar: cansaço, dores musculares, fraquezas, hipertensão arterial, diabetes, doenças nervosas, acidentes e problemas da coluna vertebral, alterações do sono, da libido e da vida social, com reflexos na saúde e no comportamento, taquicardia, cardiopatia, asma, doenças do aparelho digestivo (gastrite, úlcera), tensão, ansiedade, medo, comportamentos estereotipados, distúrbios osteo-musculares relacionados ao trabalho - DORT.

Agentes de Acidente: (representados pela cor azul)

Qualquer fator que coloque o trabalhador em situação vulnerável e possa afetar sua integridade, e seu bem estar físico e psíquico. São exemplos de risco de acidente: as máquinas e equipamentos sem proteção, probabilidade de incêndio e explosão, arranjo físico inadequado, armazenamento inadequado, etc.(BRASIL/2001).

Segundo Valcanaia (2010), estes riscos podem causar fadiga, problemas visuais, acidentes graves, desgaste físico excessivo, curto-circuito, choques elétricos, incêndios, queimaduras, acidentes fatais, acidentes por estocagem de materiais sem observação das normas de segurança, acidentes por animais peçonhentos, acidentes principalmente com repercussão nos membros superiores e acidentes e doenças profissionais.

Verde	Vermelho	Marron	Amarelo	Azul
Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Grupo 5
Riscos Físicos	Riscos Químicos	Riscos Biológicos	Riscos Ergonômicos	Riscos de Acidentes
Ruído	Poeiras	Vírus	Esforço físico intenso	Arranjo físico inadequado
Vibrações	Fumos	Bactérias	Levantamento e transporte manual de peso	Máquinas e equipamentos sem proteção
Radiações ionizantes e não ionizantes	Névoas	Protozoários	Exigência de postura inadequada	Ferramentas inadequadas ou defeituosas
Frio Calor	Neblina	Fungos	Controle rígido de produtividade	Iluminação inadequada
Pressões anormais	Gases e Vapores	Parasitas	Imposição de ritmos excessivos. Trabalho em turnos diurno e noturnos	Probabilidade de explosão. Armazenamento inadequado
Umidade	Substâncias, produtos ou compostos químicos em geral	Bacilos	Jornada de trabalho prolongada. Monotonia e repetitividade	Animais peçonhentos
			Outras situações causadoras de estress físico e/ou psíquico	Outras situações de risco que poderão contribuir para a ocorrência de acidentes

Quadro 1 – Grupos de Risco

Fonte – NR-5

4 Gerenciamento dos Riscos

4.1 Histórico mundial

Há aproximadamente quatro décadas, as indústrias de processo têm se preocupado mais com as possíveis falhas e perigos vindos de suas atividades, as quais possam causar perda de vida e de propriedade.

De fato, as primeiras preocupações com a saúde e segurança públicas começaram na indústria alimentícia dos Estados Unidos, já na década de 20. Além disso, desde o início da década de 30, pesquisadores de laboratórios de toxicologia, na indústria, têm avaliado as propriedades tóxicas de produtos potencialmente perigosos. Em 1931, o pesquisador H. W. Heinrich efetuou uma pesquisa sobre os custos de um acidente em termos de Seguro Social e introduziu, pela primeira vez, a filosofia de “acidentes com danos à propriedade”, ou seja, acidentes sem lesão, em relação aos acidentes com lesão incapacitante.

Desde então, vários estudos sobre acidentes industriais com danos à propriedade se seguiram, com o objetivo de estimar os custos derivados das perdas. Em meados da década de 60, tornou-se significativamente evidente que havia consideráveis diferenças na atuação das empresas com relação à saúde ocupacional, riscos de lesões e de perdas. Nesta época, surgiram vários relatórios sobre segurança nas plantas químicas, tais como “Safety and Management”, pela Association of British Chemical Manufactures (ABCM), 1964 e “Safe and Sound”, pelo British Chemical Industry Safety Council (BCISCI), 1969, ambos na Grã-Bretanha. Também, nos Estados Unidos, Frank Bird Jr. fundamentou sua teoria de “Controle de Danos” (1966), a partir da análise de uma série de acidentes ocorridos numa empresa metalúrgica americana.

Além disso, nos anos sessenta ocorreu o começo de um desenvolvimento que resultou em grandes mudanças nas indústrias químicas e petroquímicas, tais como alterações nas condições de pressão e temperatura, as quais se tornaram mais críticas tendo como consequência um aumento na energia armazenada nos processos, representando, portanto um perigo maior. Ao mesmo tempo, as instalações de processo começaram a crescer, quase dez vezes mais, em tamanho. Também, começaram a operar em fluxo contínuo, aumentando o número de interligações com outras plantas,

