

Universidade Federal de Santa Catarina
Centro Tecnológico
Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação

**USO DO FMEA COMO FERRAMENTA PARA
ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS**

RAFAEL MOREIRA DOMINGUES

Florianópolis – SC
Ano 2008/1

RAFAEL MOREIRA DOMINGUES

USO DO FMEA COMO FERRAMENTA PARA ANÁLISE DE RISCOS EM PROJETOS

Trabalho de conclusão de curso apresentado como parte dos requisitos para obtenção do grau de
Bacharel em Sistemas de Informação

Orientadora: Profa. Dra. Maria Marta Leite

Banca Examinadora

Prof. Dr. João Cândido Dovicchi

Profa. Dra. Elizabeth Sueli Specialski

AGRADECIMENTOS

Um trabalho de conclusão de curso é o somatório do trabalho e dedicação de muita gente, e representa mais do que o seu desenvolvimento: significa o resultado de vários anos de estudo e dedicação. Por isso, gostaria de agradecer a três grupos de pessoas primordiais em minha vida acadêmica. Algumas pessoas se encaixam em mais de um grupo, mas em especial gostaria de agradecer a meus professores, meus colegas e amigos e minha família.

Este trabalho é o resultado do conhecimento adquirido desde o dia Três de Março de 2003, meu primeiro dia de aula na primeira fase do curso de Bacharelado em Sistemas de Informação da UFSC. Meu sinceros agradecimentos a todos vocês, meus professores. Em especial, gostaria de agradecer à Professora Doutora Maria Marta Leite, minha orientadora neste trabalho e estimada professora em outras cadeiras; ao Professor Doutor João Cândido Dovicchi, meu primeiro professor de Gerenciamento de Projetos e banca deste trabalho; e à Professora Doutora Elisabeth Sueli Specialski, também banca deste trabalho. Agradeço imensamente à suas contribuições, revisões, leituras e releituras. Meu muito obrigado também ao Professor Doutor Alex Sandro Roschildt Pinto, pelas conversas sobre TCCs em vários pós-aula, quando eu ainda buscava um tema para meu trabalho, e por ceder material e colocar-se a disposição de me orientar caso eu escolhesse seguir por sua área de pesquisa. À Professora Doutora Antônia Egídia de Souza, por nossa conversa que me abriu novos caminhos e que mentalmente me viabilizaram este trabalho.

Meus professores do ensino básico e médio: Sua dedicação também foi primordial para que este trabalho fosse realizado. Muito obrigado por me guiarem até a porta da Universidade, e me colocarem lá dentro.

Minha primeira professora, Professora Mestre Maria Alice Moreira Bampi. Sua contribuição foi inestimável em todas as etapas.

Minha família - Milton, Maria Alice, Gláucia, Ricardo, Alexandre, Gislane, Fabian, Caroline, Deusa, Bárbara, Yasmin, Tayná, Gabriel e Caio: muito obrigado pelo apoio, torcida, compreensão e carinho. Sem vocês, nada disto teria sentido. Meus avós, tios, tias, primos e primas: obrigado pelo bons momentos, e desculpem a minha ausência.

Meus colegas e amigos de aula, obrigado pela companhia em nossa caminhada. Com vocês, ela foi mais fácil, divertida e produtiva. Meus colegas e amigos de trabalho, em especial Marcelo, Alex, Diogo, Michelle e Jucilene. Agradeço a compreensão e o apoio para que eu chegasse ao final deste curso. Aos outros amigos para toda a vida, agradeço pelos momentos de fuga, e também me desculpo pela ausência. A vocês, meus colegas e amigos, também agradeço pela torcida constante.

A todos, meus sinceros agradecimentos. Vocês serão lembrados para sempre.

Sumário

Agradecimentos	3
1 Introdução	7
1.1 Justificativa	9
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Objetivo Geral	10
1.2.2 Objetivos Específicos	10
1.3 Delimitação do Escopo	11
1.4 HIPÓTESE da Pesquisa	11
1.5 Metodologia de Desenvolvimento	11
1.6 Organização do Trabalho	11
2 Definições e conceitos relacionados a RISCO	12
3 PROJETO	13
3.1 Gerenciamento de Projetos	14
3.2 PMBoK	15
4 GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS	23
4.1.1 Planejamento do gerenciamento de riscos	25
4.1.2 Identificação de Riscos	25
4.1.3 Análise Qualitativa de Riscos	26
4.1.4 Análise Quantitativa de Riscos	28
4.1.5 Planejamento de respostas a riscos	30
4.1.6 Monitoramento e controle dos riscos	31
5 FMEA	33
5.1 tipos de FMEA	34
5.1.1 FMEA de Projeto	37
5.1.2 FMEA de Sistema	40
5.1.3 FMEA de Processo	41
5.1.4 FMEA de Serviço	49
6 Uso DO FMEA EM CONJUNTO COM O PMBOK	51
7 Conclusão	56
7.1 Trabalhos futuros	58
8 Referências	59

Lista de Abreviaturas e Siglas

ASQ: American Society for Quality

APM: Association for Project Management

APMBoK: APM Body of Knowledge

DFMEA: Design Failure Mode and Effects Analysis

FMEA: Failure Mode and Effects Analysis

NASA: National Aeronautics and Space Administration

PFMEA: Process Failure Mode And Effects Analysis

PMBok: Project Management Body of Knowledge

PMI: Project Management Institute

PMP: Project Management Professional

1 INTRODUÇÃO

Sempre que se olha para o futuro lida-se com incertezas. “As pessoas sempre tiveram que lidar com este fato e, conseqüentemente, correr riscos ao longo de toda a história da humanidade” (SALLES JR. et al., 2006, p. 20). Entretanto, não se pode considerar a incerteza como uma questão de sorte ou azar. Se alguém deseja ter domínio sobre os acontecimentos futuros, deve exercitar a sua capacidade de previsão (SALLES JR. et al, 2006, p. 24-25).

A administração de riscos surgiu como uma forma de mensurar e controlar a incerteza, atribuindo-lhe um tamanho ou valor através da probabilidade. Afinal, só é possível controlar e gerenciar aquilo que pode ser mensurado (SALLES JR et al, p. 20).

Este conceito é importante em áreas como a financeira e a de seguros, visto que elas vivem do risco. Mas também é fundamental em gerenciamento de projetos, visto que todo projeto envolve um certo grau de incerteza (GIDO e CLEMENTS, 2007, p. 5). Por isso existe uma disciplina em gerenciamento de projetos que busca mensurar e gerenciar as incertezas decorrentes de um projeto, denominada gerenciamento de riscos.

No âmbito de projetos, riscos são eventos em potencial que podem ameaçar ou beneficiar um projeto (HELDMAN, 2005, p. 3). No mesmo sentido, o PMBoK (*Project Management Body of Knowledge* – Corpo de Conhecimentos de Gerenciamento em Projetos) caracteriza como objetivos da gerência de riscos “aumentar a probabilidade e o impacto de eventos positivos e diminuir a probabilidade e o impacto de eventos adversos ao projeto” (PMI, 2004, p. 237).

Quando um risco é assumido com consciência, espera-se que o retorno deste seja melhor do que o ônus em caso de perda (HELDMAN, 2004, p. 2). Entretanto, é importante ressaltar que riscos podem ser benefícios potenciais, ou seja, oportunidades que trarão um impacto positivo ao projeto.

Porém, mesmo na literatura de gerenciamento de projetos, é comum considerar o risco apenas no sentido de ameaça. Esta é a visão de autores como

ALENCAR e SCHMITZ (2005, p. 18), que definem risco como “a probabilidade de que um fator de risco venha a assumir um valor que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances de sucesso de um projeto” (ALENCAR e SCHMITZ, 2005, p. 18), e KASSE (2004), que define risco como “a possibilidade de perda” e complementa esta definição dizendo que “riscos são eventos futuros, com probabilidade de ocorrência e com potencialidade para perdas” (KASSE, 2004). Entretanto, Heldman (HELDMAN, 2004, p. 3) explica que este enfoque não se deve ao fato de se ter uma visão pessimista, e sim que riscos negativos são assassinos de projetos.

Para evitar que os riscos negativos eliminem as chances de sucesso de um projeto, evitar que as perdas com uma falha de um projeto tenha conseqüências mais graves, e evitar que oportunidades passem despercebidas, gerentes de projetos devem valer-se de ferramentas, técnicas e metodologias para identificar, documentar, priorizar, monitorar, e traçar planos de ação para quando um risco for detectado (PMI, 2004, p. 237-238).

Estas ferramentas podem ser classificadas em indutivas ou dedutivas. “Indução constitui pensar de casos individuais para uma conclusão genérica. Se, considerando um determinado sistema, nós postulamos uma falha particular ou condição inicial, e tentamos descobrir o efeito desta falha ou condição na operação do sistema, nós estamos construindo uma análise de sistema indutiva” (VESELY e GOLDBERG 1981).

Já a “dedução constitui pensar do geral para o específico. Em uma análise de sistema dedutiva, nós postulamos que um sistema falhou de alguma forma, e tentamos descobrir de que modo o comportamento do sistema ou de um componente contribuiu para a falha” (VESELY e GOLDBERG, 1981).

Este trabalho trata sobre a utilização de uma ferramenta indutiva para auxiliar gerentes de projetos nas atividades de identificação, documentação, priorização e monitoramento de riscos em seus projetos. Esta ferramenta, denominada *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), surgiu no exército americano como forma de reduzir a quantidade e a probabilidade de falhas em equipamentos que não poderiam ser consertados. Mais tarde ela foi adotada e aprimorada pela

indústria automobilística, a fim de evitar que problemas chegassem até o consumidor (DAILEY, 2004, p. 5).

O FMEA é um procedimento analítico que tem como objetivo verificar todos os componentes de um sistema, analisando seus modos de falha e, por consequência, o seu efeito na confiabilidade do produto, sistema ou função necessária (PMI, 2004, p. 351-352). Apesar do enfoque inicial desta técnica ser a qualidade percebe-se sua utilidade para o gerenciamento de riscos, visto seu enfoque em identificar modos de falha.

1.1 JUSTIFICATIVA

Segundo o CHAOS Report 2007, relatório publicado pela *Standish Group* (STANDISH GROUP, 2007, p. 1), com o resultado de pesquisas sobre a qualidade dos projetos no mundo, a quantidade de projetos entregues no prazo, dentro do orçamento e com todos os requisitos atendidos cresceu de 26% em 1998 para 35% em 2006. Esta estatística é complementada com a redução do número de projetos que falharam, os quais representavam 28% em 1998 e em 2006 passaram a representar 19%. Entretanto, a quantidade de projetos que tiveram algum problema em algum destes pilares continuou representando 46% dos projetos. Isto significa que em 2006, 65% dos projetos tiveram algum tipo de problema.

Porém, mesmo tendo em vista estes dados, a gerência de riscos provavelmente é uma das áreas de conhecimento da gerência de projetos que com mais frequência é deixada de lado em projetos de pequeno e médio porte (HELDMAN, 2005, p. 4).

Segundo Heldman (HELDMAN, 2005, p. 4), aplicar o gerenciamento de riscos ajuda a gerenciar projetos de sucesso, que melhoram o desempenho, lucro, eficiência, provêm melhor presença de mercado, e auxiliam a alcançar os objetivos da organização.

Um dos fatores que dificulta a implantação da gerência de riscos é o fato da documentação de referência – como o CMMI (SEI, 2006) e o PMBoK (PMI, 2004), não apresentam um método específico para esta atividade. Esta informação é

confirmada por CALSAVARA et al (2000), que diz que “para manterem-se genéricos o suficiente para poderem ser adaptados aos vários contextos a que se destinam, estes modelos e normas estabelecem o que deve ser feito e não como deve ser implementado”.

