

MAURO SÉRGIO KYRIAZI CAMPOS

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RISCOS APLICÁVEIS EM  
EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada em Engenharia da  
Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de MBA em  
Gerenciamento de Facilidades

São Paulo  
2008

MAURO SÉRGIO KYRIAZI CAMPOS

MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RISCOS APLICÁVEIS EM  
EDIFÍCIOS DE ESCRITÓRIOS

Monografia apresentada ao Programa de  
Educação Continuada em Engenharia da  
Escola Politécnica da Universidade de São  
Paulo para obtenção do título de MBA em  
Gerenciamento de Facilidades

Orientador:  
Prof. Dr. Renato Rocha Lieber

São Paulo  
2008

## FICHA CATALOGRÁFICA

Campos, Mauro Sérgio Kyriazi

Métodos de avaliação qualitativa de riscos aplicáveis em edifícios de Escritórios.

São Paulo, 2008.

Monografia - Programa de Educação Continuada em Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo

1. Análise de Risco 2. Risco (Gerenciamento) 3. Edifícios de Escritórios

## AGRADECIMENTOS

A toda minha família que soube entender meu afastamento por uns tempos.

Aos amigos, que me mantiveram afastado de convites e coisas chatas como jogos de futebol, truco e churrascos.

Ao orientador Prof. Dr. Renato Rocha Lieber por ter exigido que eu fizesse sempre o meu melhor. Obrigado pela paciência.

## **RESUMO**

O edifício de escritórios constitui um ambiente onde as pessoas trabalham mais de um terço do total das horas de seu dia. Nesse ambiente estão constantemente interagindo com outros colegas de trabalho, com sistemas de informação, com equipamentos diversos, com instalações, com todo o conteúdo do ambiente construído.

O objetivo dessa monografia é apresentar as principais técnicas existentes para acessar qualitativamente os riscos e verificar a possibilidade de aplicação ao ambiente de trabalho em edifícios de escritório.

Os resultados mostram que existem pelo menos 11 técnicas para análise de riscos e que algumas são mais simples de serem utilizadas pelo Gerente de Facilidades como a Árvore de Falhas, os Questionários de Verificação e o Método dos Cinco Passos.

## **ABSTRACT**

The office building is a place where people spend more than one third of their daytime. In such environment, they are constantly interacting with their co-workers, information systems, different equipment, installation and all content of the constructed environment.

The present monograph aims to present the main techniques for assessing, in a qualitative manner, the types of risks, and to verify the possibility of their application to the working environment in office buildings.

The evaluation shows that exist at least 11 techniques for risk analyses and that some are more easy to use by the Facility Manager such as Fault trees, Verification questionnaires and Five steps method.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 PLANO DE APRESENTAÇÃO.....	8
2. RECONHECENDO O RISCO.....	9
2.1 A Identificação de Riscos em bases gerais.....	12
2.2 Identificação dos riscos em termos específicos.....	14
3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA .....	17
3.1 Análise Preliminar de Perigos (APP).....	17
3.2 Análise de Modo de Falha e Efeito (FMEA).....	19
3.2.1 A definição do sistema.....	20
3.2.2 Modos de falha de um componente e suas causas.....	20
3.2.3 Campo de aplicação para o FMEA.....	22
3.3 Método do Diagrama de Sucesso.....	23
3.3.1 Construção do Diagrama de Sucesso.....	23
3.4 Árvore de Falhas.....	25
3.4.1 Princípios de funcionamento de uma Árvore de Falhas.....	25
3.5 Método da tabela de verificação.....	29
3.6 Método da Combinação de Erros Simultâneos (MCES).....	30
3.7 Método da Árvore de Conseqüências.....	31
3.7.1 A elaboração de uma Árvore de Conseqüências.....	32
3.8 Método do Diagrama de Causa-Conseqüência.....	34
3.8.1 Exemplo de um Diagrama de Causa-Conseqüência.....	34
3.9 Imprevidência Administrativa e Árvore de Risco (MORT).....	36
3.10 Questionários de Verificação.....	38
3.11 Método dos Cinco Passos do Centro de Saúde e Segurança do Reino Unido.....	39
4. CONCLUSÃO.....	42
5. ANEXO.....	45
6. LISTA DE REFERENCIAS.....	48
7. LISTA DE FIGURAS.....	51

## 1. INTRODUÇÃO

O edifício de escritórios constitui um ambiente onde as pessoas trabalham mais de um terço do total das horas de seu dia. Nesse ambiente estão constantemente interagindo com outros colegas de trabalho, com sistemas de informação, com equipamentos diversos, com instalações, com todo o conteúdo do ambiente construído.

O objetivo dessa monografia é apresentar o levantamento realizado sobre técnicas existentes para levantamento qualitativo dos riscos e verificar a possibilidade de aplicação ao ambiente de trabalho em edifícios de escritório.

As ferramentas mais comuns disponíveis para o levantamento de riscos existentes na bibliografia consultada serão analisadas do ponto de vista da viabilidade de seu uso e a abrangência da aplicação dentro das limitações encontradas. Isso será feito através de pesquisas bibliográficas nas bases disponíveis para consulta acadêmica, livros, jornais, revistas e sítios na web, apresentação e crítica das ferramentas e conclusões a partir de uma análise qualitativa do levantamento.

O Gerenciamento de Crises, que é uma etapa do Gerenciamento de Riscos e vem ganhando importância e destaque atualmente devido aos últimos acontecimentos de 11 de Setembro de 2001, Furacões, Terremotos, Tsunamis, etc que assolam e assolaram o mundo.

Para que um gerenciamento de crises possa ser eficiente uma das etapas iniciais é justamente o Levantamento de riscos (ADAMS, 2002). A FEMA (Federal Emergency Management Agency) dos Estados Unidos da América, um dos órgãos mais atuantes do gerenciamento de crises, coloca em seu manual de procedimentos de crise um grande destaque para a etapa de reconhecimento de riscos como fundamental para a elaboração de um plano que faça uma cobertura consistente dos eventos numa ocorrência de crise

FEMA, 1996). Isso reforça a idéia de que um levantamento de riscos bem elaborado e conduzido é essencial às demais etapas do gerenciamento de riscos.

As atividades humanas sempre estiveram associadas a incertezas e um dos períodos mais desafiadores de sua história foi o dos primórdios das navegações, naquela época se acreditava que a terra era plana e não se sabia o que iria ser encontrado mais à frente e tão pouco se voltariam para casa.

O comércio europeu, naquela época, séculos de XII a XVI era fortemente baseado nos intercâmbios marítimos. Como havia grande incerteza no regresso de uma embarcação e os investimentos eram altos surgiram contratos como forma de seguro onde o termo risco já aparecia.

Outros empregos de risco também podem ser encontrados no uso militar como na expressão árabe rizq, que significava “ração diária” e era o pagamento dos soldados naquela época (LIEBER, 2002). É fácil compreender que risco nasceu das relações entre o incerto e o sucesso e que era uma forma de se compartilhar os prejuízos e de se dividir os resultados de uma empreita, é um ganhar e perder ao mesmo tempo. Já na era moderna, risco virou sinônimo para perigo, com uma conotação negativa. (LIEBER, 2002).

Para BECK (1986, apud LIEBER, 2002), risco seria algo mais ou menos inevitável, mas previsível e administrável.

Risco é a combinação das chances de ocorrência de algum evento indesejável e suas conseqüências dentro de um contexto dado (BLOCKLEY, 1992).

Elementos essenciais da conceituação de risco são a frequência, a magnitude e o contexto. A probabilidade se refere à frequência de ocorrência de um evento indesejável, que é um elemento inseparável do risco, ou seja, para todo risco há uma probabilidade

associada e que é calculável por diferentes maneiras. Blaise Pascal em 1654 foi o primeiro a propor os princípios da probabilidade e também a argumentar que mais importante do que a probabilidade de um evento em si é a consequência da decisão que tomamos a partir desse conhecimento pois vamos ter que conviver com essa decisão (BERNSTEIN, 1998).

O evento, sua frequência e sua magnitude acontecem dentro de um contexto, e o contexto é a delimitação do universo onde ocorre o evento, é ele quem determina a magnitude das consequências (LIEBER, apostila do curso de Gerenciamento de Facilidades, 2004).

O trabalho apresentado nessa monografia pretende responder ao questionamento sobre se há um conjunto de ferramentas que permita um levantamento qualitativo dos riscos num edifício de escritórios e sua viabilidade de aplicação.

De maneira precipitada, se poderia responder que, se for para saber resolver as questões relacionadas à prevenção e combate a incêndio, por exemplo, isso é muito bem conhecido e evidentemente existem tais ferramentas, normas, instruções, etc. Mas na verdade não é só isso, numa edificação de escritórios não são só esses os riscos existentes e um levantamento feito corretamente deveria expor os demais riscos da edificação.

Todos os profissionais, que têm como responsabilidade o gerenciamento de riscos numa edificação devem percorrer algumas etapas para cumprirem o seu papel como gestores e sem sombra de dúvidas a primeira delas é a etapa de conhecer aquilo que se quer gerenciar, ou seja, conhecer o risco. É óbvio que alguns riscos são de conhecimento de todos e possuem modernas técnicas de prevenção, minimização e planos de gerenciamento. Contudo existem outros riscos numa edificação que nem sequer se conhecem, outros que, embora já se tenha ouvido falar, não parecem, a primeira vista, de alguma importância.

E por fim existem aqueles capazes de causar perdas subjetivas, como imagem de qualidade e ética de uma empresa, segurança e respeitabilidade de um fornecedor e tantas outras. Dessa forma, o trabalho proposto visa a atender o propósito de explorar outras faces do reconhecimento de riscos em ambientes de escritórios.

Neste trabalho não serão abordadas questões relativas às técnicas de tratamento de riscos, ou seja, a etapa posterior ao reconhecimento.

Considerando-se o ambiente de trabalho no edifício de escritórios, para que se possa exercer atividades de trabalho, as facilidades são necessárias, isto é, salas, sanitários, escadas, chão, teto e paredes, as partes físicas e também os sistemas, iluminação, tomadas elétricas, ar condicionado, elevadores, alarmes, hidrantes, sinalização, sem esquecer os móveis, computadores, telefones, projetores, copiadoras, máquinas de café, etc.