para a troca de sub-produtos, tornando, dessa forma, os processos mais complexos. Esses desenvolvimentos, no entanto, não ocorreram isoladamente. O contexto social também foi se transformando e outros temas, tais como a poluição ambiental, começaram a se tornar motivo de preocupação para o público e para os governos. Como consequência, a indústria foi obrigada a examinar os efeitos de suas operações sobre o público externo e, em particular, a analisar mais cuidadosamente os possíveis perigos decorrentes de suas atividades. Em 1970, no Canadá, John A. Fletcher, prosseguindo a obra iniciada por Bird, propôs o estabelecimento de programas de "Controle Total de Perdas", objetivando reduzir ou eliminar todos os acidentes que pudessem interferir ou paralisar um sistema. Em 1972, criou-se uma nova mentalidade baseada nos trabalhos desenvolvidos pelo engenheiro Willie Hammer, especialista em Segurança de Sistemas, o qual empregou a experiência adquirida na Força Aérea e nos programas espaciais norte-americanos, para desenvolver diversas técnicas a serem aplicadas na indústria, a fim de preservar os recursos humanos e materiais dos sistemas de produção.

Em paralelo, a indústria nuclear começou a desenvolver suas atividades de consultoria na área de confiabilidade, e as indústrias passaram a adotar técnicas desenvolvidas pelas autoridades de energia atômica na avaliação de riscos maiores e na estimativa de taxas de falhas de instrumentos de proteção. Em 1974, a explosão desastrosa em um reator de produção de caprolactama, em Flixborough (Inglaterra), tornou-se um marco na questão da avaliação de riscos e prevenção de perdas na indústria química. O acidente levou ao estabelecimento do Advisory Committee on Major Hazards (ACMH), na Inglaterra, que durou de 1975 a 1983 e introduziu uma legislação para controle de riscos maiores nas indústrias. Em 1976, outro grande acidente em um reator químico, com liberação de dioxina, em Seveso (Itália), gerou um profundo impacto na Europa, tornando-se o estímulo para o desenvolvimento da Diretiva de Seveso – EC Directive on Control of Industrial Major Accident Hazards, em 1982.

Outros acidentes de grande impacto se seguiram no mundo, podendo-se citar, entre eles: San Carlos (Espanha, 1978), Bhopal (Índia, 1984), Cidade do México (México, 1984), Chernobyl (Ucrânia, 1986) e Piper Alpha (Mar do Norte, 1988), os quais vieram a reforçar a necessidade de desenvolvimento na área de avaliação de riscos e prevenção de perdas, bem como a necessidade de estabelecimento de diretrizes,

regulamentos e legislações sobre o tema, com o objetivo de reduzir ou evitar a ocorrência de acidentes industriais maiores.

4.2 Histórico no Estado de São Paulo

No Brasil, em particular no Estado de São Paulo, a preocupação com os acidentes de grande porte ganhou ênfase em 1984, após o rompimento de um duto de gasolina seguido de incêndio em Cubatão, causando cerca de 500 vítimas, das quais 93 fatais. Foi quando se iniciou em 1985 um processo de conscientização sobre a vulnerabilidade da região do Pólo Petroquímico de Cubatão, devido ao grande número de deslizamentos das encostas da Serra do Mar, capazes de ocasionar a liberação de produtos tóxicos e inflamáveis, o que, por sua vez, poderia colocar novamente em risco a população local. Em função disso, juntamente com o conhecimento da Diretiva de Seveso, aplicada na Europa, para a prevenção de acidentes maiores, parte do grupo de técnicos da CETESB, que atuava no setor de atendimento corretivo relacionado a acidentes com produtos químicos, demonstrou interesse pela questão preventiva, dando início em 1985 à pesquisa em relação ao tema.

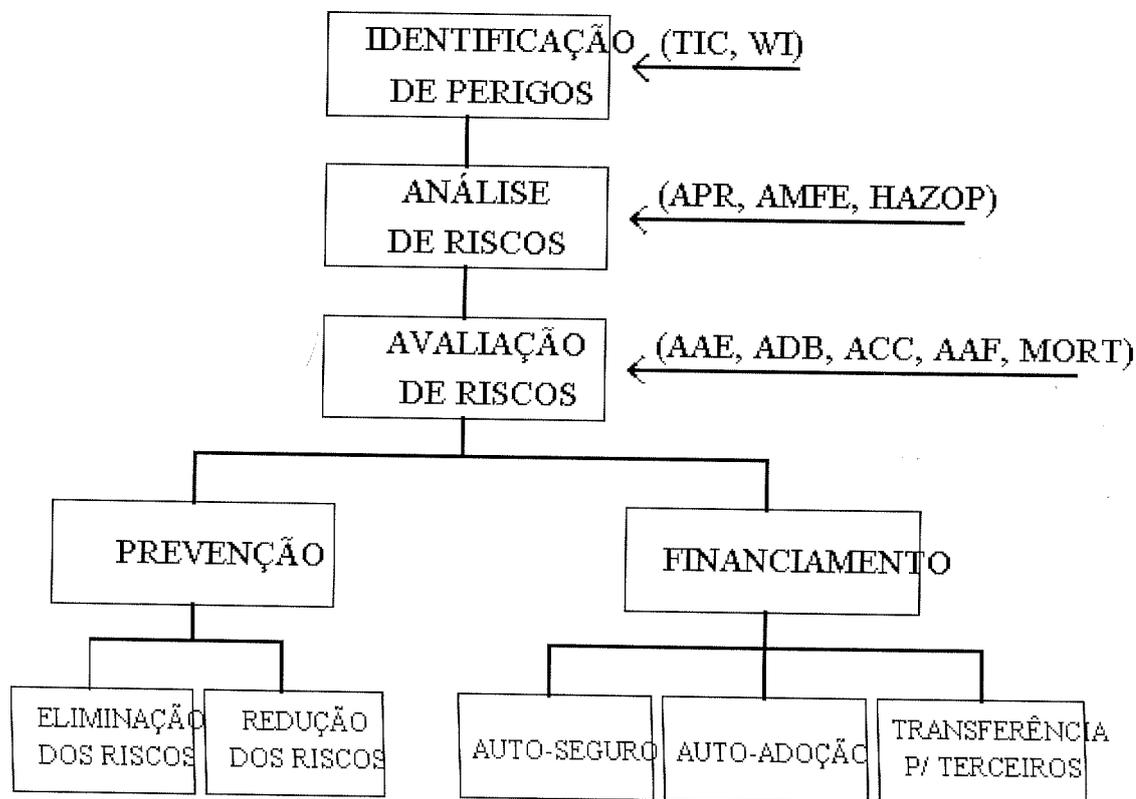
Em 1986, a CETESB promoveu o primeiro Curso de Análise de Riscos no âmbito do Estado de São Paulo, tornando-se o primeiro órgão ambiental a introduzir o assunto em nível nacional, bem como a criar uma unidade específica para tratar do tema.