Por sua vez, o FMEA é uma ferramenta que busca demonstrar os pontos fracos de um sistema, pontuando-os para a equipe de desenvolvimento e auxiliando na eliminação ou mitigação destes. Com isso, demonstra ser uma ferramenta útil para auxiliar a tarefa de identificação dos riscos críticos de um projeto.

Considerando o que foi citado, percebe-se que é necessário auxiliar e apoiar gerentes de projetos de pequeno e médio porte no que tange a gerência de riscos. Se esta for aplicada de forma pró-ativa, a chance de um projeto morrer inesperadamente, e levar junto com ele muitos recursos, é reduzida.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Este trabalho tem como objetivo demonstrar o uso de uma metodologia indutiva (FMEA) para realizar a análise e gerência de riscos em projetos segundo o que é proposto pelo PMBoK versão 2004.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Apresentar um estudo sobre a área de Gerenciamento de Riscos do PMBoK.
- Apresentar os pressupostos básicos da metodologia FMEA.
- Demonstrar o uso da metodologia FMEA de forma análoga ao que é proposto no capítulo de Gerenciamento de Riscos do PMBoK.

1.3 DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

O trabalho abordará conceitos das metodologias PMBoK, edição de 2004 mantida pela PMI, e FMEA, edição de 2003 mantida pela ASQ.

1.4 HIPÓTESE DA PESQUISA

Conforme descrito no PMBoK, “as normas do gerenciamento de projetos não abordam todos os detalhes de todos os tópicos” (PMI, 2004, p. 4). Em paralelo, há uma metodologia bem documentada, testada e largamente utilizada na indústria para aumentar a qualidade dos produtos entregues aos clientes. Podemos utilizar esta metodologia bem-documentada em conjunto com a disciplina de gerência de riscos do PMBoK?

1.5 METODOLOGIA DE DESENVOLVIMENTO

Será realizada uma pesquisa bibliográfica sobre FMEA e o Corpo de Conhecimentos de Gerenciamento em Projetos (PMBoK), e proposta uma forma de utilização do FMEA como ferramenta para o realização do Gerenciamento de Riscos em Projetos.

1.6 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O presente trabalho está dividido em quatro partes: introdução, fundamentação, análise e considerações finais. Na Introdução estão contidos a justificativa, os objetivos, e a hipótese do trabalho. Na Fundamentação estão contidos os capítulos de Riscos, Projetos, Gerenciamento de Projetos, PMBoK, Gerenciamento de Riscos em Projetos segundo o PMBoK e FMEA. Em Análise, está a proposta de utilização do PMBoK em conjunto com o FMEA. Nas Considerações Finais estão os capítulos de Conclusão, Trabalhos Futuros e Referências Bibliográficas.

2 DEFINIÇÕES E CONCEITOS RELACIONADOS A RISCO

No senso comum, riscos são sempre eventos negativos. Pode-se confirmar isto com o conceito de risco nos dicionários Houaiss, que o define como “probabilidade de insucesso, de malogro de determinada coisa, em função de acontecimento eventual, incerto, cuja ocorrência não depende exclusivamente da vontade dos interessados” (HOUAISS E VILLAR, 2001), e Aurélio, onde diz “perigo ou possibilidade de perigo” (FERREIRA, 2000).

Esta definição também pode ser encontrada na literatura de gerenciamento de projetos, como exemplo o caso dos autores Alencar et al (ALENCAR et al, 2005, p. 18), que definem fator de risco como “qualquer evento que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances de sucesso do projeto”, e por sua vez, risco como “a probabilidade de que um fator de risco venha a assumir um valor que possa prejudicar, total ou parcialmente, as chances de sucesso de um projeto”.

Segundo Salles Jr. et al (SALLES JR et al, 2006, p.20), a origem da palavra risco é do italiano antigo e do latim, onde significava respectivamente “ousar” (BERNSTEIN, 1997 apud SALLES JR. et al, 2006, p.20), e incerteza; “neste sentido, a palavra risco deve ser interpretada como um conjunto de incertezas encontradas quando ousamos fazer algo”.

Também pode acontecer uma confusão entre “risco” e “problema”. Porém, há uma clara distinção entre ambos: problemas estão acontecendo, enquanto riscos podem acontecer. Um projeto que possui vários riscos negativos, não necessariamente possui problemas (HELDMAN, 2005, p. 15).

Sempre que existe um risco, existe a possibilidade de retorno positivo. “Os primeiros registros sobre riscos estão ligados à teoria das probabilidades, que foram desenvolvidas para aplicação em jogos, notadamente os de azar” (SALLES JR. et al, 2006, p. 20). Segundo HELDMAN (2005), as organizações e pessoas assumem riscos quando o benefício do risco é maior que as conseqüências da falha.

3 PROJETO

Na língua portuguesa a palavra Projeto é um homônimo que significa tanto concepção técnica, desenho (como no Inglês *design*), quanto um conjunto de esforços, tarefas e recursos para se atingir a um objetivo (equivalente ao termo Inglês *project*) (GIDO e CLEMENTS, 2007, p. 4). O Projeto ao qual referem-se este trabalho e suas referências é o equivalente a palavra inglesa *project*.

Segundo a definição do PMI (2004, p. 21), “projeto é um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo”. Gido e Clements (GIDO e CLEMENTS, 2007, p. 4) complementam que “projeto é um esforço para se atingir um objetivo específico por meio de um conjunto único de tarefas inter-relacionadas e da utilização eficaz de recursos”.

Todos os projetos começam com objetivos. O objetivo do projeto é alcançar e satisfazer os objetivos que os *stakeholders*¹ aceitaram quando o projeto foi iniciado (HELDMAN, 2005, p. 3). Os objetivos normalmente são definidos por seu escopo, cronograma e custo (GIDO e CLEMENTS, 2007 p. 4). Estes fatores são definidos no PMBoK como escopo, tempo e custo do projeto, e são denominados como “restrição tripla”, e o seu balanceamento definirá a qualidade do projeto. Estes fatores estão intimamente relacionados, sendo que se algum mudar, pelo menos outro deverá ser afetado (PMI, 2004, p. 24).

O escopo do projeto é definido pelo PMBoK como “o trabalho que precisa ser realizado para entregar um produto, serviço ou resultado com características e funções especificadas” (PMI, 2004, p. 104). Gido e Clements (GIDO e CLEMENTS, 2007, p. 6) complementam dizendo que o escopo do projeto refere-se ao processo que deve ser realizado para que todos os itens, produtos ou serviços tangíveis a serem fornecidos cumpram os requisitos ou critérios de aceitação acordados no início do projeto.

¹ Stakeholder: “Pessoas e organizações, como clientes, patrocinadores, organizações executoras e o público, que estejam ativamente envolvidas no projeto ou cujos interesses possam ser afetados de forma positiva ou negativa pela execução ou término do projeto. Elas podem também exercer influência sobre o projeto e suas entregas” (PMI, 2004, p.371)

O projeto é temporário porque tem um início e um fim definidos, sendo que considera-se como fim quando os objetivos estabelecidos no início forem atingidos ou quando constatar-se que eles não poderão ser alcançados (PMI, 2004).

O projeto tem por característica ser temporário e exclusivo para ser diferenciado de um trabalho operacional. Ambos são realizados por pessoas, restringidos por recursos limitados, planejados, executados e controlados. Porém, as atividades operacionais são contínuas e repetitivas (PMI, 2004, p. 22).

3.1 GERENCIAMENTO DE PROJETOS

Gerente é aquele “que gere e/ou administra negócios, bens ou serviços”, e gerenciamento é “a ação ou efeito de gerenciar” (HOUAISS E VILLAR, 2001). Logo, o gerenciamento de projetos está ligado ao ato de administrar negócios, bens ou serviços intrínsecos a um projeto.

Segundo o PMBoK, “o gerenciamento de projetos é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas às atividades do projeto a fim de atender aos seus requisitos” (PMI, 2004, p. 8).

Já Gido e Clements (GIDO e CLEMENTS, 2007) explicam que “gestão de projeto significa planejar o trabalho e depois executar o plano, ou seja, gestão de projetos envolve primeiro um processo de estabelecimento de um plano e depois a implementação deste plano para atingir o objetivo do projeto”.

A disciplina de gerenciamento de projetos é estudada e documentada por instituições, institutos ou associações de profissionais da área de projetos. Ela tem por objetivo: defender a profissão de gerente de projetos; realizar eventos; definir padrões profissionais; desenvolver pesquisas na área; desenvolver a carreira dos profissionais, através de treinamentos, certificações e contato com outros profissionais; e disponibilizar o acesso a informações e recursos relativos à área. (PMI, 2008 e APM, 2008). Dentre estas instituições, pode-se destacar a APM e o PMI.

A APM (*Association for Project Management* ou Associação para o Gerenciamento de Projetos), entidade sediada no Reino Unido e que tem como objetivo “desenvolver e promover as disciplinas profissionais de gerenciamento de projeto e de programa, para o benefício do público” (APM, 2008), é a maior instituição de gerenciamento de projetos da Europa, com aproximadamente 16.500 associados (APM, 2008). A APM é responsável pela edição do APMBok (*APM Body of Knowledge*, ou Corpo de Conhecimento da APM), documento dividido em 22 áreas de conhecimento necessárias para gerenciar projetos bem-sucedidos (APM, 2008).

Por sua vez o PMI, instituto fundado em 1969 com o objetivo de trocar experiências, conhecimentos sobre processos e discutir os problemas mais comuns em projetos, é considerada a maior instituição de gerenciamento de projetos do mundo, com mais de 260.000 membros em 171 países. É responsável pela edição quadrienal do PMBoK, documento que será abordado no próximo capítulo deste trabalho, e pela certificação PMP (*Project Management Professional*), única certificação de gerenciamento de projetos reconhecida mundialmente (PMI, 2008).

3.2 PMBOK

O PMBoK, publicação quadrienal do PMI, “é a soma dos conhecimentos intrínsecos à profissão de Gerenciamento de Projetos” (PMI, 2004), e tem como objetivo “identificar o subconjunto do conjunto de conhecimentos em gerenciamento de projetos que é amplamente reconhecido como boa prática” (PMI, 2004). Este capítulo será desenvolvido utilizando o PMBoK (PMI, 2004) como única referência.

O PMBoK baseia-se em processos para a realização do projeto. Processo é “um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas realizadas para obter um conjunto especificado de produtos, resultados ou serviços” (PMI, 2004, p. 373). Todo processo utiliza conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas do gerenciamento de projetos, que recebem entradas e geram saídas. (PMI, 2004, p. 37). Ao todo, o PMBoK descreve 44 processos (PMI, 2004, p. VIII).

Entradas, no contexto do PMBoK, são itens internos ou externos ao projeto, que são exigidos por um processo para que ele seja realizado. Esta entrada pode ser uma saída de um processo antecessor (PMI, 2004, p. 362). Por sua vez, **saídas** são produtos, resultados ou serviços gerados por um processo (PMI, 2004, p. 376).

Dentro de um processo a transformação de uma “entrada” em uma “saída” é realizada por **ferramentas e técnicas** do gerenciamento de projetos. **Ferramentas** são sempre tangíveis, e usadas na realização de uma atividade para produzir um produto ou resultado (PMI, 2004, p. 364), enquanto **técnicas** são procedimentos sistemáticos “para realizar uma atividade a fim de produzir um produto ou resultado ou oferecer um serviço, e que pode empregar uma ou mais ferramentas” (PMI, 2004, p. 378).

Em sua terceira edição, o PMBoK está dividido em três seções, denominadas de “estrutura do gerenciamento de projetos”, “norma de gerenciamento de projetos” e “áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos”.

A primeira seção, a “estrutura de gerenciamento de projetos”, é uma introdução ao gerenciamento de projetos, explicando termos-chave do ciclo de vida e organização do projeto.