Várias tecnologias estão envolvidas para que o homem consiga criar esses edifícios e depois supri-los com tudo aquilo que é necessário para que, diariamente, possa trabalhar, gerando riqueza para a empresa. Tudo que foi listado acima apresenta em maior ou menor frequência um risco e portanto deve ser levantado.

A motivação para que se queira tratar os riscos do ambiente de trabalho está associada aos fatos de que este se constitui no principal local onde acidentes e mortes acontecem e também por que o Gerente de Facilidades se pergunta por onde começar, que ferramentas utilizar e como fazer para levantar os riscos.

Por exemplo, dados de 1998 mostravam que todo ano 120 milhões de pessoas no mundo sofreram acidentes no ambiente de trabalho e que 220 mil perderam a vida segundo a Organização Mundial de Saúde (RISK ANALYSIS CENTER, 1999).

Um estudo no Canadá em 1998, por exemplo, demonstrou que 25% das causas de câncer daquele país estavam relacionadas à exposição das pessoas à radiação, agentes químicos e outras substâncias presentes no ambiente de trabalho. Além disso, também estão na lista dos riscos os males dos escritórios como lombalgias, fadiga visual, etc (RISK ANALYSIS CENTER, 1999).

Muitos definem a segurança ou seguro como: Livre de riscos inaceitáveis. O que leva a perguntar o que é, então, aceitável. O aceitável permite algumas graduações, e é necessário lidar com elas, pois fazem toda a diferença, por exemplo, um serralheiro pode errar o corte de uma peça em 1 centímetro e não ter um encaixe tão perfeito (falha aceitável), porém se uma peça com erro de 1 centímetro, num foguete, ficar com um mau encaixe pode provocar a explosão e destruição completa deste.

Percebe-se que a condição de “falha inaceitável” vai depender do que está sendo tratado e de quanta complexidade está presente e não da falha propriamente dita.

O conceito que as pessoas têm sobre risco e segurança é profundamente afetado por componentes de cultura, relacionamento social, experiências passadas, informações da mídia etc (MODARRES, 1993).

É perfeitamente compreensível, então, que as pessoas não se detenham nas atividades corriqueiras para reparar em algo que está lá, bem diante dos olhos de todos, com um risco relativamente maior do que outras atividades como atravessar a rua, andar de bicicleta ou de carro e então se tem a falsa sensação de que o mundo, “protegido”, do edifício, pode guardar a todos da insegurança que fica do lado de fora quando adentram esse ambiente.

O Edifício, do ponto de vista de engenharia, difere dos artefatos ou bens de massa. Faz sentido, para um bem de massa, fazer testes e construir protótipos para se obter informações e melhorar seu projeto (muitos são testes destrutivos). Contudo o bem

único, como o edifício, não possui escala econômica para isso e portanto não se obtêm tanta informação fora do laboratório (BLOCKLEY,1992).

Após o ocorrido em 11 de setembro de 2001 muitos especialistas em gerenciamento de riscos no mundo todo voltaram seus olhos para o risco terrorista e muitas edificações tiveram que rever seus planos (LEE, 2002).

As vulnerabilidades em termos de segurança física e estrutural da edificação terão que ser revisitadas pelos engenheiros e arquitetos e o gerenciamento de riscos viverá uma nova fase de expansão e importância nas nações onde o risco terrorista é mais acentuado. O passo inicial nessa ação, o mais importante, é um bom levantamento de riscos, o qual requer tempo, paciência e tem comprometimento com o correto detalhamento (LEE, 2002).

O capítulo 2 apresenta o conceito de risco e as condições de identificação de perigos. O capítulo 3 resume os métodos encontrados. O capítulo 4 apresenta a conclusão.

## 2. RECONHECENDO O RISCO

Partindo do princípio de que o risco está sempre associado a uma decisão se pode perceber que todos os dias as pessoas tomam decisões que são baseadas na capacidade imediata de reconhecer riscos e decidir sobre o que fazer e o que não fazer.

Os negócios de uma empresa são baseados no futuro, mas não se conhece o futuro. No gerenciamento dos negócios de uma empresa o tempo todo decisões são tomadas baseadas em riscos que se conhece ou não se conhece mas não há como ficar parado (BERNSTEIN, 1998).

Pode-se dar um exemplo muito simples presente na vida cotidiana: Atravessar a rua: No ato de olhar para os dois lados antes de atravessar se está reconhecendo o risco, avaliando sua probabilidade e entre um carro e outro, calculando mentalmente o tempo que se vai levar para percorrer a largura da rua e comparando com a velocidade dos carros e a distância que eles estão, tudo isso em um milésimo de segundo, então ocorre a decisão de se atravessar a rua. Ninguém vai ficar parado na calçada eternamente.

Uma decisão tem melhor qualidade quando está suportada por uma melhor avaliação dos riscos ligado à ela. Por outro lado, dado um mesmo perigo, pessoas têm idéias diferentes e reconhecem o risco de forma diferente, por isso decidem diferente.

Segundo MODARRES (1993), a percepção do risco é um julgamento subjetivo e as crenças sobre eventos de pequena probabilidade de ocorrer, mas de conseqüências catastróficas, influenciam o entendimento dos resultados de uma análise de riscos.

Para GOULD (1996, apud BERNSTEIN 1998) as probabilidades não são determinantes exatas do que vai ocorrer pois a variabilidade dos indivíduos faz com que não haja uma história igual à outra, a natureza toda varia e evoluiu tal como expresso pelo Darwinismo

e portanto no seu pensamento o risco assume probabilidades próprias para cada indivíduo.

Até mesmo a mesma pessoa, em tempos diferentes, está sujeita a ter diferentes percepções sobre o risco. Essas percepções, não importa se acuradas e racionais ou não, são, por si só, importantes fatores na construção da imagem do risco (HEAD, 2004).

O levantamento qualitativo dos Riscos é uma das primeiras etapas que compõe o Gerenciamento de Riscos e precede o plano de gerenciamento em si.

Através da avaliação qualitativa de riscos se conseguirá apresentar o problema, ou seja, conhecer os riscos ou perigos sob os quais se devem lançar os olhares mais profundamente. Após a Identificação de Perigos se deve avaliar a magnitude e a freqüência e então haverá como resultado final a Caracterização do Risco.

Esquematisando:

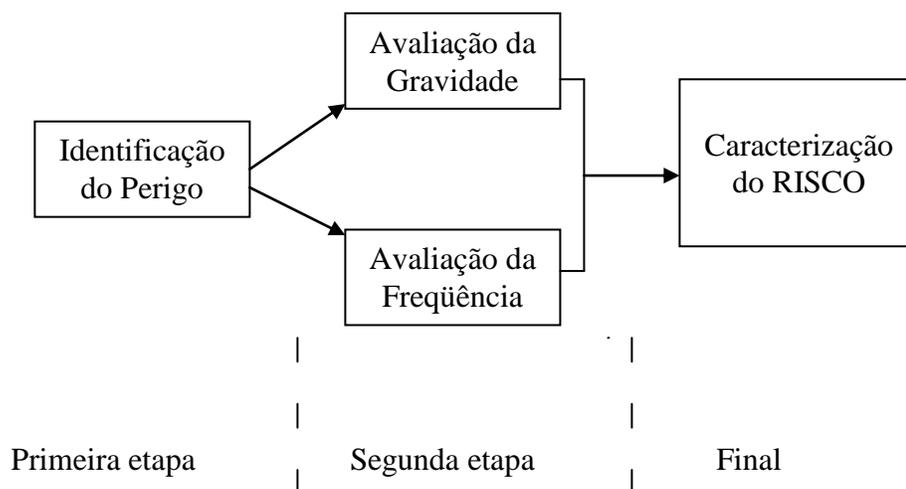


Fig. 1  
Esquema simplificado das etapas iniciais da caracterização do risco

A identificação de riscos deve acontecer em bases regulares durante o ciclo de vida do empreendimento, ou seja, não é um processo realizado uma única vez numa única etapa (PRITCHARD, 1997).

*“O levantamento de riscos é determinar o que, em termos de pessoas, propriedade e processos, é vulnerável ao impacto de cada potencial evento indesejável que tem a possibilidade de ocorrer” (LEVITT, 1997)*

## **2.1 Identificação dos riscos em termos específicos**

Segundo BLOCKLEY (1992); PRITCHARD (1997) e VILLEMEUR (1992), a identificação de riscos estabelece algumas condições:

a) Os objetivos da Identificação de Riscos são:

- Identificar os riscos significativos associados a um empreendimento Incluindo seus fatores de risco associados:
  - Bens que estão em risco;
  - O Processo do Negócio que está em risco;
  - Ameaças a estes Bens e Processos de Negócios;
  - Vulnerabilidades associadas a estas Ameaças;
- Identificar riscos internos e externos ao empreendimento
- Comunicar os riscos identificados
- Permitir a rastreabilidade e o reuso dos riscos identificados

b) A Identificação de riscos envolve a participação dos membros do empreendimento de uma maneira interativa, paralela, programada e constante para:

- Identificação do escopo do gerenciamento de risco;
- Criação de um diagrama do contexto a ser estudado;
- Encontrar a fronteira da atividade do gerenciamento de riscos;
- Encontrar os fatores de risco externos e internos;
- Identificar fatores de risco;

- Identificar todos os bens que estão sob risco;
- Aplicações de:
  - Sistemas
  - Software
  - Componentes de:
    - Hardware
    - Software
  - Arquivos
  - Pessoas
  - Documentação (políticas, procedimentos e manuais).
  - Facilidades
  - Suprimentos (formulários, mídia magnética, toner, cartuchos, etc).
  - Finanças
- Intangíveis:
  - Usuários e clientes
  - Reputação e imagem da empresa
  - Responsabilidades da empresa

c) A identificação de riscos só termina quando as seguintes condições forem atendidas:

- Todos os riscos (internos e externos) significativos forem identificados incluindo:
  - Bens que estão em risco
  - O Processo do Negócio que está em risco
  - Ameaças a estes Bens e Processos de Negócios
  - Vulnerabilidades associadas a essas Ameaças
- Todos os envolvidos tiverem participado com suas percepções.

d) A Identificação de riscos pode se desenvolver com a utilização das seguintes técnicas entre outras:

- Técnicas de reconhecimento de riscos descritas neste trabalho;

- Check-lists dos riscos e seus fatores;
- “Tempestade de palpites” dos riscos e seus fatores;
- Times multifuncionais para prover vários pontos de vista e construir uma lista de riscos e seus fatores;
- Consulta a estudos sobre a literatura de identificação de riscos e planos de gerenciamento de risco já existentes;
- Entrevistas com os usuários, clientes e especialistas do empreendimento;
- Desenvolvimento paralelo dos riscos com outras tarefas e outros times;
- Reuso dos riscos identificados previamente.

e) Resultados esperados de uma identificação de riscos

A Identificação de riscos resulta na produção de todos ou parte dos seguintes itens:

- Um diagrama de contexto informal dos potenciais fatores de risco;
- Uma lista informal não priorizada de potenciais fatores de risco;
- Bens e processos de negócios sob risco;
- Ameaças a esses bens e processos de negócios;
- Vulnerabilidades dessas ameaças.

f) Essas informações podem ser arquivadas num banco de dados de gerenciamento de riscos ou documentadas num programa de gerenciamento de riscos.