Em 23/01/1986, com a publicação da Resolução nº 1, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que instituiu a necessidade de realização do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do respectivo Relatório de Impacto Ambiental (RIMA) para o licenciamento de atividades modificadoras do meio ambiente, os Estudos de Análise de Riscos passaram a ser incorporados nesse processo, para determinados tipos de empreendimentos, de forma que, além dos aspectos relacionados com a poluição crônica, também a prevenção de acidentes maiores fosse contemplada no processo de licenciamento.

Em 1987, se iniciou o projeto “Avaliação e prevenção de acidentes industriais potencialmente perigosos em Cubatão”, tendo como finalidade a aplicação por parte da

CETESB de técnicas de análise e avaliação de riscos em seis indústrias do complexo industrial de Cubatão, seguindo a metodologia do Banco Mundial. Este projeto visou capacitar os técnicos do Setor, avaliar a metodologia aplicada e propor medidas preventivas de forma a reduzir as conseqüências de possíveis acidentes que poderiam vir a afetar a comunidade e o meio ambiente, e ainda, elaborar Planos de Ação de Emergência.

Dessa forma a CETESB, que já atuava de forma corretiva, passou a incorporar as técnicas de análise de riscos em suas atividades, com vista a prevenir a ocorrência de grandes acidentes de origem tecnológica.



Quadro 2 – Fases do Processo de Gerenciamento dos Risco

Fonte – Alberton (1996)

5 Técnicas de Identificação, Análise e Avaliação de Riscos

Análise de Riscos consiste no exame sistemático de uma instalação industrial (projeto ou existente) a se identificar os riscos presentes no sistema e formar opinião sobre ocorrências potencialmente perigosas e suas possíveis consequências. Seu principal objetivo é promover métodos capazes de fornecer elementos concretos que fundamentem um processo decisório de redução de riscos e perdas de uma determinada instalação industrial, seja esta decisão de caráter interno ou externo à empresa.

Existem também as técnicas de identificação de perigos e avaliação de riscos que podem ser usadas juntamente com as técnicas de análises de risco.

5.1 Técnicas de Identificação de Perigos

5.1.1 Técnica de incidentes críticos (TIC)

Segundo Alberton é uma análise operacional, qualitativa, de aplicação na fase operacional do sistema quando envolve fator humano em qualquer grau. Esse método consiste em identificar erros e condições inseguras que contribuem na ocorrência de acidente ou quase acidentes.

O TIC é utilizado naquelas situações onde deseja-se identificar os perigos sem a utilização de técnicas mais sofisticadas e quando o tempo é mais curto. A técnica tem como objetivo a detecção de incidentes críticos e o tratamento dos riscos que os mesmos representam.

5.1.2 What-If (WI)

Segundo Alberton é uma técnica de análise geral, qualitativa, com uma aplicação bastante simples e útil para uma abordagem em primeira escala da detecção de riscos, tanto na fase de processo, projeto ou pré-operacional, não sendo sua utilização unicamente limitada às empresas de processo. A finalidade do What-If é testar possíveis omissões em projetos, procedimentos e normas e ainda aferir comportamento,

capacitação pessoal e etc. nos ambientes de trabalho, com o objetivo de proceder a identificação e tratamento de riscos.