A segunda seção, “norma de gerenciamento de projetos”, explica os cinco grupos de processos de gerenciamento de um projeto. “Um processo é um conjunto de ações e atividade inter-relacionadas realizadas para obter um conjunto pré-especificado de produtos, resultados ou serviços” (PMI, 2004, p. 38).

Entretanto, não se deve considerar cada grupo como uma fase do projeto. Em um projeto dividido em fases, cada fase deve repetir os cinco grupos de processos (PMI, 2004, p. 41).

O primeiro grupo de processos é o de **iniciação**, onde desenvolve-se o termo de abertura do projeto ou da fase, e a declaração do escopo preliminar do projeto, ou seja, a iniciação de uma nova fase, sua validação e refinamento (PMI, 2004, p. 45).

O grupo seguinte é o de **planejamento**, onde são desenvolvidas todas as atividades decorrentes do planejamento, conforme ilustrado na figura 3.1. Destas pode-se destacar o desenvolvido o plano de gerenciamento do projeto, que se tornará a “principal fonte de informações de como o projeto será planejado, executado, monitorado e controlado, e encerrado” (PMI, 2004, p. 48); a definição do escopo do projeto, onde é elaborada a sua definição detalhada, e o planejamento do gerenciamento, identificação, análise qualitativa, análise quantitativa e planejamento de respostas a riscos, temas que ainda serão abordados com mais detalhes neste trabalho.

Os processos usados para terminar o trabalho definido no plano de gerenciamento do projeto constituem o grupo de processos de **execução**, onde além da execução do projeto ser orientada, a equipe do projeto é mobilizada (ou contratada) e desenvolvida, as informações são disponibilizadas às partes interessadas e fornecedores são selecionados.

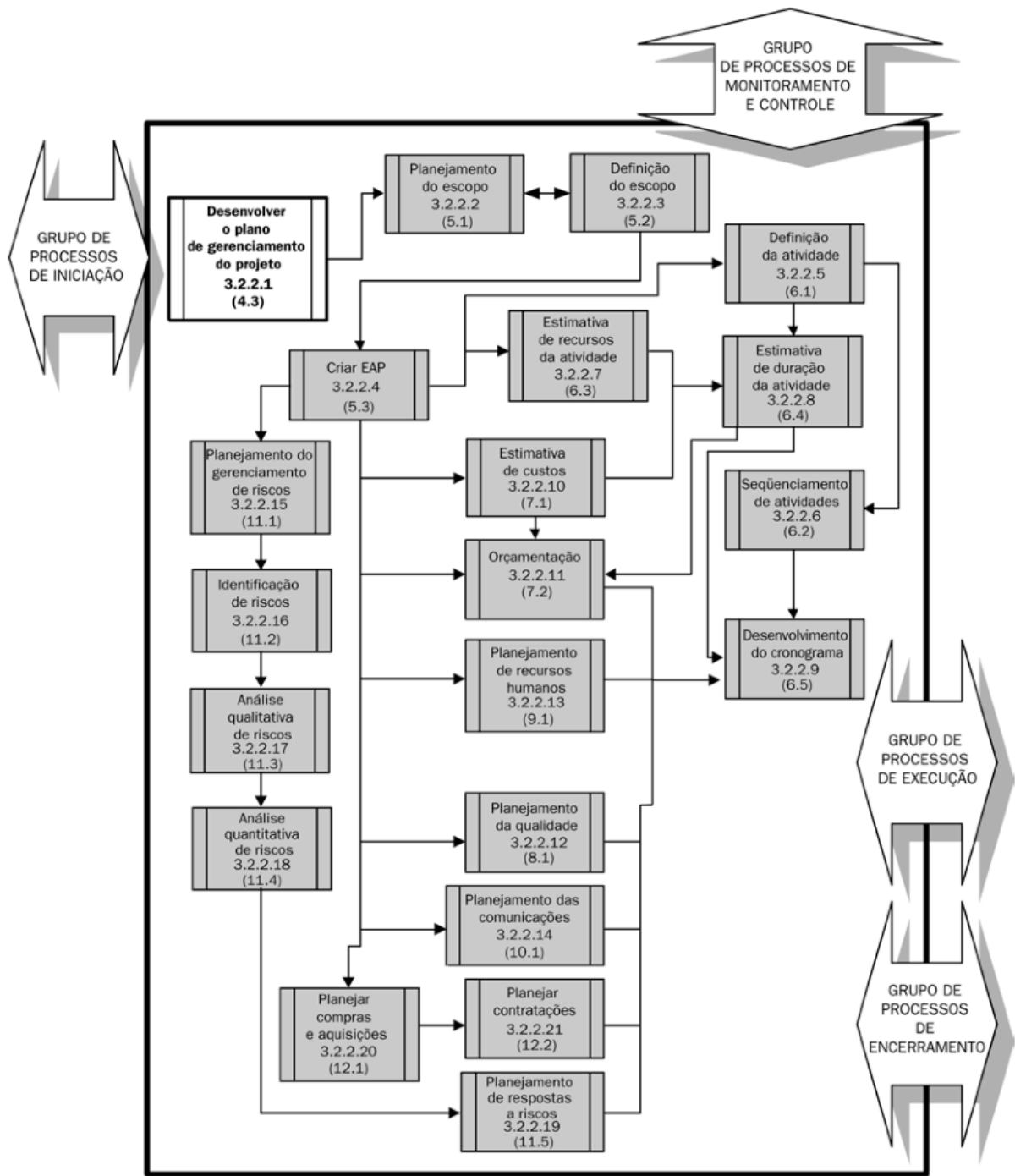


Figura 3.1 - Grupo de processos de planejamento (PMI, 2004, p. 47)

O grupo de processos de **monitoramento e controle** é formado pelos processos responsáveis pela observação da execução do projeto, permitindo que a equipe tenha uma visão clara da saúde do projeto, “de forma que possíveis problemas possam ser identificados no momento adequado e que possam ser

tomadas ações corretivas, quando necessário, para controlar a execução do projeto” (PMI, 2004, p. 59).

Finalmente, o grupo de processos de **encerramento**, onde estão os processos responsáveis por finalizar formalmente todas as atividades do projeto ou da fase, entregando o produto terminado ou encerrando o projeto cancelado (PMI, 2004, p. 66).

A terceira seção, denominada “áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos”, discorre sobre nove áreas de conhecimento em gerenciamento de projetos. São elas: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos e aquisições do projeto (PMI, 2004, p. 71). Os processos desta terceira seção são os mesmos apresentados na segunda seção, porém classificando os processos por área de conhecimento, e não por etapa no desenvolvimento do projeto. Além disso, na terceira seção os processos são abordados de forma mais detalhada. O relacionamento entre as duas seções pode ser observado na tabela 3.1.

A primeira área de conhecimento, denominada gerenciamento de **integração** do projeto, “inclui os processos e as atividades necessárias para identificar, definir, combinar, unificar e coordenar os diversos processos e atividades de gerenciamento de projetos dentro dos grupos de processos de gerenciamento de projetos” (PMI, 2004, p. 77).

A integração é requisitada sempre que processos de diferentes áreas necessitam interagir. Entre os processos da integração, podemos destacar o desenvolvimento do termo de abertura, do escopo preliminar e do plano de gerenciamento do projeto, a orientação da execução e o monitoramento do trabalho, e o encerramento do projeto (PMI, 2004, p. 78).

O gerenciamento do **escopo** do projeto é a segunda área de conhecimento do PMBoK. O objetivo do gerenciamento do escopo é “garantir que o projeto inclua todo o trabalho necessário, e somente ele, para terminar o projeto com sucesso” (PMI, 2004, p. 103).

<i>Processos de área de conhecimento</i>	<i>Grupo de processos de gerenciamento de projetos</i>				
	Iniciação	Planejamento	Execução	Monitoramento e controle	Encerramento
Integração de Gerenciamento de Projetos	- Desenvolver o termo de abertura do projeto; - Desenvolver a declaração do escopo preliminar do projeto	- Desenvolver o plano de gerenciamento do projeto	- Orientar e gerenciar a execução do projeto	- Monitorar e controlar o trabalho do projeto; - Controle integrado de mudanças	- Encerrar o projeto
Gerenciamento do escopo do projeto		- Planejamento do escopo; - Definição do escopo; - Criar EAP		- Verificação do escopo; - Controle do escopo	
Gerenciamento de tempo do projeto		- Definição da atividade; - Seqüenciamento de atividades - Estimativa de recursos da atividade; - Estimativa de duração da atividade; - Desenvolvimento do cronograma.		- Controle do cronograma	
Gerenciamento de custos do projeto		- Estimativa de custos; - Orçamentação		- Controle de custos	
Gerenciamento da qualidade do projeto		- Planejamento da qualidade	- Realizar a garantia da qualidade	- Realizar o controle da qualidade	
Gerenciamento de recursos humanos do projeto		- Planejamento de recursos humanos	- Contratar ou mobilizar a equipe do projeto - Desenvolver a equipe do projeto	- Gerenciar a equipe do projeto	
Gerenciamento das comunicações do projeto		- Planejamento das comunicações	Distribuição das informações	- Relatório de desempenho; - Gerenciar as partes interessadas	
Gerenciamento de riscos do projeto		- Planejamento do gerenciamento de riscos; - Identificação de riscos; - Análise qualitativa de riscos; - Análise quantitativa de riscos; - Planejamento de respostas a riscos		- Monitoramento e controle dos riscos	
Gerenciamento de aquisições do projeto		- Planejar compras e aquisições; - Planejar contratações	- Solicitar respostas de fornecedores; - Selecionar fornecedores	- Administração do contrato	- Encerramento do contrato

Tabela 3.1 - Mapeamento entre grupos de processos e áreas de conhecimento (Adaptado de PMI, 2004, p. 70)

A palavra “escopo” pode se referir a duas definições distintas. A primeira é o “escopo do produto”, que identifica “as características e funções que descrevem um produto, serviço ou resultado” (PMI, 2004, p. 104). A outra é o “escopo do projeto”, que define “o trabalho que precisa ser realizado para entregar um produto, serviço ou resultado com as características e funções especificadas” (PMI, 2004, p. 104). O capítulo de gerenciamento do escopo do projeto refere-se ao segundo conceito.

Entre os processos da área de conhecimento em gerenciamento do escopo do projeto pode-se destacar o planejamento, a definição detalhada, a verificação e o controle do escopo, e a criação da Estrutura Analítica do Projeto (EAP). A EAP, também chamada de WBS ou *Work Breakdown Structure*, é uma estrutura que visa organizar e definir o escopo total do projeto, decompondo o escopo em pacotes de trabalho, (PMI, 2004, p. 363) que por sua vez inclui as “atividades do cronograma e os marcos do cronograma necessários para terminar a entrega” (PMI, 2004, p. 371).

A área de conhecimento gerenciamento de **tempo** do projeto inclui os processos necessários para realizar o projeto dentro do prazo. Os seis processos descritos nesta área de conhecimento interagem entre si e entre processos de outras áreas de conhecimento. Entretanto, estes seis processos podem se sobrepor ou se unirem em um único, dependendo da abrangência do escopo (PMI, 2004, p. 123).

A quarta área de conhecimento trata dos **custos** do projeto. Esta área, denominada de gerenciamento de custos do projeto visa garantir que o projeto seja concluído dentro do orçamento aprovado, e trata principalmente do custo dos recursos necessários para terminar as atividades do cronograma (PMI, 2004, p. 156).

Os processos de gerenciamento de **qualidade** do projeto compõem a quinta área de conhecimento, e são responsáveis por garantir que o projeto atenda às necessidades que motivaram a sua realização. A descrição desta área de conhecimento procurou ser compatível com a da ISO, Gerenciamento de Qualidade

Total (GQT), Seis Sigma, FMEA, revisões de projeto, voz do cliente, custo da qualidade e melhoria contínua (PMI, 2004, p. 180).