### 3. MÉTODOS DE AVALIAÇÃO QUALITATIVA:

#### 3.1 Análise Preliminar de Perigos (APP)

Conforme VILLEMEUR (1992), a APP nasceu nos EUA, na década de 60, como ferramenta de análise de segurança do combustível propelente de mísseis. Posteriormente a companhia Boeing de aviação passou a utilizar essa ferramenta na indústria aeronáutica e seguiram-se aplicações feitas por outros seguimentos como o da indústria química.

A APP objetiva identificar os perigos presentes em instalações industriais e suas causas, bem como reconhecer a magnitude das situações perigosas. Numa etapa posterior os perigos levantados deverão ser tratados, controlados ou eliminados.

Para se utilizar a APP é necessário conhecer três conceitos: O elemento perigoso, a situação de perigo e o potencial acidente. O elemento perigoso, por exemplo, líquido inflamável, deve entrar em contato com algo como uma chama para que se tenha uma situação de perigo como um incêndio. Disso resultará um potencial acidente, por exemplo, mortes de pessoas.

Conforme se encontra descrito em VILLEMEUR (1992), a APP é feita através do uso de um check list para os elementos de perigo e as situações de perigo que levam a um potencial acidente. O resultado da aplicação desse check list é apresentado na tabela que contém nas colunas as seguintes noções:

- Sistema ou função - (identifica o que se está estudando);
- Fase - (identifica a fase ou modo de utilização do sistema);
- Elementos Perigosos - (identifica o elemento que possui um perigo intrínseco);
- Eventos que causam a situação de perigo - (identifica a situação, condição, falhas e erros que podem se transformar num elemento perigoso em uma situação de perigo);

- Situação de Perigo - (identifica a situação de perigo que resulta da interação do elemento perigoso e o sistema após a ocorrência de um evento);
- Eventos que levam a um potencial acidente - (identifica as condições, falhas e erros que podem levar um elemento de perigo a se tornar um potencial acidente);
- Potencial Acidente - (identifica o potencial acidente que pode resultar de uma situação perigosa após a ocorrência de um evento)
- Efeitos ou Conseqüências - (identifica os efeitos ou conseqüências de um potencial acidente quando ocorre)
- Classificação em ordem de severidade - (identifica a severidade pela escala: menor, significante, critico e catastrófico);
- Medidas de prevenção - (lista de ações para eliminar ou controlar os perigos identificados na tabela);
- Implementação das medidas de prevenção - (coleta de informações para se implementar as medidas de prevenção).

Sistema ou função	Fase	Elementos Perigosos	Eventos que causam a situação de Perigo	Situação de Perigo	Eventos que levam a um potencial acidente	Potencial Acidente	Efeitos	Severidade	Medidas de Prevenção	Implementação das medidas de prevenção

Exemplo da Tabela. Conf. VILLEMEUR, 1992.

## Exemplo de Check-list da industria aeronáutica

## Elementos Perigosos

- Combustível
- Explosivos
- Baterias
- Vasos de pressão
- Geradores de gases e eletricidade
- Bombas
- Aquecedores
- Elementos nucleares

## Situações de Perigo

- Aceleração
- Corrosão
- Oxidação
- Explosão
- Fogo
- Calor e temperaturas altas
- Radiação
- Vibrações

A APP deve ser aplicada desde as primeiras fases de projeto sob as primeiras informações disponíveis sobre a planta e deve ser atualizada ao longo dos anos de vida da facilidade. Como ferramenta de análise preliminar a APP deve ser complementada posteriormente por outras ferramentas de reconhecimento de riscos para que se possa aprofundar o entendimento sobre os pontos levantados.

### **3.2 Análise de Modo de Falha e Efeito (FMEA)**

Esse método nasceu na indústria aeronáutica americana na década de 60 e depois se tornou comum em outros segmentos industriais.

Tanto nos EUA como na França faz parte atualmente dos códigos e estudos de segurança de construção de aeronaves e tem sido utilizado em projetos franceses como o Concorde e o Airbus. Também foi recomendado para utilização em plantas nucleares de geração de energia e consta dos padrões da indústria militar americana US MIL-STD-1629A(1980) conforme BURRI (2003), já tendo sido também normalizado internacionalmente pelo IEC (International Electrotechnical Commission) (VILLEMEUR, 1992).

Como descrito em MODARRES (1993), o FMEA consiste em analisar as causas e efeitos das falhas que atingem os sistemas e busca reconhecer a maneira como a falha afeta a segurança, manutenção e confiabilidade desses sistemas ou componentes, é indutivo e pode ser utilizado desde o desenvolvimento até a operação dos sistemas.

Segundo LEWIS (1996), o método é basicamente de natureza qualitativa, embora alternativamente possam ser atribuídas estimativas de probabilidades de falha durante a análise.

Conforme afirma FERRY (1998) o método mostra que a falha é vista como fazendo parte do sistema e é então rastreada através do sistema enquanto que os efeitos dessa mesma falha são avaliados do ponto de vista do desempenho da função do sistema.

Para se proceder a uma análise de FMEA deve-se definir o sistema através de suas funções e componentes, explicitar como um componente falha e suas causas, estudar

os efeitos das falhas dos componentes e por fim fazer conclusões e recomendações. A seguir as etapas de construção serão apresentadas:

### **3.2.1 A definição do sistema:**

Primeiro é necessário descrever as principais funções do sistema e seus modos de operação, assim como suas limitações (incluem-se seus componentes). Também faz parte uma especificação da operação do sistema e componentes e do ambiente a que estão submetidos. Não se deve esquecer de listar todos os possíveis estados do sistema como parado, funcionando, em espera, em manutenção, em teste, etc.

### **3.2.2 Modos de falha de um componente e suas causas:**

Para identificar como cada componente do sistema falha e suas causas se deve observar atentamente cada um deles em cada um dos diferentes estados do sistema. Assim, ao observar o efeito que a falha produz no sistema, se está observando o modo de falha do componente.

Um a um vão sendo listados e já deverão ter suas causas relacionadas também. Numa primeira abordagem do sistema e sem experiência é fácil confundir modos de efeitos com modos de causas e somente a título de facilitar o entendimento e de acordo com VILLEMEUR (1992), os modos de falhas são os efeitos que advêm das causas das falhas.

Em VILLEMEUR (1992), encontra-se uma lista mínima de modos de falhas que devem ser consideradas ao inventariar um sistema:

Modo de falha:

- Operação prematura ou inadvertida
- Falha em operar num tempo pré-determinado
- Falha de cessar operação num tempo pré-determinado
- Falha durante operação

Também existem listas de modos de falha genéricas que podem ser utilizadas para ajudar a se executar um inventário num sistema (VILLEMEUR, 1992, p. 110).

Após conhecer o modo de falha, deve-se imediatamente reconhecer a causa, se interna ou externa ao sistema ou componente. As externas são aquelas que têm a ver com as relações entre o componente e o ambiente em que está. As internas estão relacionadas às partes dos componentes.

O Estudo deve ser profundo o bastante para que o efeito do modo de falha seja reconhecido e descrito de forma que para cada estado de operação um modo de falha é caracterizado e pode ser definido.

A definição do efeito no sistema deve ser feita através de uma classificação crítica, isto é, que represente a magnitude. Em LEWIS (1996), se encontra a classificação dada no MIL-STD-1629A (Military Standard do Exército dos Estados Unidos da América) dos efeitos no sistema em termos de magnitude:

- Insignificante: Perda de uma função que não tem efeito no sistema
- Marginal: Um erro que fará o sistema deteriorar mas não causará sua inoperância
- Crítico: Um erro que tornará o sistema inoperante
- Catastrófico: Um erro que além de tornar o sistema inoperante causa ferimentos ou morte ou ainda destruição de alguma instalação ou equipamento

Em alguns casos um especialista pode ser convidado a descrever o fenômeno físico que se está estudando para ajudar a melhorar a interpretação das observações. Para que não se perca o estudo é importante saber até onde é preciso ir e nesse caso pode-se definir que um FMEA para um componente deve seguir até se reconhecer os efeitos nos componentes vizinhos a ele.

Uma forma de representação dos estudos é uma tabela onde aparecem as colunas referentes as etapas/processos levantados. Como o exemplo de tabela utilizada na Eletricité de France.

Identificação do componente (nome, código, tipo, localização)	Funções, estados	Modos de Falhas	Possível causa (interna, externa)	Efeitos no sistema	Efeitos em sistemas externos	Meios de detecção e alarme	Frequência de testes e inspeções	Comentários

Conf. VILLEMEUR (1992)

Para propor as recomendações finais, a análise através de um FMEA deve ter percorrido todas as suas fases e ter garantido a identificação de cada um dos modos de falha presentes no sistema ou componentes. Assim será possível melhorar o projeto do sistema, identificar necessidades quanto a redundâncias e alarmes, escolher os procedimentos para manutenção do sistema e como consequência última reduzir os riscos relacionados ao sistema.

### 3.2.3 Campo de aplicação para o FMEA

Pode ser utilizado preferencialmente na fase de projeto, assim que as primeiras informações estão disponíveis, contudo pode ser empregado em sistemas já operando ou em fabricação.