Segundo Alberton, nas culturas empresarias mais eficientes no controle de riscos, os procedimentos dos departamentos técnicos e as equipes de análise produzem revisões rápida e eficientemente. Os mesmos autores sugerem, ainda, alguns passos básicos quando da sua aplicação:

- a) Formação do comitê de revisão: montagens das equipes e seus integrantes;
- b) Planejamento prévio: planejamento das atividades e pontos a serem abordados na aplicação da técnica;
- c) Reunião Organizacional: com a finalidade de discutir procedimentos, programação de novas reuniões, definição de metas para as tarefas e informação aos integrantes sobre o funcionamento do sistema sob análise;
- d) Reunião de revisão de processo: para os integrantes ainda não familiarizados com o sistema em estudo;
- e) Reunião de formulação de questões: formulação de questões "O QUE - SE...", começando do início do processo e continuando ao longo do mesmo, passo a passo, até o produto acabado colocado na planta do cliente;
- f) Reunião de respostas às questões (formulação consensual): em sequência à reunião de formulação das questões, cabe a responsabilidade individual para o desenvolvimento de respostas escritas às questões. As respostas serão analisadas durante a reunião de resposta às questões, sendo cada resposta categorizada como: - resposta aceita pelo grupo tal como submetida; - resposta aceita após discussão e/ou modificação; - aceitação postergada, em dependência de investigação adicional. O consenso grupal é o ponto chave desta etapa, onde a análise de riscos tende a se fortalecer;
- g) Relatório de revisão dos riscos do processo: o objetivo é documentar os riscos identificados na revisão, bem como registrar as ações recomendadas para eliminação ou controle dos mesmos.

5.1.3 Checklist (Lista de Verificação)

Segundo Cardella, a lista de verificação aborda o objeto de estudo, verificando a conformidade de seus atributos com padrões. O objeto da LV pode ser área, sistema, instalação, processo, equipamento.

A lista de verificação é útil e eficaz nos trabalhos repetitivos. Sua desvantagem é que os itens não descritos na lista não são verificados.

Item	Descrição	Verificado? Sim ou Não, S/N	Observação
1.	Estado dos pneus		
2.	Pressão dos Pneus		
3.	Pressão do estepe		
4.	Nível de óleo do motor		
5.	Óleo de freio		
6.	Funcionamento dos freios		
7.	Filtro de ar		
8.	Filtro de gasolina		
9.	Gasolina		
10.	Nível de água de arrefecimento		
11.	Lavar		
12.	Amortecedores		
13.	Alinhamento das rodas		
14.	Balanceamento dos pneus		
15.	Documento de porte obrigatório		
16.	Carteira de habilitação		
17.	Caixa de primeiro socorros		
18.	Manual de manutenção		
19.	Pano e solução limpa vidros		
20.	Limpador de pára-brisa e funcionamento		
21.	IPVA- Seguro obrigatório		
22.	Lanterna de mão		
23.	Saco para lixo		
24.	Dinheiro trocado para pedágio		

Quadro 3 – Modelo de lista de verificação de um automóvel antes de uma viagem
Fonte – Cardella (2009, p. 146)

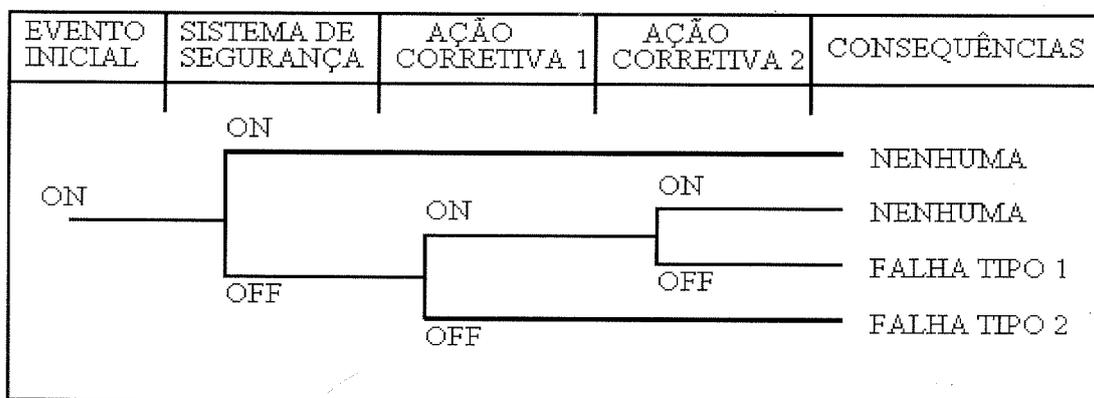
5.2 Técnicas de Avaliação dos Riscos

5.2.1 Análise de Árvore de Eventos (AAE)

Segundo Cardella árvore de eventos também é conhecida como Série de Riscos (SR) que é uma técnica de que identifica e analisa os riscos e identifica sequencias de eventos que podem suceder um evento inicial. A AAE pode ser quantitativa e qualitativa.

O foco são os eventos iniciais e a série de eventos decorrentes.

A árvore de eventos deve ser lida da esquerda para a direita. Na esquerda começa-se com o evento inicial e segue-se com os demais eventos sequenciais. A linha superior é NÃO e significa que o evento não ocorre, a linha inferior é SIM e significa que o evento realmente ocorre.