A sexta área de conhecimento é a de gerenciamento de **recursos humanos** do projeto. Esta área é responsável por organizar e gerenciar a equipe do projeto, ou seja, as pessoas com funções e responsabilidades atribuídas para o término do projeto (PMI, 2004, p. 199).

A sétima área, denominada gerenciamento das **comunicações** do projeto, é constituída dos “processos necessários para garantir a geração, coleta, distribuição, armazenamento, recuperação e destinação final das informações sobre o projeto de forma oportuna e adequada” (PMI, 2004, p. 221)

O **gerenciamento de riscos** do projeto aparece no PMBoK como oitava área, e é constituída pelos processos responsáveis pela “análise, respostas, monitoramento e controle e planejamento do gerenciamento de riscos em um projeto” (PMI, 2004, p. 237). Este capítulo será descrito com mais detalhes nos capítulos seguintes.

A última área de conhecimento a ser descrita pelo PMBoK é denominada de gerenciamento de **aquisições** do projeto. Esta área é composta pelos “processos para comprar ou adquirir produtos, serviços ou resultados necessários de fora da equipe do projeto para realizar o trabalho” (PMI, 2004, p. 269).

Esta área também é responsável pelo gerenciamento de contratos, tanto com fornecedores quanto com clientes, e pela administração de obrigações contratuais estabelecidas para a equipe do projeto (PMI, 2004, p. 269).

4 GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS

O gerenciamento de riscos consiste em identificar as possíveis incertezas e tentar controlá-las. O nível de conhecimento em algum assunto pode ser dividido em três categorias: quanto todas as informações sobre algo são conhecidas, há a certeza absoluta. Este caso não pode ser classificado como risco, e sim como um caso conhecido. Quando se detém apenas algumas informações sobre algo, há a incerteza, visto que não se tem todas as informações necessárias para prever um fato. E quando não há nenhuma informação sobre algo, temos a total incerteza (SALLES JR. et al., 2006, p. 26).

O gerenciamento de riscos deve ser realizado dentro do espectro da incerteza, conforme apresentado na figura 4.1.

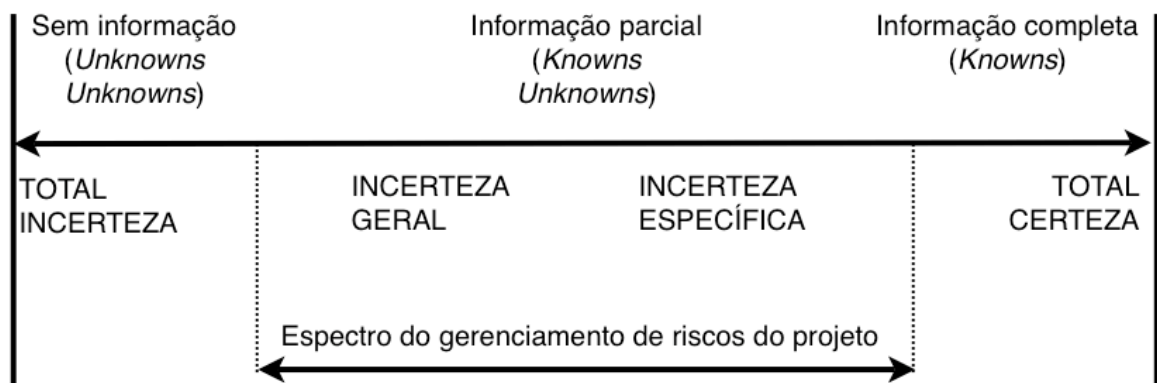


Figura 4.1 - Espectro do Gerenciamento de Riscos do projeto. Adaptado de SALLES JR. (2006), p. 26

Segundo HELDMAN (2005), a gerência de riscos é constituída de cinco passos básicos:

- identificação e documentação de riscos;
- análise e priorização;

- preparação de um plano de ações;
- monitoramento e controle do plano;
- realização de auditorias e revisões.

É importante que todos os passos do gerenciamento de riscos sejam executados. Conforme RAMOS (2006),

“O processo de gestão de riscos deve ser seguido em sua totalidade. De nada adianta durante a fase de planejamento do projeto fazer o planejamento de gerenciamento dos riscos, a identificação dos riscos, análise qualitativa e quantitativa, elaborar um plano de respostas aos riscos e deixar este plano arquivado. É preciso que o processo de monitoramento e controle de riscos também seja executado”.

Segundo HELDMAN (HELDMAN, 2005, p. 10-12), os riscos tendem a acontecer no início do projeto. Porém, quanto mais avançado o estágio do projeto, maior será o impacto de um risco. Isto nos leva a reforçar que a gerência de riscos deve ser feita durante todo o projeto, e não apenas em alguns momentos deste. Segundo esta autora, a gerência de riscos significa investir competências, conhecimento e ferramentas de gerência de riscos para reduzir perigos a um nível aceitável, enquanto maximiza-se oportunidades.

O conceito mais aceito para risco em gerenciamento de projetos é como apresentado no PMBoK, que o define como sendo “um evento ou condição incerta que, se ocorrer, terá um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade” (PMI, 2004, p. 8).

Com isso, o PMBoK especifica que “o objetivo do gerenciamento de riscos do projeto é aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e diminuir a probabilidade e o impacto dos eventos adversos ao projeto” (PMI, 2004, p. 237).

Nos próximos tópicos, serão descritos os processos da área de conhecimento em gerenciamento de riscos, de acordo com a versão de 2004 do PMBoK.

4.1.1 PLANEJAMENTO DO GERENCIAMENTO DE RISCOS

O planejamento do gerenciamento de riscos deve ser feito no início do projeto. Ele “é o processo de decidir como abordar e executar as atividades de gerenciamento de riscos em um projeto” (PMI, 2004). Uma das saídas desta fase é a metodologia – abordagens, ferramentas e fontes de dados – que serão utilizadas no gerenciamento de riscos.

4.1.2 IDENTIFICAÇÃO DE RISCOS

Identificação de riscos é um processo que deve ser desenvolvido durante todo o ciclo de vida do projeto, visto que novos riscos podem ser identificados a qualquer momento. Ela “determina os riscos que podem afetar o projeto e documenta suas características” (PMI, 2004).

“O processo de Identificação de riscos normalmente conduz ao processo Análise qualitativa de riscos. Alternativamente, também pode conduzir diretamente ao processo Análise quantitativa de riscos, quando realizado por um gerente de riscos experiente”. (PMI, 2004).

Este processo utiliza como entrada os fatores ambientais da empresa, ativos de processos organizacionais (informações de projetos anteriores), declaração de escopo do projeto, plano de gerenciamento de riscos e o plano de gerenciamento do projeto.

Entre as ferramentas e técnicas da Identificação de riscos, estão as revisões da documentação, técnicas de coleta de informações, análise da lista de verificação, análise das premissas e técnicas com diagramas.

Técnicas de coleta de informações são especificadas no PMBoK como *Brainstorming*, técnica Delphi (onde especialistas preenchem um questionário anonimamente, e as respostas são discutidas posteriormente), entrevistas com

participantes experientes, partes interessadas e especialistas, identificação da causa-raiz e análise de pontos fortes e fracos, oportunidades e ameaças.

A saída deste processo é o registro de riscos, que é constituído por uma lista de riscos identificados e as respostas possíveis, as suas causas-raiz, e a lista de categorias de risco atualizada.

4.1.3 ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS

A análise qualitativa de riscos prioriza os riscos identificados no processo de identificação de riscos. Conforme descrito no PMBoK, ela “avalia a prioridade dos riscos identificados usando a probabilidade deles ocorrerem, o impacto correspondente nos objetivos do projeto se os riscos realmente ocorrerem, além de outros fatores, como o prazo e tolerância a risco das restrições de custo, cronograma, escopo e qualidade do projeto” (PMI, 2004).

As ferramentas utilizadas por este processo são a avaliação de probabilidade e impacto dos riscos, a matriz de probabilidade e impacto, a avaliação da qualidade dos dados sobre riscos, a categorização de riscos e a avaliação da urgência do risco.

A avaliação de probabilidade e impacto de riscos, como o nome sugere, investiga as probabilidades e os impactos que um risco que venha a ocorrer tem sobre cada objetivo do projeto. Estas informações são necessárias para a construção da Matriz de Probabilidade e Impacto, e nesta etapa são definidas as escalas que serão utilizadas. Para a probabilidade, utilizam-se valores “desde ‘muito improvável’ até ‘quase certeza’”. Alternativamente, é possível usar probabilidades numéricas atribuídas em uma escala geral” (PMI, 2004). Por sua vez, “as escalas de impacto são específicas do objetivo potencialmente afetado, do tipo e tamanho do projeto, da situação financeira e estratégias da organização e da sensibilidade da organização a impactos específicos” (PMI, 2004). Para esta, utiliza-se valores desde “muito baixo” até “muito alto”, sendo que a estes podem ser atribuídos valores lineares (como uma progressão aritmética), ou não-lineares, como o apresentado na Figura 4.2. “As escalas não-lineares podem representar o desejo da organização de evitar ameaças de alto impacto ou de explorar oportunidades de alto impacto,

mesmo se elas tiverem uma probabilidade relativamente baixa. No uso de escalas não-lineares é importante entender o significado dos números e como se relacionam entre si, como são derivados e o feito que podem ter sobre os diversos objetivos do projeto” (PMI, 2004).

Matriz de probabilidade e impacto										
Probabilidade	Ameaças					Oportunidades				
0,90	0,05	0,09	0,18	0,36	0,72	0,72	0,36	0,18	0,09	0,05
0,70	0,04	0,07	0,14	0,28	0,56	0,56	0,28	0,14	0,07	0,04
0,50	0,03	0,05	0,10	0,20	0,40	0,40	0,20	0,10	0,05	0,03
0,30	0,02	0,03	0,06	0,12	0,24	0,24	0,12	0,06	0,03	0,02
0,10	0,01	0,01	0,02	0,04	0,08	0,08	0,04	0,02	0,01	0,01
	0,05	0,10	0,20	0,40	0,80	0,80	0,40	0,20	0,10	0,05

Impacto (razão) em um objetivo (por exemplo, custo, tempo, escopo ou qualidade)

Cada risco é classificado de acordo com sua probabilidade de ocorrência e com seu impacto em um objetivo, caso realmente ocorra. Os limites da organização para riscos baixos, moderados ou altos são mostrados na matriz e determinam a classificação do risco como baixo, moderado ou alto em relação a esse objetivo.

Figura 4.2 - Matriz de probabilidade e impacto (PMI, 2004, p. 252)

A matriz de probabilidade e impacto é obtida através dos resultados das definições de probabilidade e impacto dos riscos. Ela constitui uma tabela, onde o valor definido para as probabilidades é multiplicado pelo valor definido para o impacto, resultando um valor que define a prioridade do risco. A tabela é útil para definir quais riscos são prioritários, e para facilitar a identificação, orienta-se utilizar a cor vermelha para riscos altos, amarela para riscos moderados e verde para riscos baixos. No caso de a matriz ser em preto e branco, utiliza-se os tons de cinza para indicar a grau do risco, sendo o tom mais escuro o mais alto.

A avaliação da qualidade dos dados sobre riscos visa garantir que os dados sobre riscos possuem um grau de utilidade relevante para o gerenciamento de riscos. “Ela envolve examinar até que ponto o risco é entendido e também a exatidão, qualidade, confiabilidade e integridade dos dados sobre riscos” (PMI, 2004).

A categorização de riscos constitui agrupar os riscos “por fonte de risco, pela área do projeto afetada ou por outra categoria útil, para determinar as áreas do projeto mais expostas aos efeitos da incerteza” (PMI, 2004). Este agrupamento “pode possibilitar o desenvolvimento de respostas a riscos eficazes” (PMI, 2004).