Durante o estudo acontece um grande diálogo entre quem estuda e quem projeta e isso é o que aprofunda o conhecimento e melhora o desempenho do sistema ou componente. Desta forma o FMEA, ao listar e agrupar, através de tabelas, os dados do estudo ajuda ao analista a levar em conta a confiabilidade, segurança, disponibilidade e procedimentos de detecção relacionados ao sistema e que servem de base de construção para procedimentos de intervenções em acidentes.

Contudo, por se tratar de um método que analisa um modo de falha por vez, é um pouco limitado e demorado para ser utilizado em sistemas onde mais de um modo de falha pode ocorrer simultaneamente.

Um método que surgiu como extensão ao FMEA é o FMECA (Failure Mode and Effect Criticality Analysis) que agrega um tratamento quantitativo das falhas levantadas e serve como complemento ao FMEA por estabelecer uma relação de probabilidade e severidade para as falhas tratadas no FMEA.

### **3.3 Método do Diagrama de Sucesso**

É um método antigo e que foi introduzido nos anos 60, àquela época foi um dos primeiros métodos a analisar os sistemas do ponto de vista da confiabilidade. Com o passar do tempo foi sendo demonstrado que seu uso para análises de segurança não era muito adequado e rapidamente foi substituído pelo FMEA como ferramenta analítica.

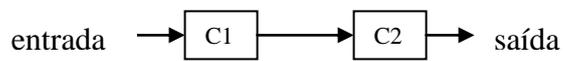
Contudo ainda é utilizado em algumas indústrias para análises em sistemas, principalmente os não reparáveis (VILLEMEUR, 1992)

#### **3.3.1 Construção do Diagrama de Sucesso**

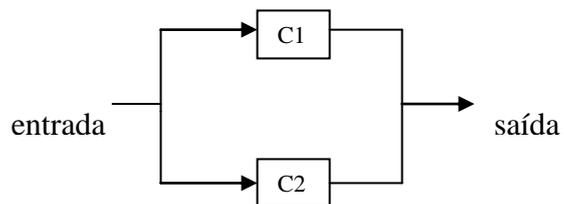
A representação de um diagrama de sucesso é feita utilizando-se blocos que representam o componente do sistema ou sua função no sistema, ou ainda um evento.

As linhas que ligam os blocos são as relações entre os componentes e todo diagrama representará uma entrada e uma saída do sistema.

Desta forma para representar uma falha que ocorre porque um sistema ou componente falhou é usado um diagrama em série:



Para representar uma falha que ocorre somente se dois componentes falharem é utilizada a representação em paralelo:



O Diagrama de sucesso deve ser elaborado e desenvolvido a partir de uma análise das funções dos componentes e conhecimento do modo como o funcionamento de um depende do funcionamento do outro.

Pelos diagramas acima, se tem que, no caso da representação em série se C1 ou C2 falharem, então não haverá saída.

Já para o diagrama seguinte, em paralelo, se C1 ou C2 falharem, ainda há saída, só não ocorrerá se C1 e C2 falharem ao mesmo tempo.

Através da representação de um sistema pelo diagrama de sucesso é fácil observar os caminhos críticos dentro de sistema e permite avaliar onde é necessário colocar redundâncias, alarmes e detecções, fazer testes e aprimorar a manutenção. Assim, quando não for requerida uma análise profunda de um sistema, o método do diagrama de sucesso pode ser empregado facilmente e rapidamente (VILLEMEUR, 1992).

### **3.4 Árvore de Falhas**

Esse método, como já mencionado na introdução, surgiu no início dos anos 60 nos laboratórios de telefonia das indústrias Bell (telecomunicações, automação, etc) nos EUA, seguindo seu uso e desenvolvimento pela Boeing (construtora de aviões) e, posteriormente a 1965, após a apresentação em simpósios, o método foi amplamente divulgado ganhando espaço de aplicação em diversos seguimentos industriais.

Segundo VILLEMEUR (1992), sua aplicação e divulgação em vários artigos e trabalhos acabaram fazendo com que fosse utilizado amplamente nos estudos de confiabilidade, segurança, investigação de acidentes e avaliações diversas, o que tornou esse método muito popular até os dias de hoje.

O método pode então ser utilizado para investigação de eventos que ocorreram, para que se determine suas causas primárias, ou melhor, para verificar as causas que podem levar a um evento indesejado.

De uma forma geral, a simples construção da árvore leva o analista a uma compreensão maior do sistema e das falhas que podem ocorrer, possibilitando encontrar maneiras de se reduzir perigos potenciais (VILLEMEUR, 1992).

De acordo com RAFTERY (1994), essa análise disciplina o gerenciamento do sistema uma vez que obriga o analista a pensar em termos de como o sistema pode falhar e como os subsistemas ou componentes interagem. Com isso, se pode pensar em formas de reduzir o risco associado à combinação de falhas de componentes, erros de operação, etc.

#### **3.4.1 Princípios de funcionamento de uma Árvore de Falhas**

A Árvore de Falhas é um processo dedutivo, seu princípio é a representação gráfica de seqüências que levam a um evento indesejado. Essa representação usa uma simbologia gráfica assemelhada a uma árvore.

Partindo-se de um evento único que não se quer que ocorra são analisadas as etapas anteriores que, se deflagradas, levam a esse evento indesejado.

Conforme BEDFORD; COOKE (2003), a Árvore de Falhas utiliza a lógica reversa, tomando um evento último de uma seqüência (evento indesejado) e voltando-se a cada etapa anterior e fazendo-se a associação entre eventos através da lógica matemática. Logicamente, o método pode ser usado tanto para um evento que não ocorreu verdadeiramente (evento indesejado) como para investigar um evento já ocorrido.

De uma forma geral, se pode dizer que, dado o evento único que se queira analisar, é possível, através de um julgamento e conhecimento sobre o sistema estudado, dizer sobre o que vem antes.

Estabelece-se a etapa anterior, a qual será conectada ao evento do topo em forma de nós lógicos e assim sucessivamente, baixando os níveis de eventos associados até se chegar aos eventos básicos ou primários da análise.

Estes são geralmente as falhas de equipamentos, erros humanos, problemas de software, má operação de um procedimento, etc.

De acordo com FERRY (1998), os componentes desse sistema são ditos como operando propriamente ou não operando propriamente. Segundo sua definição, não há operação parcial ou degradada, qualquer coisa diferente de uma operação correta é considerada uma falha. I

sso é devido à lógica que permite somente dois estados para o sistema (sim ou não, verdadeiro ou falso).

Desta forma o sistema não permite situações intermediárias de funcionamento de seus componentes ou subsistemas.

Logicamente, isso pode dificultar para o analista a modelagem de situações e que mais de um estado de funcionamento é requerido, por exemplo, uma bomba pode fornecer baixa pressão, pressão normal, alta pressão ou nenhuma pressão (BEDFORD; COOKE, 2003).

Ainda segundo MODARRES (1993) a árvore de falhas não necessariamente contém todas as possíveis falhas do sistema estudado mas somente aquelas que contribuem para a ocorrência do evento indesejado apontado.

Dessa forma é importante ressaltar que a inclusão de eventos e suas falhas não são arbitrárias, mas é devido a lógica de construção da árvore de falhas e é influenciado pelo projeto do sistema, operação e histórico de falhas, além da experiência e propósito do analista.

É importante tomar um exemplo simples para ilustrar o que foi apresentado até aqui: Por exemplo, o caso de um sistema de abertura de um portão e o evento indesejado como sendo “o portão não abre quando apertamos o botão ABRIR”.

As causas para isso, que se pode avaliar, são:

- O botão emperrou ou quebrou
- Falta de eletricidade
- O disjuntor abriu
- O motor queimou

A representação do esquema é:

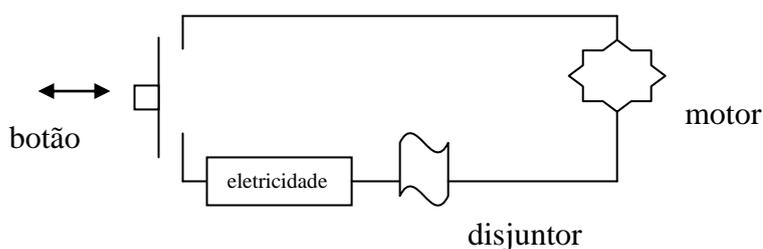


Fig. 2  
Esquema simplificado de representação do evento “portão não abre”.

A árvore que pode ser montada é a seguinte:

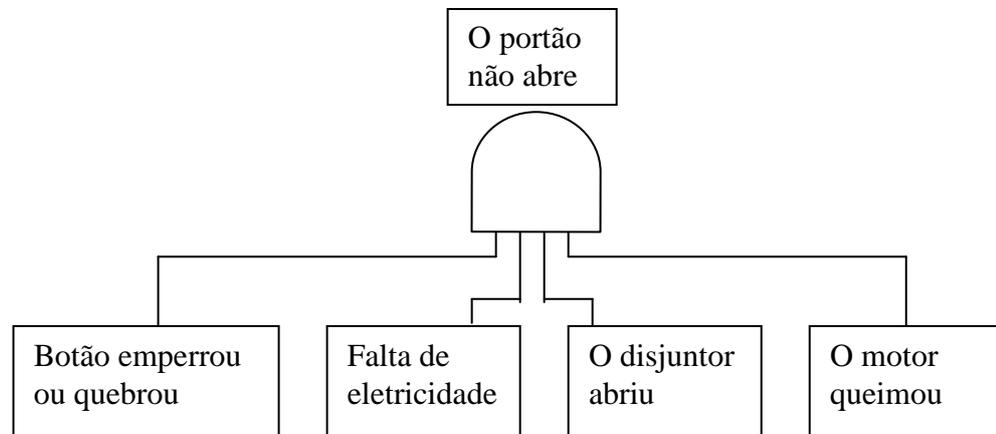


Fig. 3  
Árvore de falha montada para o exemplo "Portão não Abre".

Nessa árvore de falhas basta que ou uma ou outra causa básica ocorrendo é suficiente para que o evento indesejado "portão não abre" ocorra. A lógica utilizada é  $\boxed{\text{OU}}$ .