Quadro 4 – Esquema de funcionamento do AAE

Fonte – Alberton, (1996, p. 5)

DEFEITO	DEFEITO SEVERO	FALHA NO EQUIPAMENTO	DEFEITO HARMÔNICO NOS TRILHOS	TREM NA VELOC. DE RESSONÂNCIA	ACIDENTE	PROBABILIDADE
SIM	NÃO (0.999)	SIM (0.001)	NÃO (0.200)		NÃO	0.200
			NÃO (0.999)	NÃO (0.995)	NÃO	0.794
			SIM (0.800)	SIM (0.005)	SIM	0.004
			SIM (0.001)		SIM	0.001
			SIM (0.001)		SIM	0.001

Quadro 5 – Exemplo fictício da aplicação do AAE
Fonte - Alberton, (1996, p. 7)

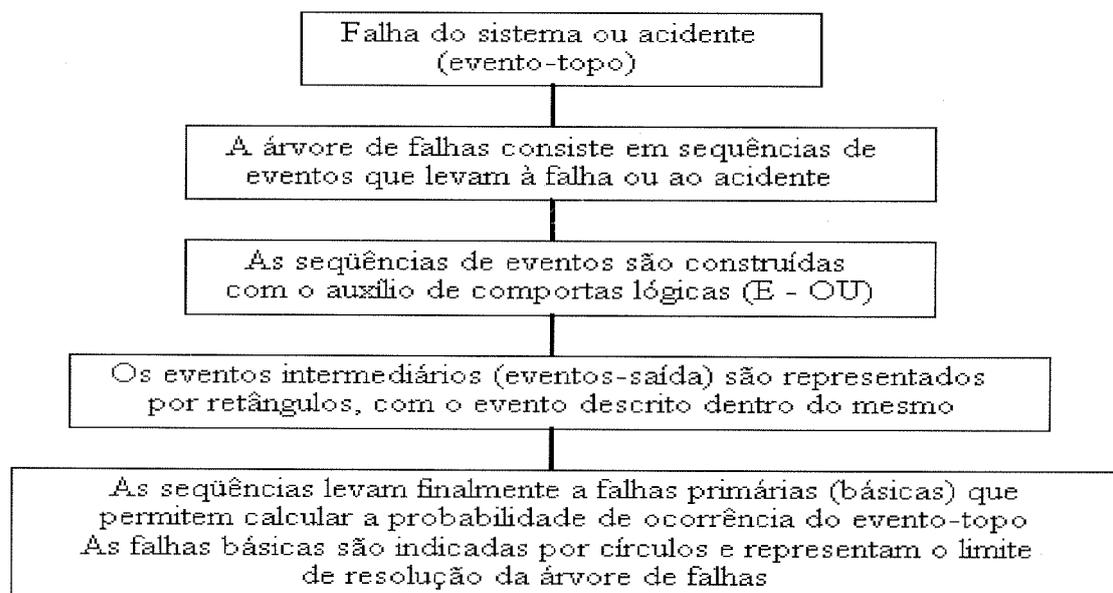
Um exemplo fictício para proceder a análise quantitativa pode ser tomado como o esquema do quadro 3, que investiga a probabilidade de descarrilamento de vagões ou locomotivas, dado que existe um defeito nos trilhos. Como pode-se observar, o descarrilamento pode ser causado por qualquer uma das três falhas assinaladas e, portanto, a probabilidade de que um defeito nos trilhos produza descarrilamento é a soma simples das três possibilidades, ou seja, 0,6%.

5.2.2 Análise de Árvore de Falhas (AAF) - Fault Tree Analysis (FTA)

Segundo Alberton, a análise de árvore de falhas - AAF foi primeiramente concebida por H.A. Watson dos Laboratórios Bell Telephone em 1961, a pedido da Força Aérea Americana para avaliação do sistema de controle do Míssil Balístico Minuteman.

Essa é uma técnica que parte de um Evento de Topo escolhido para estudo e aponta as combinações de falhas e condições que poderiam causar a ocorrência desse evento, segundo Cardella.

Segundo Alberton o evento indesejado recebe o nome de evento topo porque na montagem da árvore de falhas o mesmo é colocado no nível mais alto. A partir deste nível o sistema é dissecado de cima para baixo, enumerando todas as causas ou combinações delas que levam ao evento indesejado. Os eventos do nível inferior recebem o nome de eventos básicos ou primários, pois são eles que dão origem a todos os eventos de nível mais alto



Quadro 6 – Estrutura Fundamental de uma árvore de falhas.