Por último, a avaliação da urgência do risco orienta que deve-se considerar mais urgentes os riscos que exigem respostas a curto prazo.

A análise qualitativa de riscos tem como saída a atualização do registro de riscos, incluindo a classificação relativa ou a lista de prioridades dos riscos do projeto, o seu agrupamento por categorias, uma lista de riscos que exigem resposta a curto prazo, a lista de riscos para análise e resposta adicionais e a lista de observação de riscos de baixa prioridade.

4.1.4 ANÁLISE QUANTITATIVA DE RISCOS

Nesta etapa, os processos priorizados na análise qualitativa de riscos têm seus efeitos analisados e é atribuída uma classificação numérica a eles. Este processo usa técnicas como a simulação de Monte Carlo e a análise da árvore de decisão para (PMI, 2004):

- Quantificar os possíveis resultados do projeto e suas probabilidades.
- Avaliar a probabilidade de atingir objetivos específicos do projeto.
- Identificar os riscos que exigem mais atenção quantificando sua contribuição relativa para o risco total do projeto.
- Determinar a melhor decisão de gerenciamento de projetos quando algumas condições ou resultados forem incertos.

A análise quantitativa de riscos utiliza duas técnicas para fazer as análises probabilísticas no gerenciamento de riscos: técnicas de representação e coleta de dados, e análise quantitativa de riscos e técnicas de modelagem.

Estão descritas como técnicas de representação e coleta de dados as entrevistas, que consistem em coletar informações em diferentes cenários (como otimista, pessimista e mais provável ou média), a distribuição de probabilidades, que podem ser feitas com valores contínuos (para representar incerteza nos valores, como por exemplo os custos dos componentes ou a duração das atividades), ou discretos (para representar eventos incertos, como um cenário possível em uma árvore de decisão), e a opinião especializada, a fim de validar os dados e as técnicas.

Como análise quantitativa de riscos e técnicas de modelagem, comumente são utilizadas as seguintes técnicas:

- análise de sensibilidade, que “examina a extensão com que a incerteza de cada elemento do projeto afeta o objetivo que está sendo examinado quando todos os outros elementos incertos são mantidos em seus valores de linha de base” (PMI, 2004);
- análise do valor monetário esperado, “conceito estatístico que calcula o resultado médio quando o futuro inclui cenários que podem ou não acontecer” (PMI, 2004);
- análise da árvore de decisão, “que descreve uma situação que está sendo considerada e as implicações de cada uma das escolhas disponíveis e cenários possíveis” (PMI, 2004);
- modelagem e simulação, onde “o modelo do projeto é calculado muitas vezes (iterado), sendo os valores das entradas randomizados a partir de uma função de distribuição de probabilidades” (PMI, 2004).

A saída da Análise Quantitativa de Riscos consiste em uma nova atualização do registro de riscos, tendo como componentes principais:

- análise probabilística do projeto;

- probabilidade de realização dos objetivos de custo e tempo;
- lista priorizada de riscos quantificados;
- tendências dos resultados da análise quantitativa de riscos.

4.1.5 PLANEJAMENTO DE RESPOSTAS A RISCOS

A função do planejamento de respostas a riscos é “determinar ações para aumentar as oportunidades e reduzir as ameaças aos objetivos do projeto” (PMI, 2004). Nele são definidas as estratégias que serão utilizadas caso um risco seja detectado, assim como identificados e designados responsáveis para cada risco acordado.

Três estratégias são definidas para lidar com riscos negativos:

- Prevenir: significa que as ameaças devem ser eliminadas, isolando assim os objetivos do projeto do impacto do risco ou flexibilizando o objetivo que está sendo ameaçado.
- Transferir: mais eficaz quando relacionada a riscos financeiros, a transferência de riscos não os elimina. Apenas os transfere para terceiros a responsabilidade de seu gerenciamento. Exemplos de transferência são seguros, garantias e terceirização de serviços.
- Mitigar: a mitigação de riscos exige a redução da probabilidade e/ou impacto de um evento de risco adverso até um limite aceitável (PMI, 2004). A mitigação considera que é menos prejudicial reduzir a probabilidade ou impacto do risco enquanto ele está ocorrendo, do que arcar com as conseqüências de seu acontecimento.

De mesma forma, três são as estratégias definidas para lidar com os riscos positivos:

- Explorar: estratégia que visa garantir que a oportunidade seja concretizada.

- Compartilhar: de forma similar a transferência, o compartilhamento atribui a propriedade do risco a terceiros, porém visa que estes possam capturar melhor a oportunidade em benefício do projeto.
- Melhorar: visa aumentar a probabilidade ou o impacto positivo do risco, através da identificação e maximização de seus principais acionadores.

Além destas estratégias, existe ainda uma quarta utilizada tanto para ameaças quanto para oportunidades, denominada de “Aceitação”. A aceitação é “adotada porque raramente é possível eliminar todos os riscos de um projeto” (PMI, 2004). A aceitação pode ser passiva ou ativa. Quando passiva, a equipe trata as ameaças e oportunidades conforme ocorrem. Quando ativa, normalmente são estabelecidas reservas para contingências.

O PMBoK define ainda estratégias para respostas contingenciadas, que devem ser usadas somente em caso de determinados eventos acontecerem. “Os eventos que provocam a resposta da contingência [...] devem ser definidos e acompanhados” (PMI, 2004).

4.1.6 MONITORAMENTO E CONTROLE DOS RISCOS

O Monitoramento e Controle de riscos é um processo contínuo que deve ser executado durante toda a vida do projeto. Seu objetivo é encontrar novos riscos, e monitorar as mudanças dos já identificados. Conforme descrito no PMBoK, “monitoramento e controle de riscos é o processo de identificação, análise e planejamento dos riscos recém-surgidos, acompanhamento dos riscos identificados e dos que estão na lista de observação, re-análise dos riscos existentes, monitoramento das condições de acionamento de planos de contingência, monitoramento dos riscos residuais e revisão da execução de respostas a riscos enquanto avalia sua eficácia” (PMI, 2004).

O PMBoK ainda orienta que o monitoramento e controle de riscos deve determinar se:

- As premissas do projeto continuam válidas.
- O risco, conforme avaliado, mudou seu estado anterior.
- Os procedimentos e políticas de gerenciamento de riscos adequados estão sendo seguidos.
- As reservas para contingências dos custos ou do cronograma devem ser modificadas de acordo com os riscos do projeto.

O monitoramento e controle de riscos consiste em reavaliar os riscos, auditá-los, realização de análise de tendências e da variação, medição do desempenho técnico, análise das reservas e a realização de reuniões de andamento.

5 FMEA

Em 1949, foi criado no exército americano um processo formal denominado “*Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Criticality Analysis*” (Procedimentos para desenvolver uma análise de modo, efeitos e criticidade de falhas), que mais tarde foi denominado apenas FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis*, ou Análise de Modo e Efeito de Falhas). Nos anos 60, a NASA desenvolveu esta técnica como parte do programa Apollo, com o objetivo de eliminar falhas em equipamentos que não teriam como ser consertados após lançados (DAILEY, 2004, p.5).

“FMEA é uma técnica de engenharia usada para definir, identificar e eliminar falhas, problemas e erros conhecidos e/ou potenciais de sistemas, projetos, processos e/ou serviços antes que eles cheguem ao consumidor” (STAMATIS, 2003 apud OMDAHL, 1988 apud ASQC, 1983).

O principal objetivo do FMEA é evitar que problemas cheguem até o consumidor final do produto, sistema, processo ou serviço. Por isso, FMEA provê um método sistemático para examinar todos os modos que uma falha pode ocorrer (STAMATIS, 2003, p. 22).

Neste sentido, RAMOS (2006) explica que “a técnica de FMEA foi criada com enfoque no projeto de novos produtos e processos, mas devido a sua grande utilidade, passou a ser aplicada de diferentes formas e em diferentes tipos de organizações” (RAMOS, 2006).

O FMEA surgiu da combinação de cinco técnicas : Kaizen, Brainstorming, Regra de Pareto, Análise de Causa Raiz e Mapeamento de Processo (DAILEY, 2004, p. 6). Atualmente, são aceitos três padrões de FMEA: o J1739, mantido pela SAE (Sociedade dos Engenheiros Automotivos), o FMEA-3, da AIAG (Grupo de Ação da Indústria Automotiva), e a terceira edição do Manual de FMEA da ASQ (Associação Americana para Qualidade) (DAILEY, 2004, p. 19). Este trabalho utilizará como principal fonte o FMEA mantido pela ASQ, escrito por D. H. Stamatis em 2003.

5.1 TIPOS DE FMEA

Originalmente existem dois tipos de FMEA: de Projeto ou DFMEA (*Design Failure Mode and Effects Analysis*) e de Processo ou PFMEA (*Process Failure Mode and Effects Analysis*) (DAILEY, 2004, p. 7 e QUALITY ASSOCIATES INTERNATIONAL). Segundo Dailey (2004, p. 7), pode-se ainda personalizar o FMEA utilizando critérios particulares. Segundo este autor esta personalização é um adicional importante ao FMEA, por considerar atributos exclusivos de cada projeto, e evitar o uso de material com direitos autorais.

Entretanto, Stamatis apresenta vários outros tipos de FMEA, dos quais pode-se destacar: de Sistema (*System FMEA*), uma variação do DFMEA realizada anteriormente a este, com o objetivo de analisar sistemas e subsistemas no início da concepção do projeto; e de Serviço (*Service FMEA*), uma variação do PFMEA, realizado em substituição a este quando não há entrega de um produto, e sim de um serviço. Seu objetivo é identificar modos de falha potenciais ou conhecidos e prover ações corretivas e investigativas a um serviço antes que ele alcance o consumidor (STAMATIS, 2003, p. 40-43, 185).

Estes FMEAs propostos por Stamatis complementam e interagem com os FMEAs originais, de projeto (*Design*), que segundo este autor é utilizado para analisar produtos antes que sejam disponibilizados para a produção, e de processo (*Process*), usado para analisar os processos de manufatura e montagem.

Segundo o modelo de Stamatis, a saída do FMEA de Sistema é utilizada como entrada no FMEA de Projeto, que por sua vez vira entrada para o FMEA de Processo e/ou de Serviço (STAMATIS, 2003, p. 107), conforme a Figura 5.1.