Outro exemplo: "O transbordamento do tanque"

As causas para isso, que se pode avaliar mais rapidamente, são:

- Excesso de água
- Ralo com sujeira

A árvore que pode ser montada é a seguinte:

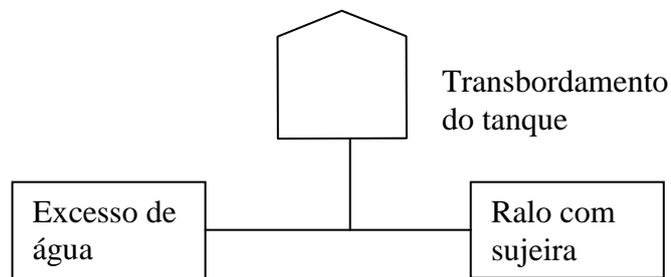
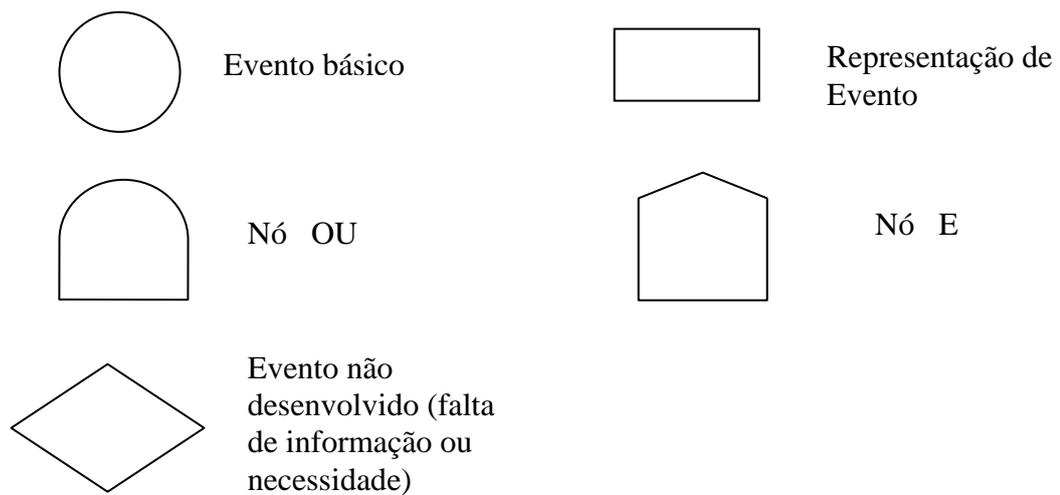


Fig. 4  
Árvore de falha montada para o exemplo "Transbordamento do Tanque".

Ou seja, para ocorrer o evento indesejado, transbordamento do tanque, deve ocorrer excesso de água no tanque  $\boxed{E}$  o ralo deve estar com sujeira, dificultando o escoamento.

Existem muitas outras lógicas além de  $\boxed{OU}$  e  $\boxed{E}$  para os eventos básicos e também a simbologia referente aos outros nós lógicos, conforme abaixo.



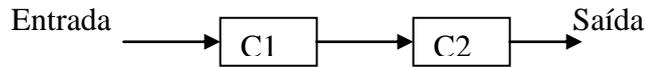
Para que se possa utilizar a ferramenta da árvore de falhas é preciso previamente definir alguns termos que são utilizados e compreender melhor como usa-los.

### 3.5 Método da tabela de verificação

Esse método é bastante utilizado em sistemas elétricos e eletrônicos pelas possibilidades de se combinar estados de operação e falhas.

Consiste em listar os modos de falhas e estados de falha do sistema ou componente numa tabela onde zero corresponde ao estado “operando” e corresponde ao estado “falha”. Para demonstrar a forma de construção há o diagrama abaixo ilustrando dois diagramas de sistemas, um em série e outro em paralelo.

Diagrama em série

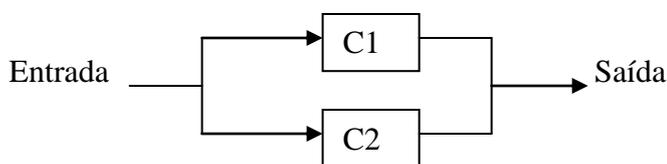


C1	C2	Resultado
0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

Fig. 5

Representação do diagrama em série e da tabela de verificação

Diagrama em paralelo



C1	C2	Resultado
0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

Fig. 6

Representação do diagrama em paralelo e da tabela de verificação

O método da tabela de verificação é extremamente simples de usar e muito útil para ser usado em sistemas onde se deseja estudar as várias possibilidades de combinação entre os componentes e suas falhas. Suas limitações aparecem quando se deseja tratar sistemas com muitos componentes e inter-relações pois o número de possibilidades de combinação seriam grandes e o método se tornaria impraticável.

### 3.6 Método da Combinação de Erros Simultâneos (MCES)

Esse método vem complementar uma análise de Análise de Modo de Falha e Efeito (FMEA) pois como aquele é desenvolvido para uma falha por vez é necessário uma forma de se combinar todas as falhas apontadas pelo levantamento. Esse método nasceu na França e foi utilizado pelas empresas e o governo francês durante o desenvolvimento do AIRBUS e do CONCORDE (aviões de carreira).

O MCES compreende 4 passos para seu desenvolvimento e aplicação:

- Passo 1 – Aplicar um FMEA para cada componente ou sistema que se está estudando;
- Passo 2 – Determinar as falhas internas simultâneas agrupando os mesmos modos de falha para os erros listados. Ou seja, identificar aqueles modos de falha que

podem ser agrupados em apenas um por terem como consequência o mesmo erro. Correspondem aos modos de falhas gerados somente por erros internos.

- Passo 3 – Determinar as falhas internas geradas por erros externos que levam o sistema ou componente a não operarem propriamente. Isso acontece quando um sistema externo ao qual estamos estudando apresenta um erro que provocará uma falha interna ao sistema estudado. Correspondem aos modos de falha gerados somente por erros externos.
- Passo 4 – Determinar as falhas globais que combinando elementos externos e internos levam a um modo de falhas interno provocando erros internos. É o equivalente a juntar as falhas internas e externas e a combinação de ambas que levam a erros internos ao sistema estudado. Correspondem aos modos de falhas gerados por erros internos e/ou externos.

Pode-se ver desta forma que o MCES, ao analisar os modos de falha dos componentes obtém o modo de falha do sistema que contém esses componentes. Este método é indutivo, o que significa que ele parte de uma análise inicial, nesse caso FMEA, e então os erros e suas combinações vão sendo agrupados até se ter percorrido todo o espectro de problemas que podem ocorrer com o sistema ou componente (VILLEMEUR, 1992).

### **3.7 Método da Árvore de Conseqüências**

Esse método de análise de riscos, também chamado por alguns autores como árvore de eventos (LEWIS, 1996), permite analisar uma seqüência de acidentes num sistema e os riscos associados e foi primeiramente utilizado entre 1972 e 1975 para um estudo em plantas de energia nuclear nos EUA.

Hoje em dia é um dos métodos recomendados nos guias daquele país para análise de risco de uma planta nuclear.

O nascimento desse método no campo das plantas nucleares se deveu ao fato de que esses sistemas possuem uma grande quantidade de automações e redundâncias onde as decisões de operadores são reduzidas ao mínimo.

De acordo com MODARRES (1993), a complexidade de operação do sistema, a sua dependência de uma seqüência cronológica de eventos, a ordem em que os eventos ocorrem e de proteções que possui levou então a necessidade de um método que levasse em conta tudo isso e permitisse ao analista levantar o risco através do reconhecimento de como ocorre uma seqüência de eventos dentro do sistema e de como uma função de proteção pode falhar e permitir a propagação de uma seqüência de eventos.

Conforme BEDFORD; COOKE, (2003), a Árvore de Conseqüências funciona com a lógica do posterior, ou seja, começa com um evento inicial (normalmente algo anormal para o sistema) e vai se propagando em eventos posteriores dentro do sistema que podem afetar seu comportamento e tem nós representando pontos de controle onde subsistemas de segurança atuam.

### **3.7.1 A elaboração de uma Árvore de Conseqüências**

Como foi dito acima o sistema estudado possui muitas proteções (subsistemas de segurança) e devido a isso a construção da árvore parte de um evento chamado de “evento desencadeante” ou “evento inicial”.

A partir desse ponto uma seqüência de outros eventos relacionados com sistemas de segurança e sua operação vão ocorrendo e levam a conclusões sobre a viabilidade dessas seqüências.

As seqüências inviáveis são descartadas e as viáveis serão estudadas para serem qualificadas e quantificadas.

Os passos seguintes serão apresentados para guiar a construção da árvore de conseqüências:

- Passo 1 – Proteções do sistema – Podem ser tanto automáticas como manuais e são aquelas que tem por objetivo evitar que o sistema tenha uma falha completa. Devem ser levantadas e listadas para o sistema estudado e podem ser agrupadas por semelhança de funções.
- Passo 2 – Evento desencadeante ou inicial – Uma lista de possíveis eventos é elaborada levando-se em conta o julgamento de um Engenheiro especialista, os

acontecimentos passados em sistemas semelhantes, outros levantamentos de riscos existentes, históricos de manutenção e os projetos do sistema. Uma árvore de causas também pode ser construída para o sistema com o objetivo de se obter o evento básico que nesse caso será o evento desencadeante

- Passo 3 – Elaboração da árvore de conseqüências com as funções – A partir de um evento inicial é construída uma seqüência subsequente que contém perdas de funções de proteção e leva, ao final, a falha completa.

Nessa elaboração, dado um evento inicial, os eventos subsequentes serão determinados testando-se os procedimentos de proteção manual e automáticos do sistema (funções), isso pode ser feito através de se perguntar “E se acontecer isso?” e assim para cada evento posterior.

Para facilitar essa construção um diagrama com a seqüência de eventos pode auxiliar na compreensão do sistema e de quais funções deverão ser testadas para se estabelecer a ordem em que essas funções acontecem dentro do sistema e quais ligações estabelecer na árvore.

Basicamente é a execução de uma simulação de como as funções se comportam para controlar um evento inicial e assim compreender como a seqüência pode se desenvolver.

Alternativamente pode-se associar uma estimativa probabilística para essas seqüências.

- Passo 4 – Elaboração da árvore de conseqüências com os sistemas – Basicamente nesse passo deve-se tomar cada função identificada acima e substituí-las pelos sistemas de proteção que fazem parte. Isso provocará a mudança da árvore e talvez a seqüência pois os sistemas operam em ordens e tempos diferentes das funções. Para ajudar a ordenar a árvore deve-se considerar os tempos, a interação de funções e sistemas e a interação entre sistemas.