Fonte – Alberton, (1996, p. 10)

Etapas do AAF, segundo Alberton (1996, Cap. 5):

- Seleção do evento indesejável ou falha, cuja probabilidade de ocorrência deve ser determinada;
- Revisão dos fatores intervenientes: ambiente, dados do projeto, exigências do sistema, etc., determinando as condições, eventos particulares ou falhas que possam vir a contribuir para ocorrência do evento topo selecionado;
- Montagem, através da diagramação sistemática, dos eventos contribuintes e falhas levantados na etapa anterior, mostrando o inter-relacionamento entre estes eventos e falhas, em relação ao evento topo. O processo inicia com os eventos que poderiam, diretamente, causar tal fato, formando o primeiro nível - o nível básico. A medida que se retrocede, passo a passo, até o evento topo, são adicionadas as combinações de eventos e falhas contribuintes. Desenhada a árvore de falhas, o relacionamento entre os eventos é feito através das comportas lógicas;
- Através de Álgebra Booleana são desenvolvidas as expressões matemáticas adequadas, que representam as entradas da árvore de falhas. Cada comporta

lógica tem implícita uma operação matemática, podendo ser traduzidas, em última análise, por ações de adição ou multiplicação;

- Determinação da probabilidade de falha de cada componente, ou seja, a probabilidade de ocorrência do evento topo será investigada pela combinação das probabilidades de ocorrência dos eventos que lhe deram origem

	Módulo ou comporta "E"
	Módulo ou comporta "OU"
	Módulo ou comporta de inibição. Permite aplicar uma condição ou restrição à sequência
	Identificação de um evento particular, topo ou contribuinte
	Falha primária de um ramo ou série. Evento básico
	Normalmente um evento que sempre ocorre, a menos que ocorra falha
	Evento não desenvolvido. Falta de informação ou de consequência suficiente.
	Indica ou estipula restrições
	Símbolo de conexão a outra parte da árvore

Quadro 7 - Simbologia da árvore de falhas
Fonte - Alberton (1996, p. 15)

5.3 Técnicas de Análise de Riscos

O estudo ou análise de riscos tem significados diferentes para cada tipo de caso, como por exemplo, o risco financeiro de se aplicar na bolsa, o risco das empresas de seguro, risco de acidente numa usina nuclear dentre outros exemplos, apesar de diferente um dos outros, todos fazem parte do fenômeno chamado risco

5.3.1 Análise Preliminar de Riscos

Análise é a divisão de um todo em partes e o estudo minucioso dessas partes. Análise de Riscos é o estudo detalhado de um objeto com a finalidade de identificar perigos e avaliar os riscos associados. (Valcanaia, 1999, p. 51, apud CARDELA, 2010).

Análise Preliminar de Riscos (APR) - Preliminary Hazard Analysis (PHA), pode ser também chamada de Análise Preliminar de Perigo, consistindo no estudo, durante a fase de concepção ou de desenvolvimento prematuro de um projeto, da determinação dos riscos que poderão estar presentes na fase operacional de um novo sistema de acordo com Alberton (1996, cap. 5, apud De Cicco, 1979).

Essa é uma técnica que foi desenvolvida na área militar, sendo aplicada primeiramente como revisão nos novos sistemas de mísseis. A necessidade, neste caso, era o fato de que tais sistemas possuíam características de alto risco, já que os mísseis haviam sido

Desenvolvidos para operarem com combustíveis líquidos perigosos. Assim, a APR foi aplicada com o intuito de verificar a possibilidade de não utilização de materiais e procedimentos de alto risco ou, no caso de tais materiais e procedimentos serem inevitáveis, no mínimo estudar e implantar medidas preventivas.

A APR não é uma técnica aprofundada de análise de riscos e geralmente precede outras técnicas mais detalhadas de análise, já que seu objetivo é determinar os riscos e as medidas preventivas antes da fase operacional. No estágio em que é desenvolvida podem existir ainda poucos detalhes finais de projeto e, neste caso, a falta de informações quanto aos procedimentos é ainda maior, já que os mesmos são geralmente definidos mais tarde.

Etapas da APR, Alberton, (1996, Cap. 5)

- **Revisão de problemas conhecidos:** Consiste na busca de analogia ou similaridade com outros sistemas, para determinação de riscos que poderão estar presentes no sistema que está sendo desenvolvido, tomando como base a experiência passada.
- **Revisão da missão a que se destina:** Atentar para os objetivos, exigências de desempenho, principais funções e procedimentos, ambientes onde se darão as operações, etc.. Enfim, consiste em estabelecer os limites de atuação e delimitar o sistema que a missão irá abranger: a que se destina, o que e quem envolve e como será desenvolvida.
- **Determinação dos riscos principais:** Identificar os riscos potenciais com potencialidade para causar lesões diretas e imediatas, perda de função (valor), danos à equipamentos e perda de materiais.
- **Determinação dos riscos iniciais e contribuintes:** Elaborar séries de riscos, determinando para cada risco principal detectado, os riscos iniciais e contribuintes associados.
- **Revisão dos meios de eliminação ou controle de riscos:** Elaborar um brainstorming dos meios passíveis de eliminação e controle de riscos, a fim de estabelecer as melhores opções, desde que compatíveis com as exigências do sistema.
- **Analisar os métodos de restrição de danos:** Pesquisar os métodos possíveis que sejam mais eficientes para restrição geral, ou seja, para a limitação dos danos gerados caso ocorra perda de controle sobre os riscos.
- **Indicação de quem levará a cabo as ações corretivas e/ou preventivas:** Indicar claramente os responsáveis pela execução de ações preventivas e/ou corretivas, designando também, para cada unidade, as atividades a desenvolver.