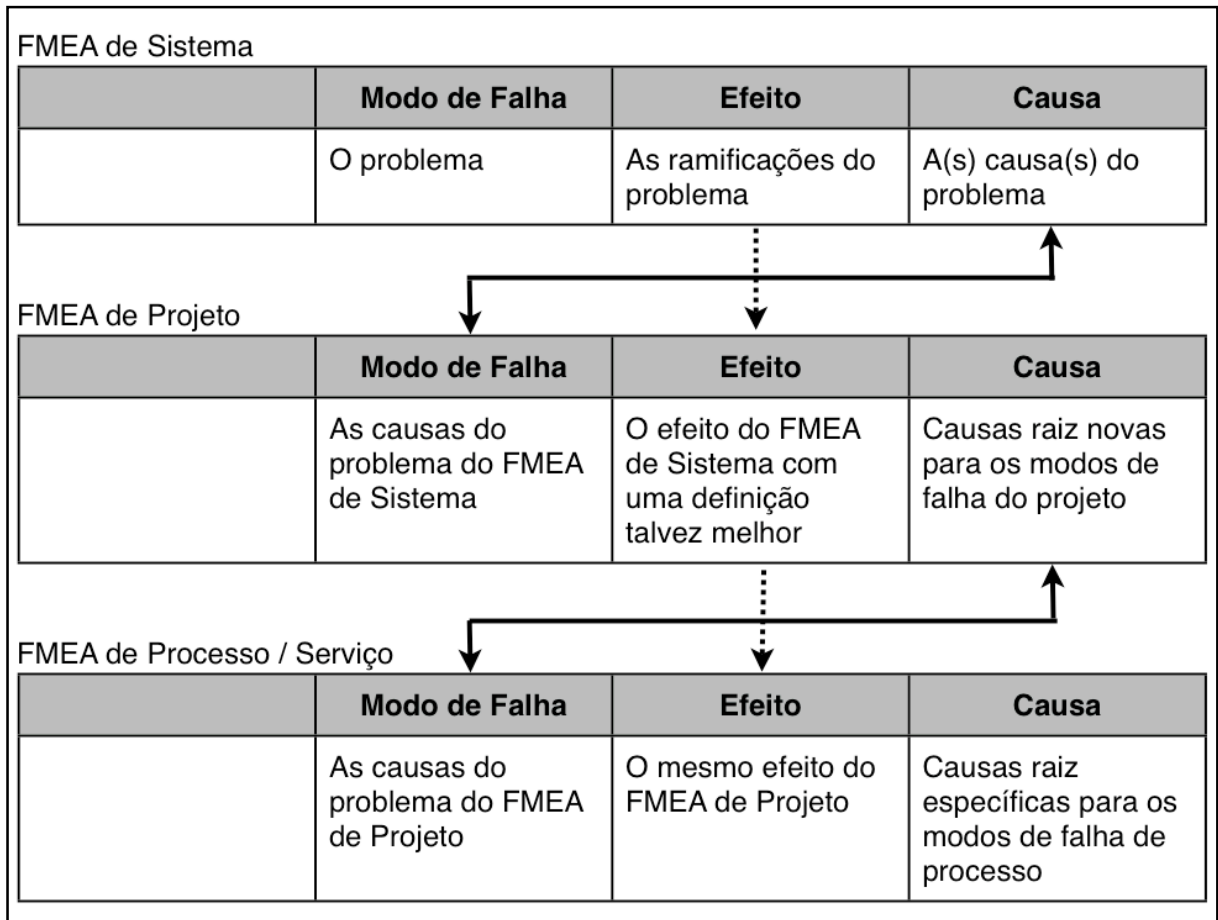


Figura 5.1 – Relação entre FMEA de Sistema, Projeto e Processo ou Serviço. Adaptado de STAMATIS (2003), p. 108 e 110.

A relação entre o modo de falha e a(s) causa(s) não é linear ou um-a-um. Admite-se que exista uma ou várias causas para um modo de falha. Deve-se sempre listar todas as causas possíveis. Quanto mais causas forem identificadas no FMEA de Sistema, mais fácil ficará o FMEA de Projeto (STAMATIS, 2003, p. 119-120).

Todos os FMEAs são variações de uma mesma tabela, com pequenas modificações que auxiliam na execução da tarefa a que ele se propõe. A figura 5.2 demonstra um modelo com o mínimo de colunas que uma tabela de DFMEA deve possuir.

(1) Nome do subsistema		(4) Envolv. com fornece										(8) Data do FMEA											
(2) Responsabilidade do projeto		(5) Produto/Modelo		(6) Data de lançamento		(7) Preparado por		(9) Data rev. FMEA		(10) Nome do Fragmento		de											
(3) Envolvimento com outros		CC		S E V		Causa Potencial da Falha		O C C		Método de Detecção		D E T		R P N		Ação recomendada		Pessoa/área responsável e data de finalização		Resultado das Ações			
Função no projeto	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Ação tomada	23	S E V	O C C	D E T	R P N	24			
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24										
(25) Assinaturas de aprovação		(26) Assinaturas de Concordância																					

Figura 5.2 – Modelo de DFMEA (STAMATIS, 2003, p. 135)

Um dos principais pontos do FMEA é a classificação dos modos de falha em “itens de classificação”, que definem três pontos: o impacto de um modo de falha (item 15 na figura 5.2), a capacidade de detecção para este modo de falha (item 19 na figura 5.2), e a frequência que a falha pode ocorrer (item 17 na figura 5.2). O produto destes três valores cria o RPN (item 20 na figura 5.2), ou *Risk Priority Number*. A função do RPN é priorizar os riscos mais críticos, com maior chance de ocorrência e menor probabilidade de detecção.

Cada projeto possui seus próprios itens de classificação, que devem ser personalizados. “Geralmente, há duas maneiras que os itens de classificação são formulados: Qualitativos e quantitativos. Em ambos os casos, os valores numéricos podem ser de 1 a 5 ou de 1 a 10, sendo que de 1 a 10 é a forma mais comum” (STAMATIS, 2003, p. 111).

Um dos objetivos do FMEA é tomar as atitudes necessárias para que o RPN de todos os modos de falha seja inferior a 50 , considerando que se adote 95% de confiança, e que os três itens de classificação estejam no intervalo de 1 a 10 (STAMATIS, 2003, p. 30).

5.1.1 FMEA DE PROJETO

O FMEA de Projeto (*Design FMEA*), também chamado de DFMEA, tem como objetivo identificar os modos de falha, promovendo ações investigativas e corretivas antes que a primeira produção ocorra. A primeira produção é vista como a que gera algum produto ou serviço ao consumidor com a intenção de ser pago (STAMATIS, 2003, p. 129).

Geralmente, no FMEA de Projeto utiliza-se uma lista estruturada de materiais como informação básica (DAILEY, 2004, p. 7). Ele normalmente é realizado durante o processo de engenharia do sistema, desenvolvimento do produto, pesquisa e desenvolvimento, marketing, manufatura ou uma combinação destes (BLANCHARD, 1986 apud STAMATIS, 2003, p.129).

Existem dois requisitos para a realização de um FMEA de Projeto: a identificação do formulário correto, visto que não há um padrão, e cada empresa deve desenvolver o seu, baseado nas necessidades do consumidor e das suas próprias; e a identificação dos itens para classificação, que também não possuem um padrão (STAMATIS, 2003, p. 133-134).

O DFMEA, segundo o modelo da ASQ, utiliza como entrada o resultado do FMEA de Sistema, e fornece dados para os FMEAs de Serviço e de Processo. Para desempenhá-lo, considera-se que o sistema está na melhor forma possível. Caso contrário, os FMEAs de Sistema e de Projeto serão feitos simultaneamente, e tenderão a nunca terminar suas tarefas (STAMATIS, 2003, p. 133).

Tabela 5.1 -

Efeito	Grau	Critério
Nenhum	1	Nenhum efeito
Muito desprezível	2	Consumidor não se incomoda. Efeito muito desprezível no desempenho do produto. Algumas vezes é reportada falha não-vital.
Desprezível	3	Incomodo do consumidor desprezível. Efeito desprezível no desempenho do produto. Muitas vezes é reportada falha não-vital.
Menor	4	Consumidor se incomoda um pouco. Pequeno efeito no desempenho do produto. Falha não necessita de reparo. Sempre é reportada falha não-vital.
Moderado	5	Consumidor fica um pouco insatisfeito. Efeito moderado no desempenho do produto. Falha em parte não-vital necessita de reparos.
Significante	6	Consumidor fica desconfortável. Desempenho do produto degradada, porém permanece operante e seguro. Parte não-vital inutilizável.
Maior	7	Consumidor insatisfeito. Desempenho do produto muito afetada, mas funcional e seguro. Subsistema inutilizável.
Extremo	8	Consumidor muito insatisfeito. Produto inutilizável mas seguro. Sistema inutilizável.
Sério	9	Potencial efeito perigoso. Possível parar o produto sem acidentes. Falha depende de tempo. Concordância com órgãos reguladores em perigo.
Perigoso	10	Efeito perigoso. Relacionado a segurança - falha inesperada. Não concorda com órgãos reguladores.

003), p. 141

Detecção	Grau	Critério
Quase certa	1	Possui a maior efetividade possível em cada categoria aplicável
Muito alta	2	Possui efetividade muito alta
Alta	3	Possui efetividade alta
Moderada	4	Possui efetividade considerável
Média	5	Possui efetividade média
Pequena	6	Possui pouca efetividade
Desprezível	7	Possui muito pouca efetividade
Muito desprezível	8	Possui a menor efetividade em cada categoria aplicável
Remota	9	É improvável, ou não confiável, or efetividade é desconhecida
Quase impossível	10	Não há técnica disponível ou conhecida, e / ou nada está planejado

Tabela 5.2 - Guia de capacidade de detecção para FMEA de Projeto. Adaptado de STAMATIS (2003), p. 149

Ocorrência	Grau	Critério	CNF/1000
Quase impossível	1	Falha incomum. Histórico não mostra falha.	<0,00058
Remota	2	Raras falhas semelhantes	0,0068
Muito desprezível	3	Muito poucas falhas semelhantes	0,0063
Desprezível	4	Poucas falhas semelhantes	0,46
Pequena	5	Ocasionalmente ocorrem falhas semelhantes	2,7
Média	6	Algumas falhas semelhantes.	12,4
Moderada	7	Quantidade considerável de falhas semelhantes	46
Alta	8	Número alto de falhas semelhantes	134
Muito alta	9	Número muito alto de falhas semelhantes	316
Quase certa	10	Falha praticamente certa. Há histórico de falhas em projetos anteriores.	> 316

Tabela 5.3 - Guia de ocorrência para FMEA de Projeto. Adaptado de STAMATIS (2003), p. 144

“Algumas perguntas a serem feitas durante a execução de um DFMEA são:- O que o produto faz, e quais são suas intenções de uso? - Como o produto executa suas funções? - Que matérias-primas e componentes são utilizados para construir o produto? - Como, e em que condições, o produto se comunica com outros produtos? - Que sub-produtos são criados pelo produto ou pelo uso do produto? - Como o produto é usado, mantido, consertado e descartado? - Quais são as etapas de manufatura na produção do produto? - Que fontes de energia estão envolvidas e como? - Quem utilizará ou estará nas vizinhanças do produto, e quais são as capacidades e limitações destes indivíduos?” (STAMATIS, 2003, p. 132)

A tabela 5.1 apresenta uma sugestão de itens de classificação para o Impacto, enquanto a tabela 5.2 apresenta uma sugestão para a capacidade de detecção, e a tabela 5.3 para a ocorrência. Nesta última tabela, consta uma coluna para representar a número acumulado de falhas de componentes a cada 1000 exemplares (Cumulative Number of component Failures per 1000), identificada por CNF/1000.

5.1.2 FMEA DE SISTEMA

O FMEA de Sistema é uma variação de DFMEA, e é utilizado para analisar sistemas no estágio inicial de concepção e projeto (STAMATIS, 2003, p. 40). Basicamente, ele é utilizado “durante o processo de engenharia do sistema, desenvolvimento do produto, pesquisa e desenvolvimento, ou uma combinação destes itens” (BLANCHARD 1986, apud STAMATIS, 2003, p. 107).

O ganho que se obtém do FMEA de sistema é demonstrar um balanço entre fatores operacionais e econômicos. Para alcançar este objetivo, o FMEA de Sistema deve basear seus requisitos em expectativas e necessidades sólidas dos clientes (STAMATIS, 2003, p. 108). Assim como nos demais FMEAs, não existe um formulário padrão para o FMEA de Sistema, visto que cada empresa possui clientes com problemas diferentes (STAMATIS, 2003, p. 111).

5.1.3 FMEA DE PROCESSO

O FMEA de Processo (*Process FMEA*), também denominado PFMEA, é, ao lado do DFMEA um dos tipos primários de FMEA. Assim como o FMEA de Projeto, o FMEA de Processo deve ser executado antes de o primeiro ciclo de produção ocorrer. Esta definição de primeira execução é importante porque exclui testes e protótipos, e nesta fase mudanças no projeto não causam grande impacto (STAMATIS, 2003, p. 155).