Representação básica:

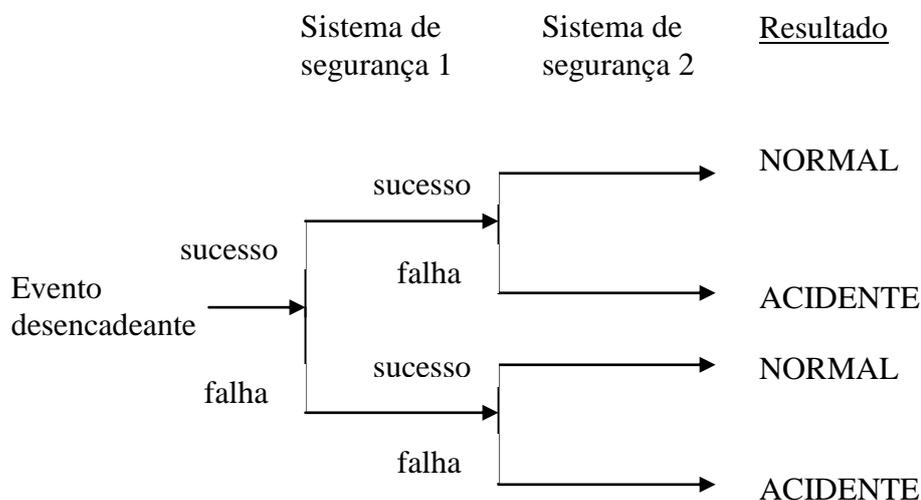


Fig. 7  
Representação da árvore de conseqüências

### 3.8 Método do Diagrama de Causa Conseqüência

Esse método é uma combinação do Método da Árvore de Falhas e do Método da Árvore de Conseqüências e nasceu na década de 70 na Dinamarca para o estudo de análise de riscos em plantas nucleares dos países escandinavos.

Para sua construção são utilizados os princípios tanto de um como de outro método e os símbolos lógicos são basicamente muito próximos.

Dessa forma trabalha-se com um evento indesejável no topo da árvore e as causas desse evento representado através de falhas de componentes ou subsistemas.

As conseqüências associadas às falhas representam outra parte nesse diagrama e são combinados ao longo da árvore representando as falhas através de sua operação ou condições de ocorrência (VILLEMEUR, 1992).

#### 3.8.1 Exemplo de um Diagrama de Causa Conseqüência

Voltando ao exemplo do item 3.4 onde foi construída uma árvore de falhas para um sistema bastante elementar. É um sistema de abertura de um portão e o evento

indesejado é “o portão não abre quando apertamos o botão ABRIR”. O sistema pode ser representado pelo diagrama seguinte:

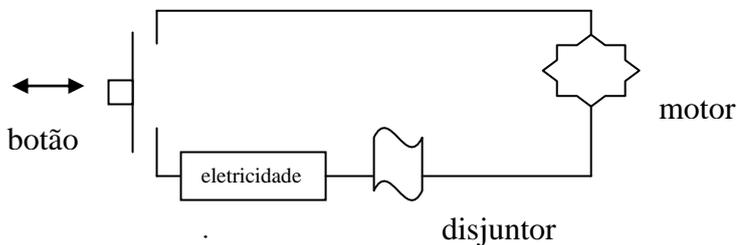


Fig. 8  
Esquema simplificado de representação do esquema de abertura de um portão automatizado.

O Diagrama de Causa Conseqüência é o seguinte: (deve ser lido de baixo para cima)

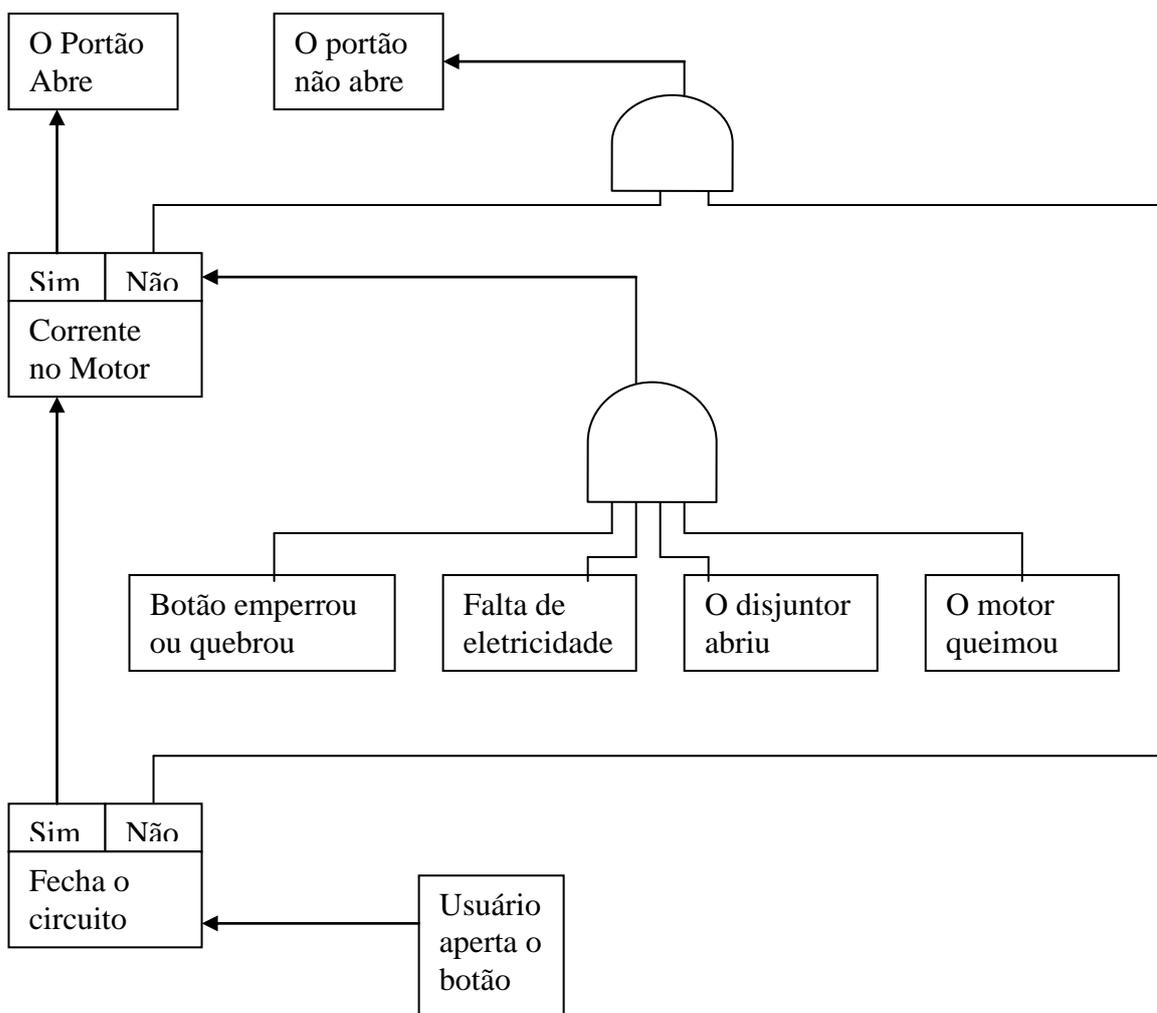


Fig. 9  
Diagrama de causa conseqüência para o evento “portão não abre”.

Em VILLEMEUR (1992), há uma seqüência de como construir um diagrama de causa conseqüência que se divide em:

- Selecionar o evento indesejável: Aplicam-se as mesmas regras de uma árvore de causas (falha de um componente essencial, evento anormal dentro do sistema, perda de uma função que afete a segurança, falha num subsistema que é auxiliar a sistemas prioritários, etc);
- Identificação das causas do evento indesejável: Deve-se aplicar o método da árvore de causas (item 3.4);
- Identificação das conseqüências do evento indesejável: Partido-se do evento indesejável todas as possíveis conseqüências são consideradas (ações que deveriam ser disparadas e suas falhas, falhas de outros componentes ou subsistemas, eventos exteriores).

E assim deve-se repetir um a um para cada evento indesejável que se identifique até que se tenha obtido um panorama geral do sistema.

O método do Diagrama de Causa Conseqüência tem o mérito de ser uma alternativa para análises de sistemas devido a sua característica de simultaneidade, o que facilita ao analista que tem pela frente um sistema com certo grau de complexidade e com subsistemas interagindo entre si e que a ordem de ocorrência dos eventos é importante.

Para esses sistemas seria mais demorado de tratar usando a árvore de causas e depois a árvore de conseqüências (VILLEMEUR 1992).

### **3.9 Análise de Imprevidência Administrativa e Árvore de Risco (MORT)**

Do meio para o final da década de 60 começaram as contribuições de W. G. Johnson, membro do Centro de Desenvolvimento de Segurança de Sistemas (SSDC) do Departamento de Energia (EUA), para a criação de uma técnica de investigação de acidentes.

Como resultado nasceu o MORT que a partir de uma Árvore de Falhas faz uma combinação dessa forma de análise de sistema com um Check-list sobre um enfoque muito mais detalhista e sistêmico utilizando conceitos de transferência de energia, de mudança e de análise de sistemas (FERRY, 1988).

Cabe ressaltar uma importante inovação introduzida que é o conceito de que um acidente ocorre como consequência de uma “transferência de energia”. De qualquer forma essa “transferência de energia” depende da sua magnitude, tempo de exposição e de sua duração. Outra novidade no MORT é que ele é baseado no conceito de que acidentes nascem de três fontes primárias e necessárias, duas delas acidentais: 1) Omissões e descuidos específicos e 2) Fatores do sistema de gerenciamento.

Outra fonte primária é o “Risco Assumido”, que uma vez devidamente avaliado não poderá ser mais considerado como acidental e torna-se assim parte conhecida do sistema uma vez que se tenha optado por não fazer nada a seu respeito, quer seja pelo fato de que não há forma conhecida de trata-lo, quer seja pelos custos proibitivos para eliminá-lo.

A Figura abaixo adaptada da página 173 de FERRY (1988) mostra o arranjo básico de uma árvore de investigação MORT.