A APR tem grande utilidade no seu campo de atuação, porém, como já foi enfatizado, necessita ser complementada por técnicas mais detalhadas e apuradas. Em sistemas que sejam já bastante conhecidos, cuja experiência acumulada conduz a um grande número de informações sobre riscos, esta técnica pode ser colocada em *by-pass* e, neste caso, partir-se diretamente para aplicação de outras técnicas mais específicas.

5.3.2 Análise de Modos de Falha e Efeitos (AMFE) - Failure Modes and Effects Analysis (FMEA)

Segundo Cardella, Amfe é uma técnica de análise de riscos que identifica os modos de falhas dos componentes de um sistema, os efeitos dessas falhas para o sistema, para o Meio Ambiente e para o próprio componente. O objeto são os sistemas e o foco são os componentes. E segundo Alberton esta é uma análise detalhada, podendo ser qualitativa ou quantitativa, que permite analisar as maneiras pelas quais um equipamento ou sistema podem, falhar e os efeitos que poderão surgir, estimando ainda as taxas de falha e propiciado o estabelecimento de mudanças e alternativas que possibilitem uma diminuição das probabilidades de falha, aumentando a confiabilidade do sistema.

Apesar de sua utilização ser geral, a AMFE é mais aplicável às indústrias de processo, principalmente quando o sistema em estudo possui instrumentos de controle, levantando necessidades adicionais e defeitos de projeto, definindo configurações seguras para os mesmos quando ocorrem falhas de componentes críticos ou suprimentos. A técnica auxilia ainda na determinação e encadeamento dos procedimentos para contingências operacionais, quando o sistema é colocado em risco e a probabilidade de erro devido à ações não estruturadas é alta, dependendo da ação correta dos operadores.(Alberton, cap. 5)

Item	Modo de Falha	Causa de Falha	Efeitos: -nos componentes -no sistema	Categoria de Risco	Probabilidade de Ocorrência	Métodos de Detecção	Ações Possíveis

Quadro 9 – Modelo de Aplicação de uma AMFE

Fonte - Alberton (1996, p. 23)

Procedimento proposto para o preenchimento das várias colunas segundo Alberton (1996, apud De Cicco e Fantazzini, 1994) é o seguinte:

- a) Dividir o sistema em subsistemas que podem ser efetivamente controlados;
- b) Traçar diagramas de blocos funcionais do sistema e subsistemas, para determinar os interrelacionamentos existentes;
- c) Preparar um *checklist* dos componentes de cada subsistema e sua função específica;
- d) Determinar através da análise de projetos e diagramas, os modos possíveis de falha que possam afetar outros componentes. Os modos básicos de falha devem ser agrupados em quatro categorias: I- falha em operar no instante prescrito; II- falha em cessar de operar no instante prescrito; III- operação prematura; IV- falha em operação;
- e) Indicar os efeitos de cada falha sobre outros componentes e como esta afeta a operação do mesmo;
- f) Estimar a gravidade de cada falha específica de acordo com as categorias de risco, conforme o quadro 4.1., para possibilitar a priorização de alternativas;
- g) Indicar os métodos usados para detecção de cada falha específica;
- h) Formular possíveis ações de compensação e reparos que podem ser adotadas para eliminar ou controlar cada falha específica e seus efeitos;
- i) Determinar as probabilidades de ocorrência de cada falha específica para possibilitar a análise quantitativa.

5.3.3 Análise de Operabilidade de Perigos - HAZard and OPerability Studies (HAZOP)

O estudo de identificação de perigos e operabilidade conhecido como HAZOP é uma técnica de análise qualitativa desenvolvida com o objetivo de examinar as linhas de processo, identificando perigos e prevenindo problemas. Porém, atualmente, a metodologia é aplicada também para equipamentos do processo e até para sistemas. O método HAZOP é indicado quando da implantação de novos processos na fase de projeto ou nas modificações de processos já existentes. O ideal na realização do HAZOP é que o estudo seja desenvolvido antes mesmo da fase de planejamento e construção do projeto, evitando com isso que modificações tenham que ser feitas, quer no detalhamento ou ainda nas instalações, quando o resultado do HAZOP for

conhecido. Vale ressaltar que o HAZOP é conveniente para projetos e modificações tanto grandes quanto pequenas. Às vezes, muitos acidentes ocorrem porque se subestima os efeitos posteriores de pequenos detalhes ou modificações, que à primeira vista parecem insignificantes e é impossível, antes de se fazer uma análise completa, saber se existem efeitos posteriores graves e difíceis de prever. Além disso, o caráter de trabalho em equipe que o HAZOP apresenta, onde pessoas de funções diferentes dentro da organização trabalham em conjunto, faz com que a criatividade individual seja estimulada, os esquecimentos evitados e a compreensão dos problemas das diferentes áreas e interfaces do sistema seja atingida. Uma pessoa, mesmo competente, trabalhando sozinha, frequentemente está sujeita a erros por desconhecer os aspectos alheios a sua área de trabalho. Assim, o desenvolvimento do HAZOP alia a experiência e competência individuais às vantagens indiscutíveis do trabalho em equipe. Em termos gerais, pode-se dizer que o HAZOP é bastante semelhante a AMFE, contudo, a análise realizada pelo primeiro método é feita através de palavras-chaves que guiam o raciocínio dos grupos de estudo multidisciplinares, fixando a atenção nos perigos mais significativos para o sistema. As palavras-chaves ou palavras-guias são aplicadas às variáveis identificadas no processo (pressão, temperatura, fluxo, composição, nível, etc.) gerando os desvios, que nada mais são do que os perigos a serem examinados.