A diferença entre o FMEA de Processo e o FMEA de Projeto está na origem da informação: enquanto o FMEA de Projeto utiliza uma lista estruturada de materiais, o FMEA de Processo utiliza diagramas de fluxo de processo como documento fonte (DAILEY, 2004, p. 7).

O resultado esperado do FMEA de Processo é um produto livre de defeitos, ou a “informação necessária para ser usada como base para o produto, montagem e/ou o FMEA de Serviço” (STAMATIS, 2003, p. 155).

Entretanto, é sabido que não é fácil conhecer todos os processos no início da produção. Muitas vezes, o conhecimento sobre os processos é desenvolvido no decorrer do tempo. “Então, o FMEA de Processo se torna um documento vivo (dinâmico como contrário a estático) para refletir as mudanças nos processos” (STAMATIS, 2003, p. 156).

Geralmente, há dois tipos básicos de técnicas para conhecimento dos processos que são utilizadas nos estágios iniciais. A primeira denomina-se “Estudos sobre habilidades do processo” (*process capability studies*), onde são determinadas as capacidades herdadas de elementos específicos do processo de produção.

A segunda denomina-se “avaliação do processo obrigatório” (*mandatory process evaluation*), onde cada empresa estabelece pontos de avaliação para variáveis específicas que são críticas para a operação ou o consumidor. Pode-se sugerir como pontos obrigatórios de avaliação a certificação de funcionários, a validação de ferramentas, os processos críticos (que envolvem segurança, consumidores ou regulamentos governamentais), e operações de teste (STAMATIS, 2003, p. 156-157).

O objetivo do FMEA de processo é “definir, demonstrar e maximizar soluções de engenharia em resposta à qualidade, confiabilidade, manutenção, custo e produtividade” (STAMATIS, 2003, p. 157).

“Para alcançar este objetivo, o FMEA de processo deve basear seus requerimentos em necessidades, desejos e expectativas sólidos do consumidor. Como uma regra geral, estas informações devem ser resultado de um QFD, ou uma necessidade interna para melhoria, ou os resultados do FMEA de projeto” (STAMATIS, 2003, p. 157).

A citada Distribuição de Qualidade de Função (*Quality Function Deployment* ou QFD) trata-se de um “método estruturado em que os requerimentos do consumidor são traduzidos em requerimentos técnicos apropriados, para cada estágio do desenvolvimento e produção do produto” (STAMATIS, 2003, p. 433).

Assim como no FMEA de Projeto, a tabela e os itens de classificação devem ser personalizados. A figura 5.3 apresenta uma sugestão de modelo para o FMEA de Projeto. Ele é dividido em três partes: A primeira, representada pelos itens de 1 a 9, reflete uma introdução à tabela. Estes itens não são obrigatórios, porém fornecem informações importantes que podem ser necessárias no curso do desenvolvimento do FMEA (STAMATIS, 2003, p. 161).

A segunda parte é representada pelos itens de 10 a 23. Estes itens são obrigatórios para um FMEA de Processo. A ordem das colunas pode ser alterada, e outras podem ser adicionadas. Porém, nenhuma coluna deve ser removida. Estes itens devem ser vistos como o corpo do FMEA de Projeto (STAMATIS, 2003, p. 161).

A terceira parte são os itens 24 e 25. Estes itens são apenas assinaturas, e assim como a primeira parte, não são obrigatórios. Porém, eles refletem a autoridade e a responsabilidade da equipe em se comprometer com o projeto de escrever o FMEA (STAMATIS, 2003, p. 161).

(1) Nome do processo		(3) Envolvimento com outros		(6A) Data prod. chave												
(1A) Nome da parte		(4) Envolv. com fornecedor		(7) Preparado por												
(2) Respons. manufatura/projeto		(5) Produto/Modelo		(8) Data do FMEA												
(2A) Pessoa Responsável		(6) Data de lançamento		(9) Data rev. FMEA												
				Página	de											
Função do processo	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	CC	SEV	Causa Potencial da Falha	OC	Método de Detecção	DETN	Ação recomendada	Estratégia	Pessoa/área responsável e data de finalização	Ação tomada	Resultado das Ações			
													S	O	D	R
													E	C	E	P
													V	C	T	N
(24) Assinaturas de aprovação													(25) Assinaturas de Concordância			

Figura 5.3 - Modelo de PFMEA (STAMATIS, 2003, p. 162)

Por ser a parte obrigatória do FMEA de processo, serão descritos apenas os itens de 10 a 23, conforme o exposto por Stamatis (2003), nas páginas de 161 a 182.

O item 10, “Função do Processo”, deve conter a intenção, propósito ou objetivo do processo. Este item deve conter o que o processo é, e não o que deveria ser. Geralmente, identifica-se a função do processo com um diagrama de fluxo seguido por uma análise de tarefas (STAMATIS, 2003, p. 163-165).

O item 11, “Modo de Falha Potencial”, identifica o problema, a preocupação, a oportunidade de melhorar, a falha, a rejeição ou o defeito. Quanto mais específico for, melhor a oportunidade de identificação os efeitos e causas da falha. Uma falha de processo ocorre quando um produto não protege contra riscos de danos pessoais, falha em executar as funções desejadas com segurança, ou falha em minimizar conseqüências evitáveis no evento ou no acidente. Para cada função identificada no item 10, deve-se listar a falha correspondente da função, sendo que é possível haver mais de uma (STAMATIS, 2003, p. 165-166).

O item 12, “Efeito Potencial da Falha”, deverá conter os efeitos potenciais da falha, que é a conseqüência de sua falha no próximo processo, operação, produto, consumidor e/ou normas governamentais. Para identificar efeitos potenciais, alguns dos documentos que devem ser revistos são: “dados históricos, documentos de garantia, reclamações de usuários, dados de serviços, dados de confiabilidade, estudos de viabilidade, FMEAs similares passados - tanto de processo quanto de projeto” (STAMATIS, 2003, p. 166-168).

A coluna 13, abreviada como CC para Características Críticas (também representada por um “delta invertido”, ou seja, um triângulo com um dos vértices apontando para baixo), deve ser preenchida apenas com um S de “Sim”, ou com um “N” de “Não”. Seu objetivo é marcar uma característica crítica potencial que deve ou não existir. Exemplos de características críticas potenciais são dimensões, testes, especificações, e utilização (STAMATIS, 2003, p. 167-168).

A coluna 14, abreviada como “SEV”, é denominada “impacto do efeito” ou “severidade do efeito”, e deve conter o grau indicativo da seriedade do efeito

potencial do modo de falha do processo. Há uma correlação direta entre o efeito e o impacto. Para fins de avaliação, normalmente há uma tabela que reflete os assuntos da empresa em conjunto com o consumidor e/ou as normas governamentais. Um exemplo de tabela de impacto é apresentado na tabela 5.4.

Efeito	Grau	Critério
Secundário: Não há porque esperar que a natureza secundária desta falha poderia causar qualquer efeito real no produto e / ou serviço. Consumidor provavelmente não perceberá a falha.	1	Não há porque esperar que a natureza secundária desta falha poderia causar qualquer efeito perceptível no produto e / ou serviço. Consumidor provavelmente não será capaz de detectar a falha.
Pequeno: Impacto pequeno devido a natureza da falha, causando apenas um pequeno incômodo no consumidor. Consumidor provavelmente perceberá uma pequena deterioração do produto e/ ou serviço, uma pequena inconveniência no próximo processo, ou um pequeno retrabalho.	2 - 3	Impacto pequeno devido ao pequeno incômodo da falha. Consumidor provavelmente irá perceber uma deterioração muito pequena do produto e/ou serviço.
Moderado: Grau moderado porque a falha causa insatisfação. Consumidor se sente desconfortável ou irritado pela falha. Pode causar reparos não-agendados ou danos ao equipamento.	4 - 6	Falhas moderadas causam insatisfação do consumidor. Consumidor se sente desconfortável e/ou é irritado pela falha. Alguma degradação de desempenho é perceptível.
Alta: Alto grau de descontentamento do consumidor devido à natureza da falha, como produto inutilizável ou função inutilizável. Não envolve problemas de segurança ou normas governamentais. Pode causar interrupções para processo e/ou serviços subsequentes.	7 - 8	Alto grau de descontentamento do consumidor, devido à natureza da falha. Sem problemas com segurança ou normas governamentais.
Muito alto: Impacto muito alto ocorre quando a falha atinge a segurança ou envolve não concordância com normas governamentais.	9 - 10	Intensidade muito alta quando envolve problemas de segurança ou concordância com normas governamentais são ignoradas.

Tabela 5.4 - Grau de Impacto do processo e/ou serviço. Adaptado de Stamatís (2003), p. 169-170.

O Item 15, “Causas Potenciais da Falha”, representa a deficiência no processo que resulta no modo de falha. “Ela deve ser enfatizada repetidamente que quando se foca na causa, deve-se olhar na causa raiz, não no sintoma da falha.” (STAMATIS, 2003, p. 168). Quanto mais se foca na causa raiz, mais se compreende a falha. Portanto, é primordial ser específico neste campo. Um dos métodos utilizados para este campo é perguntar cinco “por quês” em seqüência. A relação entre modo de falha e suas causas não é linear ou um-a-um. Muitas vezes, há várias causas para um modo de falha (STAMATIS, 2003, p. 168-172).

A coluna 16, abreviada como “OCC”, indica o “valor correspondente ao número estimado de freqüências e/ou número acumulado de falhas que poderiam ocorrer para uma dada causa, sobre uma dada quantidade de partes produzidas com os controles existentes” (STAMATIS, 2003, p. 172). Quando a freqüência de acontecimentos é calculada, ela deve ser feita para todos os modos de falha. Se não é possível estimar, deve-se utilizar o valor máximo (10). Há uma grande variedade de formas de gerar os índices de ocorrência. Uma sugestão é dada na tabela 5.5. Também pode-se selecionar utilizando um dos seguintes critérios: Escala FITS (1 FIT é igual a aproximadamente uma ocorrência a cada 10⁹h), Índice de potencial de processo (*Process Capability Index* ou *Cpk*, método estatístico que verifica se a distribuição da variação de um processo controlado está dentro de limites especificados), ou critérios subjetivos (quando não há dados disponíveis) (STAMATIS, 2003, p. 172-173)

A coluna 17, “Método de Detecção”, deve conter um método, teste ou análise de engenharia. Estes métodos podem ser simples (*brainstorming*, auditoria) ou avançados (análise de elementos finitos, padrões militares, simulação computacional, testes de laboratório). Independente da técnica, o objetivo é detectar o problema antes que ele chegue ao consumidor (STAMATIS, 2003, p. 173-178).

A coluna 18, “Detecção”, deve conter “o índice correspondente à probabilidade que os controles do processo atual irão detectar uma causa raiz específica de um modo de falha antes que a parte deixe a área de produção” (STAMATIS, 2003, p. 178). Para identificar um índice de detecção, deve-se estimar a habilidade que cada um dos controles identificados no item 17 tem para detectar a

falha antes que ela atinja o consumidor. Deve-se tomar cuidado para não considerar que a capacidade de detecção é baixa apenas porque a ocorrência é baixa. Estes valores podem ou não estar relacionados. Se a habilidade de detecção dos controles for desconhecida, deve-se considerar o valor máximo (10). Um exemplo de tabela de detecção é apresentado na Tabela 5.6.