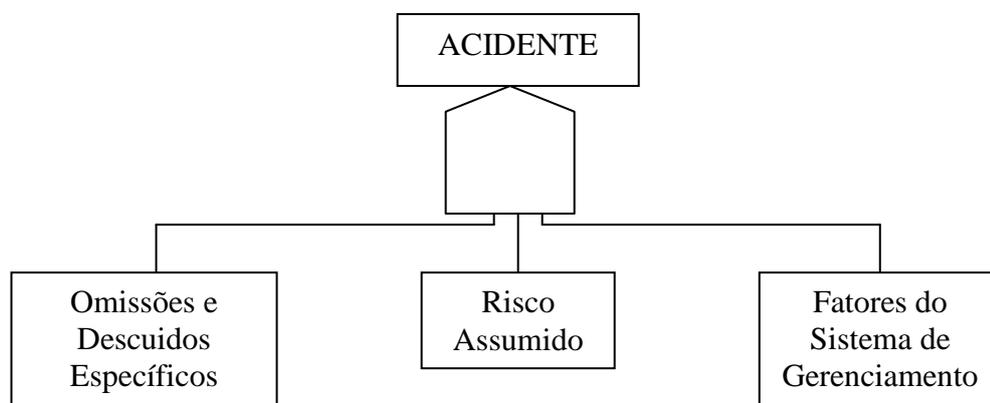


Fig. 10  
Exemplo da árvore de investigação de MORT para o evento “acidente”

Pelas suas propriedades a análise MORT pode ser utilizada também como ferramenta de prevenção, uma vez que permite a análise de um estado de ações que podem ser encadeadas logicamente e analisadas do ponto de vista de gerar ou não um acidente.

Esse entendimento se deve às suas propriedades gráficas e de comunicação de eventos que permitem visualizar e antever necessidades de interpor barreiras que restrinjam as ocorrências.

### **3.10 Questionários de Verificação**

No trabalho de LEVITT (1997) quando trata de estratégias para formulação de um plano de gerenciamento de crises existe uma sugestão de Questionário de Verificação a ser feito pelo profissional de Facilidades para se levantar os riscos de um edifício de escritórios.

Esse método de levantamento de riscos consiste em usar perguntas previamente formuladas por especialistas e percorrer todos os espaços da edificação anotando as respostas encontradas.

Em termos gerais as perguntas se referem a vizinhança do prédio e seus acessos, aos acessos e facilidades de identificação do prédio, linhas de energia, gerenciamento dos processos de combate e prevenção a incêndios, controles de acesso e segurança patrimonial, lajes de cobertura, elevadores, escadas de circulação e emergência, subsolos e galerias, sistemas de suprimento elétrico, sistema de abastecimento de água, gerador de emergência, sala de computadores e telecomunicações, qualidade do ar, corredores e acessos de saída, salas de baterias, restaurantes e áreas de alimentação, áreas de guarda de materiais diversos, ambulatórios e enfermarias, estações de trabalho, mobiliário, processos de negócios e áreas de guarda de documentos, enfim cada sala, espaço ou ocupação que existe numa edificação.

Para o desenvolvimento e a aplicação de um questionário como este é essencial a colaboração do Gerente de Facilidades, pois este deverá complementar o questionário básico proposto com suas próprias experiências e conhecimentos.

Dessa forma a cada edifício, a cada gestor haverá um questionário que melhor atende aos problemas daquele empreendimento (LEVITT, 1997).

Após a completa rotina de preenchimento do questionário restarão questões não aplicáveis e também questões onde as respostas remeterão a uma discussão entre os membros da direção do empreendimento e o profissional responsável (LEVITT, 1997).

Para servir como ilustração e material de consulta o anexo trás uma parte dos questionários existentes em LEVITT (1997). Este é apenas um guia e não deve ser considerado como completo.

### **3.11 Método dos Cinco Passos do Centro de Saúde e Segurança do Reino Unido**

Segundo o HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (2006) o levantamento de riscos em ambientes de escritórios é basicamente um exame detalhado a respeito de o quê é capaz de causar algum tipo de ferimento ou lesão nas pessoas.

De uma forma geral a importância de se conhecer os riscos está no direito que os usuários do edifício tem de estarem protegidos de alguma forma de falha causada pela falta de medidas de controle ou medidas de prevenção (HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE, 2006).

Resumidamente, o método propõe o exame em 5 etapas:

- Passo 1 – Identifique os perigos
- Passo 2 – Identifique quem tem possibilidade de ser ferido e como
- Passo 3 – Considere os riscos e decida sobre medidas de controle
- Passo 4 – Registre suas soluções e faça a implementação delas
- Passo 5 – Faça revisões periódicas do levantamento e corrija caso necessário

Para realizar o levantamento, pode ser necessário, dependendo do tamanho e complexidade do ambiente de escritórios, a consulta a um especialista em riscos ou em saúde e segurança.

De acordo com HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (2006) muita informação acabará vindo dos próprios usuários do edifício e deve haver uma maneira de sempre envolver esse contingente durante o levantamento de riscos, contudo a responsabilidade sempre será do coordenador desse trabalho, na maioria das vezes o próprio Gerente de Facilidades.

O passo 1 significa que o coordenador deverá percorrer a edificação com olhos bem atentos e com o pensamento totalmente voltado para como um usuário pode se machucar naquele local que está sendo vistoriado.

Deve-se pensar em perigos químicos, elétricos, quedas, tropeções, escorregões, alturas, enfim tudo que possa representar um perigo imediato ou em longo prazo como exposição a ruídos excessivos, por exemplo.

A memória e opinião dos usuários do local, aqueles que trabalham por ali, são muito importantes para garantir que algo possa ter sido esquecido ou se tenha dado pouca relevância.

No passo 2 se deve declarar quem são os usuários expostos (citar os grupos ou departamentos) a quais riscos e como isso pode causar machucados ou ferimentos nesse grupo.

Não esquecendo que outros danos à saúde como alergias, dores de cabeça, fadiga visual, dores lombares, etc também devem ser considerados.

Deve-se dar atenção ao aspecto heterogêneo dos usuários e suas particularidades como mulheres grávidas, idosos, visitantes, terceiros, trabalhadores da manutenção, etc que têm requisitos distintos sobre o ambiente de trabalho e podem ser mais ou menos afetados pela exposição aos riscos levantados.

O passo 3 consiste em mensurar o perigo levantado nos dois passos anteriores e comparar com o que já existe em termos de medidas práticas de controle no edifício e como o trabalho está organizado.

Também é possível estabelecer comparações com as boas práticas de outros edifícios ou com as recomendações de instituições de saúde e segurança.

Após essas comparações será necessário estabelecer o que fazer para reduzir o risco através de alguma medida de controle, por exemplo: trocando o tipo de carpete, substituindo o produto de limpeza, colocando barreiras nos locais onde as pessoas têm mais exposição ao perigo, divulgando e entregando EPIs, etc.

No passo 4 é exigido que medidas sejam implementadas e registradas para consultas futuras. É nessa fase que as modificações requeridas devem acontecer e devem ser comunicadas aos usuários para que também esses se comprometam com as ações tomadas.

Um levantamento de riscos como este não terá a pretensão de ser perfeito mas deverá minimamente mostrar que algo foi feito, que as pessoas foram envolvidas, que os perigos mais significativos foram endereçados e que as medidas estipuladas para tratar os riscos cobrem o problema de forma razoável.

Pode ocorrer que sejam necessárias muitas medidas, pois muitos riscos foram levantados e isso pode requerer um plano de ação estruturado, pois não é recomendado querer resolver todos de uma só vez.

O importante desse plano é que se estabeleça uma hierarquia entre as ações para que possam ser priorizadas e resolvidas de forma gradual mas constante.

O passo 5 se presta a revisar o que foi feito nos passos anteriores, acompanhar os progressos obtidos e caso necessário promover melhorias.

Poucos ambientes de trabalho permanecem inalterados, portanto, a cada mudança, é importante refazer o levantamento para não perder de vista o processo de gerenciamento de riscos.

O trabalho de revisão também é um momento para se introduzir melhorias provocadas por aprendizagem do próprio processo e pelas ocorrências registradas com incidentes ou acidentes ocorridos no ambiente de trabalho.

#### 4. CONCLUSÃO

De maneira geral todos os métodos apresentados têm o mesmo objetivo, levantamento dos perigos. Porém, cada uma delas faz isso de forma diferente e pode-se dividi-los em dois grupos.

Há aqueles que não têm aplicação direta no Gerenciamento de Facilidades e aqueles que podem ser utilizadas pelos Gestores de Facilidades para levantamento qualitativo dos riscos nas edificações de escritórios.

No primeiro grupo estão FMEA, Análise Preliminar de Perigos, Método do Diagrama de Sucesso, Método da Tabela de Verificação, Método da Combinação de Efeitos Simultâneos, Método da Árvore de Conseqüência, Método do Diagrama de Causa Conseqüência e MORT.

Estes métodos não são adequados para levantamento qualitativo dos riscos num edifício de escritórios porque não são simples de aplicar, não são adaptadas ao edifício de escritórios e sua forma de representação e apresentação são de difícil compreensão.

No segundo grupo estão Árvore de Falhas, Questionários de Verificação e Cinco Passos. Todos são indicados para avaliar perigos e não riscos.

Estes métodos são simples de aplicar a um edifício de escritórios e servem para fazer verificações tanto em locais do edifício que já estejam ocupados como também para conhecer os riscos em caso de planejamento para ocupação de áreas.

Por serem baseados em perguntas ou eventos, que deverão ser respondidos, estes métodos tornam o trabalho de exposição dos resultados encontrados uma tarefa bastante simples.

A técnica da Árvore de Falhas é utilizada pela Segurança do Trabalho principalmente em investigações de acidentes.

Para uso no edifício de escritórios, num levantamento de riscos, é necessário utilizar a técnica para um evento que ainda não ocorreu. Assim, é preciso a participação de usuários que conheçam bem os sistemas e o ambiente do edifício para responderem as indagações feitas pelos “nós lógicos”.

O Questionário de Verificação utiliza a sistemática de perguntas que vão sendo feitas e apresentando os riscos do ambiente, ou melhor, aquelas “brechas” que não estão sendo gerenciadas. As respostas obtidas dão uma dimensão dos riscos que estão ou não estão cobertos. Esta técnica também incorpora perguntas preparadas pelos usuários da edificação e, portanto não é um pacote fechado, estanque, mas sim um processo dinâmico e flexível.