A técnica HAZOP permite que as pessoas liberem sua imaginação, pensando em todos os modos pelos quais um evento indesejado ou problema operacional possa ocorrer. Para evitar que algum detalhe seja omitido, a reflexão deve ser executada de maneira sistemática, analisando cada circuito, linha por linha, para cada tipo de desvio passível de ocorrer nos parâmetros de funcionamento. Para cada linha analisada são aplicadas a série de palavras-guias, identificando os desvios que podem ocorrer caso a condição proposta pela palavra-guia ocorra.

PALAVRA-GUIA	DESVIO
NENHUM	Ausência de fluxo ou fluxo reverso
MAIS	Mais, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: mais vazão, maior temperatura, mais pressão, etc.)
MENOS	Menos, em relação a um parâmetro físico importante. (Ex.: menos vazão, temperatura menor, menos pressão)
MUDANÇAS NA COMPOSIÇÃO	Alguns componentes em maior ou menor proporção, ou ainda, um componente faltando.
COMPONENTES A MAIS	Componentes a mais em relação aos que deveriam existir. (Ex.: fase extra presente, impurezas, etc.)
OUTRA CONDIÇÃO OPERACIONAL	Partida, parada, funcionamento em carga reduzida, modo alternativo de operação, manutenção, mudança de catalisador, etc.

Quadro 10 – Palavras- Guia para utilização do HAZOP e desvios
Fonte – Alberton (1996, p. 32)

HAZOP						
Identificação de Perigos e Operabilidade						
Objeto da análise: sistema de aquecimento da carga para uma torre de destilação de petróleo					Órgão:	Folha:
Executado por:					Número:	Data:
Variável	Palavra Guia	Desvio	Causas	Consequencias	Medidas de Controle de Risco e de Emergência	
1. Vazão		Ausência de fluxo	Bloqueio indevido	Superaquecimento com possibilidade de rompimento dos tubos do forno	1 Instalar alarme de vazão baixa. 2 Elaborar procedimento operacional 3 Instalar sistema para corte de combustível por ocorrência de vazão baixa nos tubos do forno.	
1.1 nenhum						
1.2 mais		Vazão maior	Abertura indevida de controle	Possibilidade de desarme da bomba da carga por corrente elevada no motor, acarretando ausência de fluxo nos tubos do forno com possibilidade de coqueamento e/ou rompimento.		

Quadro 11 – Modelo de Formulário para execução do HAZOP
 Fonte – Cardella (2009, p. 140)

6.0 Conclusão:

O risco é inevitável, está em todo lugar a todo o momento. A melhor maneira de minimizar suas conseqüências é gerenciá-lo.

Uma boa gerência ou gestão dos riscos, principalmente relacionado à segurança e saúde do trabalhador, evita muitos gastos com indenizações, hospitalizações e etc. Conhecimento é muito importante para evitar maiores catástrofes.

Referências Bibliográficas

ALBERTON, Anete Técnicas de identificação de perigos, análise e avaliação de riscos. 2006. Dissertação de Mestrado (Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em <
http://www.eps.ufsc.br/disserta96/anete/index/indx_ane.htm>. Acesso em: 26 abr. 2010.

CARDELLA, Benedito. Segurança no Trabalho e Prevenção de Acidentes. São Paulo: Atlas, 2009.

BRASIL, Ministério do Trabalho, **Norma Regulamentadora nº 09 Programa de Prevenção de Riscos Ambientais**. Disponível em :<
http://www.mte.gov.br/legislacao/normas_regulamentadoras/nr_09_at.pdf> Acesso em: 24 abr. 2010.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 3214 de 8 de junho de 1978: **Normas Regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho**. In: Manual de Legislação Atlas de Segurança e Medicina do Trabalho, 49. ed, São Paulo: Atlas, 2001.

VALCANAIÁ, Isabel Cristina Riscos Ocupacionais em Ambientes de Trabalho: Estudo Aplicado aos berçários de Creches da Rede Pública de Cuiabá. 2010. Monografia (Especialização) - Faculdade de Arquitetura, Engenharia e Tecnologia da Universidade Federal de Mato Grosso, 2010. Disponível em <
http://cpd1.ufmt.br/eest/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=311&Itemid=99> Acesso em: 28 abr 2010.

_____. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. CETESB. Disponível em: <
<http://www.cetesb.sp.gov.br/emergencia/riscos/estudo/conceito.asp>>. Acesso em: 23 maio 2010.