O método de levantamento qualitativo dos riscos em Cinco Passos, conforme proposto por HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE (2006), permite ao usuário executar um levantamento de riscos de forma estruturada. Isto permite uma visibilidade muito grande do processo e das etapas que se vai cumprindo. O Gerente de Facilidades pode repetir o processo em diversas edificações diferentes sob sua gestão e utilizar conclusões tiradas em uma para melhorar ou modificar a outra. O método em si está indicado para gestão de riscos e pode incluir outros métodos de avaliação de perigos.

## 5. ANEXO

Trecho de um questionário de verificação existente em LEVITT (1997).

Questionário:

a) Em Geral por andar do edifício.

- Há monitoramento da qualidade do ar? Qual é a qualidade aparente do ar?
- Há circulação de ar suficiente?
- Há suficiente circulação de ar nas salas com computadores e nas áreas com impressoras a laser?
- Os filtros de ar são trocados periodicamente?
- Onde são as entradas de ar? Elas podem ser bloqueadas?

b) Para as estações de trabalho em escritórios.

- A limpeza é satisfatória?
- Há chapas, cafeteiras, ou aquecedores em uso?
- Há excesso de fios, extensões ou cabos soltos?
- O armazenamento de documentos, e mídias magnéticas está de acordo com o previsto na política de segurança?
- Os escritórios e estações de trabalho vazios são indevidamente usados para armazenagem?
- Os halls, corredores e passagens estão livres de materiais empilhados, máquinas e outras obstruções?
- Há documentos jogados e mídias destruídas?
- Há recipientes para papéis recicláveis? Há recipientes para os papéis “sensíveis” serem triturados?
- Os documentos dispensáveis são identificados e separados dos registros aguardando transferência ou arquivamento?

- Em locais sujeitos a atividade sísmica. Os computadores, impressoras, faxes, copiadoras, e outros equipamentos de escritório, são fixados para prevenir que se movam?

c) Para o sistema de tubulações.

- Há algum vazamento de água, esgoto, vapor, gás, sistemas de extinção de incêndio, ou linha de combate a incêndio?
- As tampas, os drenos, tomadas, e outros acessórios, estão devidamente fixados?
- Os drenos das unidades de ar condicionado e bandejas de gotejamento estão funcionando corretamente?

d) Para sistemas de Transformadores e Baterias.

- Cada aparelho funciona unicamente com transformadores, baterias reserva, ou também com fonte de alimentação ininterrupta? A proteção é providenciada como programado e planejado?
- A capacidade de transformadores, baterias reserva, e/ou das fontes de alimentação ininterrupta para cada equipamento, são revisadas com frequência de acordo com: as mudanças nos requerimentos dos equipamentos conectados; as mudanças de layout que afetem os equipamentos conectados; mudanças para outros transformadores, baterias reserva e fontes de alimentação ininterrupta?
- Cada equipamento tem capacidade estimada, baseada em protocolos estabelecidos pelo fabricante para as funções indicadas?
- Cada equipamento é testado e mantido conforme os protocolos estabelecidos pelo fabricante?
- Cada equipamento é monitorado pelo sistema de rastreamento e alarme?
- As áreas com transformadores, baterias reserva e com fontes de alimentação ininterrupta são resfriadas devidamente?

- Os equipamentos com baterias reserva e fontes de alimentação ininterrupta fornecem energia por intervalo de tempo suficiente até que os geradores sejam acionados ou até que haja o desligamento apropriado do equipamento conectado?
- As áreas de equipamentos estão livres de armazenamento indevido e possuem limpeza apropriada?

e) Para Proteção de equipamentos.

- As capas a prova d'água estão disponíveis para a sala de computadores, computadores pessoais, controladores de telecomunicações, biblioteca, centros de arquivos, os transformadores, e bateria reserva, e fontes de alimentação ininterrupta, assim como para qualquer outro aparelho que possa falhar, ou ser danificado devido à entrada de água ou umidade?

f) Para Banheiros e Áreas de Descanso.

- Os alarmes auditivos e visuais estão instalados?
- Há iluminação de emergência?
- Há sinalização das rotas de evacuação? Identificação de portas de saída?
- Há faixas de orientação de rotas de fuga ou faixas de iluminação nos banheiros e áreas de descanso?

## 6. LISTA DE REFERENCIAS

1. ADAMS, SHAWN. **A beginner's guide to learning Emergency Management.** New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., maio de 2002. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
2. Apostilas do curso de Gerenciamento de Facilidades, disciplina de Gerenciamento de Riscos – MBA do PECE, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
3. BEDFORT, T.; COOKE, R. **Probabilistic risk analysis: foundations and methods.** Cambridge, Cambridge University press, 2003. Capítulos 6,7 e 15.
4. BERNSTEIN, PETER. **Risk at the roots.** [S.I.], 1998. Disponível em: <<http://www.risk-analysis-center.com>>. Acesso em: 21 fev. 2007.
5. BLOCKLEY, D. I. **Engineering safety.** London, McGraw-Hill, 1992.
6. BRAVERMAN, MARK. **Managing the human impact of crisis.** New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., Maio de 2003. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
7. BURRI, C. R. **Avaliação de risco de sistemas mecânicos: aplicação para um sistema centralizado de suprimento de oxigênio em estabelecimentos assistenciais de saúde.** 2003, 118p. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
8. COTTS, DAVID G. **The facility management handbook.** 2 ed, New York, Amacom, 1999.
9. ELMS, D. G. Risk Assessment. In: BLOCKLEY, D. I. **Engineering safety.** London, McGraw-Hill, 1992. Capitulo 2.
10. FEMA. **Report Part III - Risk Assessment approaches.** [S.I.], 1996?. Disponível em: <<http://www.fema.org>>. Acesso em: 20 fev. 2007.
11. FERRY, TED S. **Modern accident investigation and analysis.** 2 ed., New York, John Wiley & Sons, 1988.
12. HEAD, GEORGE L. **The duality of risk.** New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., Janeiro de 2004. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
13. HEALTH AND SAFETY EXECUTIVE. **Five steps to risk assessment.** United Kindom, 2006. Disponível em: <<http://www.hse.gov.uk>>. Acesso em 21 fev. 2007.

14. HOLLNAGEL, E. **Accident analysis and barrier functions**. Halden, Noruega, Instituto de Tecnologia da Energia, 1999.
15. INTERNATIONAL JOURNAL OF RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT. **Apresenta definições sobre levantamentos de riscos e gerenciamento**. [S.I.], 2007. Disponível em: <<http://www.environmental-expert.com/magazine/inderscience/ijram/index.asp>>. Acesso em 23 de maio de 2004 e 21 de fev. de 2007.
16. JABLONOWSKI, MARK. **Are formal risk assessment of any use?**. New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., Agosto de 2002. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
17. JABLONOWSKI, MARK. **Facing risk in the 21<sup>st</sup> century**. New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., junho de 2004. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
18. KPMG. **Prime Process risk management evaluation**. Brasil, KPMG Brasil uma firma membro da KPMG internacional, 2002.
19. KUNZLER, SIMON; PAYNE, ABDROS. **The new face of enterprise risk**. New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., junho de 2004. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
20. LEE, JASON B. **A Restructuring building design against terrorism**. New York, Risk and Insurance Management Society Magazine, Inc., Novembro de 2002. Disponível em: <<http://www.rmmag.com>>. Acesso em 21 fev. 2007.
21. LIEBER, R. R. **Teoria e Metateoria na investigação da causalidade: O caso do acidente de trabalho**. 1998, 345p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998. p. 89-159.
22. LIEBER, R. R.; LIEBER, N. S. R. O conceito de risco: Janus reinventado. In: MINAYO, MCS & MIRANDA AC (ed) **Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós**. Rio de Janeiro, Ed. Fiocruz, 2002. p. 69-112.
23. LEVITT, A. M. **Disaster Planning and Recovery: A guide for facility professionals**. New York, John Wiley & Sons, Inc., 1997. p 339-377.
24. LEWIS, E. E. **Introduction to reliability analysis for engineers**, Oxford, Oxford University press, 1996.
25. MODARRES, M. **What every engineer should know about reliability and risk analysis**. New York, Marcel Dekker, 1993.
26. PRITCHARD, CARL L. **Risk Management: Concepts and Guidance**. Arlington, Virginia, ESI International, 1997.

27. RAFTERY, J. **Risk Analysis in project management**. New York, E & FN Spon, 1994. Capítulo 3.
28. REID, S. G. Risk Assessment. In: BLOCKLEY, D. I. **Engineering safety**. London, McGraw-Hill, 1992. Capítulo 7.
29. RISK ANALYSIS CENTER. **Apresenta consultas sobre notícias relacionados a local de trabalho e risco**. [S.I.], 1999. Disponível em: <<http://www.risk-analysis-center.com>>. Acesso em: 21 fev. 2007.
30. RISK IDENTIFICATION. **Apresenta variados conceitos e formatos relacionados a identificação de riscos**. [S.I.], 2003. Disponível em: <<http://www.donald-firesmith.com>>. Acesso em 23 maio de 2004.
31. VAUGHAN, E. J.; VAUGHAN, T. M. **Essentials of Insurance: A risk management perspective**. New York, John Willey & Sons, 1995. Capítulo 3.
32. VILLEMEUR, ALLAIN. **Reliability, availability, maintainability, & safety assessment: methods and techniques**. London, John Willey & Sons, 1992. v.1.

## 7. LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	
Esquema simplificado das etapas iniciais da caracterização do risco.....	08
Fig. 2	
Esquema simplificado de representação do evento “portão não abre”.....	22
Fig. 3	
Árvore de falha montada para o exemplo “portão não abre”.....	23
Fig. 4	
Árvore de falha montada para o exemplo “transbordamento do tanque”.....	23
Fig. 5	
Representação do diagrama em série e da tabela de verificação.....	25
Fig. 6	
Representação do diagrama em paralelo e da tabela de verificação.....	25
Fig. 7	
Representação da árvore de conseqüências.....	29
Fig. 8	
Esquema simplificado de representação do esquema de abertura de um portão automatizado.....	30
Fig. 9	
Diagrama de causa conseqüência para o evento “portão não abre”.....	30
Fig. 10	
Exemplo da árvore de investigação de MORT para o evento “acidente”.....	32