Índice	Critério
1	Falha é incomum. Cpk maior ou igual a 1,67 (< 1 em 10 ⁶ ou ~ ± 5σ)
2	Muito baixa: Processo está em controle estatístico. Falhas isoladas existem. Cpk é maior ou igual a 1,33 (1 em 20.000 ou ~ ± 4σ).
3	Baixa: Processo em controle estatístico. Falhas isoladas ocorrem as vezes. Cpk é maior ou igual a 1 (1 em 4.000 ou ~ ± 3σ).
4 - 6	Moderado: Processo em controle estatístico com falhas ocasionais mas não em maiores proporções. Cpk é menor ou igual a 1,00 (1 em 1.000 para 1 em 80 ou ~ 3σ)
7 - 8	Alta: Processo não está em controle estatístico. Possui falhas freqüentes (1/40 a 1/20)
9 - 10	Muito alta. Falhas são inevitáveis

Tabela 5.5 - Índice de ocorrência para PFMEA. Adaptado de Stamatis (2003), p. 174

A coluna 19, denominada RPN, possui o produto das colunas 14, 16 e 18. O RPN, sigla para *Risk Priority Number* (Número de Prioridade de Risco), define a prioridade de uma falha. “Por si só, o RPN não possui nenhum significado. Eles são utilizados apenas para indexar (definir) as deficiências potenciais do processo” (STAMATIS, 2003, p. 179). No FMEA de Processo, deve-se lembrar que o objetivo é reduzir o RPN, mas priorizando primeiro as falhas de maior impacto, em seguida as de maior ocorrência e, por último, as de pior detecção. “O impacto pode ser reduzido apenas através de uma mudança no projeto. Se isto for possível, então a falha é eliminada” (STAMATIS, 2003, p. 179). A ocorrência pode ser reduzida ao melhorar

especificações técnicas e/ou requerimentos no processo que almejam prevenir as causas ou reduzir a frequência. E a detecção pode ser reduzida ao melhorar as técnicas de avaliação, aumentando o tamanho da amostra, ou adicionando um equipamento detector.

Detecção	Índice	Critério
Muito Alta	1	Probabilidade remota de que o produto ou serviço será entregue com defeito (1/10.000). O defeito é óbvio e prontamente detectado. Confiabilidade da detecção é de pelo menos 99,99%.
Alta	2 - 5	Probabilidade pequena de que o produto será entregue com defeito. O defeito é óbvio (1/5.000 - 1/500). Confiabilidade da detecção é de pelo menos 99,8%
Moderada	6 - 8	Probabilidade moderada de que o produto será entregue com o defeito. O defeito é facilmente identificado (1/200 - 1/50). Confiabilidade da detecção é de pelo menos 98%
Baixa	9	Probabilidade alta de que o produto poderá ser entregue com o defeito. O defeito é sutil (1/20). Confiabilidade da detecção é maior que 90%.
Muito Baixa	10	Probabilidade muito alta que o produto e/ou serviço será entregue com o defeito. Item normalmente não é checado ou verificável. Muito frequentemente o defeito é latente e pode não aparecer durante o processo ou serviço (1/10+). Confiabilidade da detecção e de 90% ou menor.

Tabela 5.6 - Índice de capacidade de detecção para PFMEA. Adaptado de Stamatis (2003), p. 180

Todo FMEA deve possuir uma ação recomendada para reduzir o impacto, ocorrência ou aumentar a detecção de um modo de falha. O espaço para isto é a coluna 20, na tabela proposta. “A ação recomendada deve ser ações específicas ou deve ser estudos futuros” (STAMATIS, 2003, p. 179).

A coluna 21, denominada “Pessoa/área responsável e data de finalização” deve identificar a pessoa/área responsável pelo modo de falha, e a data de finalização da ação recomendada (STAMATIS, 2003, p. 181).

Por sua vez, a coluna 22 identifica que ações foram tomadas pela pessoa responsável, descrita na coluna 21. A ação tomada pode ter sido uma das ações recomendadas, porém nem todas as ações recomendadas podem ter sido tomadas, e pode-se executar outras ações que não constavam no documento (STAMATIS, 2003, p. 181).

O campo 23 deve constar, em suas quatro colunas, a reavaliação das conseqüências do impacto, ocorrência e detecção do modo de falha. “Os resultados devem ser revistos pela equipe do FMEA e um novo RPN deve ser calculado, e as falhas indexadas” (STAMATIS, 2003, p. 181). Este processo é repetido até que a equipe decida que todas as informações relevantes foram cobertas. Se nenhuma ação for tomada, estas colunas devem permanecer em branco.

5.1.4 FMEA DE SERVIÇO

O FMEA de Serviço (*Service FMEA*) é uma variação do PFMEA (FMEA de Processo). Seu objetivo é identificar modos de falha potenciais e prover ações corretivas e investigativas antes do primeiro serviço. (STAMATIS, 2003, p. 185). As aplicações do FMEA de serviço são diversas, sendo que pode-se destacar o caso de contratos de manutenção, instituições financeiras, escritórios de advocacia, organizações que lidam com questões de segurança, todos os contratos de engenharia, indústria do turismo, instituições educacionais e governamentais (STAMATIS, 2003, p. 185 - 187).

Geralmente, utilizam-se duas técnicas básicas para identificar os serviços nos estágios iniciais: Estudos de habilidade de processo, onde normalmente as perguntas feitas são “este serviço pode ser feito”, e “como a organização pode prover este serviço”; e identificação de serviços obrigatórios, onde a organização define variáveis específicas que são críticas para o serviço ou o consumidor (STAMATIS, 2003, p. 189).

“Algumas perguntas específicas para a realização do FMEA de serviço seriam: Qual é a verdadeira performance e efetividade do serviço? O que faz o serviço e o quais são suas intenções de uso? Qual a verdadeira efetividade do suporte? Os requerimentos especificados inicialmente são apropriados para o serviço? Eles estão sendo alcançados? Como o serviço desenvolve sua função? Que materiais, e/ou outros serviços são usados para entregar o serviço? Como, e em que condições, o serviço interfere com outros serviços (existentes ou planejados)? Que subprodutos são criados pelo serviço ou pela entrega do serviço? Como o serviço é utilizado, mantido, modificado e descontinuado? Quais são os procedimentos operacionais para a entrega do serviço?” (STAMATIS, 2003, p. 191)

Serviços envolvem a utilização de seis componentes: trabalho, máquinas, métodos, materiais, medidas e ambiente. O objetivo do FMEA de Serviço é definir, demonstrar e maximizar as soluções em relação a qualidade, confiabilidade, manutenção, custo e produtividade. (STAMATIS, 2003, p. 188-189).

6 USO DO FMEA EM CONJUNTO COM O PMBOK

Conforme descrito pelos autores de FMEA Stamatis (2003) e Dailey (2004), o FMEA é um formulário que pode – e deve – ser personalizado para cada situação, projeto ou empresa. Este capítulo apresentará uma sugestão de modificações e modo de utilização do FMEA com o objetivo de transformá-lo em uma ferramenta de gerenciamento de riscos em projetos.

Como o PMBoK é um conjunto de melhores práticas, percebe-se algumas semelhanças deste com o FMEA. Isto se deve tanto ao fato de ambos terem em suas origens um conjunto de técnicas em comum (*Brainstorming*, Pareto, Kaizen, mapeamento de processos e Causa Raiz), quanto ao fato de o próprio FMEA ser citado no documento mantido pela PMI, como no capítulo da área de conhecimento em gerenciamento de qualidade em projetos.

Outro fator que auxilia a correlação entre o PMBoK e o FMEA é o fato de o PMBoK ser orientado a processos. Isto facilita a implantação da técnica de FMEA, em particular o FMEA de Processo, em um projeto que siga as práticas e recomendações do PMBoK.

Uma desvantagem do FMEA para o gerenciamento de riscos é que ele foi concebido para encontrar problemas potenciais no projeto, sistema ou processo, o que acaba excluindo seu uso como ferramenta para análise de riscos positivos.

Segundo o apresentado por Stamatis (2003), existem quatro tipos de FMEA, sendo dois destes, de Projeto e de Processo, os tipos básicos apresentados por DAILEY (2004), e os outros dois, de Sistema e de Serviço, derivados destes. Segundo o que já apresentado neste trabalho, através da figura 5.1, o FMEA de Sistema gerará as informações necessárias para o FMEA de Projeto, que por sua vez gerará as informações necessárias para os FMEAs de Processo ou de Serviço.

Em seu processo de Planejamento de respostas a riscos, o PMBoK sugere classificar os riscos negativos ou ameaças com três possíveis estratégias: Prevenir, Transferir ou Mitigar (PMI, 2004, p. 262). Para utilizar o FMEA como

ferramenta, a coluna para esta informação deve ser adicionada, a fim de manter esta recomendação do PMBoK. Na figura 6.1 esta coluna é denominada “Estratégia”.

O FMEA de Sistema, segundo Stamatis, visa analisar sistemas e subsistemas nos estágios de conceito inicial e projeto. Também chamado de FMEA conceitual, o FMEA de Sistema é considerado uma introdução ao FMEA de Projeto.

Com esta informação, pode-se considerar o FMEA de Sistema o formulário ideal para o início do projeto, a ser realizado em conjunto ao Grupo de Processos de Iniciação, que possui entre seus processos o desenvolvimento do termo de abertura do projeto e declaração inicial do escopo. Entretanto, é importante ressaltar que o FMEA de Sistema não deve ficar restrito aos processos do grupo de processos de iniciação. Apenas deve-se começar a utilizá-lo nesta etapa.

Desta forma, sugere-se preencher a coluna “Função no projeto” com cada área de conhecimento do PMBoK, conforme é apresentado na figura 6.1. O objetivo é evitar que algum problema em alguma das áreas passe despercebido.

Após serem levantadas as falhas potenciais neste nível de FMEA e do PMBoK, segundo Stamatis (2003) deve-se iniciar o FMEA de Projeto. Segundo este autor, o FMEA de Projeto deve ser “realizado durante o processo de engenharia do sistema, desenvolvimento do produto, pesquisa e desenvolvimento, marketing, manufatura ou uma combinação destes” (STAMATIS 2003, p. 129 apud Branchard, 1986).

Por esta etapa necessitar de um nível de detalhamento maior que a anterior, sugere-se que seja desenvolvida uma tabela de FMEA de Projeto para cada área de conhecimento do PMBoK, e seja preenchida a coluna Função no Projeto com o nome de cada processo recomendado pelo PMBoK realizado. Na figura 6.2 está ilustrado um exemplo de FMEA de Projeto com a área de conhecimento de Gerenciamento de Aquisições em Projetos.

Nome do sistema		Envolv. com fornecedor		Data do FMEA														
Responsabilidade do projeto		Produto/Modelo		Data rev. FMEA														
Pessoa Responsável		Data de lançamento		Página														
Envolvimento com outros		Preparado por		de														
Função no projeto	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	CC	SEV	S	Causa Potencial da Falha	OCC	Método de Detecção	DET	RPN	Ação recomendada	Estratégia	Pessoa/área responsável e data de finalização	Resultado das Ações				
														Ação tomada	SEV	OC	DET	
Integração																		
Escopo																		
Tempo																		
Custo																		
Qualidade																		
Recursos Humanos																		
Comunicação																		
Risco																		
Aquisições																		
Assinaturas de aprovação														Assinaturas de Concordância				

Figura 6.1 - Sugestão de FMEA de Sistema em conformidade com o PMBoK

Nome do subsistema		Aquisições		Envolv. com fornecedor		Data do FMEA							
Responsabilidade do projeto		Produto/Modelo		Data rev. FMEA									
Pessoa Responsável		Data de lançamento		Nome do Fragmento Aquisições									
Envolvimento com outros		Preparado por		Página		1 de 1							
Função no projeto	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	S E V	Causa Potencial da Falha	O C C	Método de Detecção	D E T	Ação recomendada	Estratégia	Pessoa/área responsável e data de finalização	Ação tomada	S O D	R P N
Planejar compras e aquisições									Transferir, mitigar ou prevenir				
Planejar contratações									Transferir, mitigar ou prevenir				
Solicitar respostas de fornecedores									Transferir, mitigar ou prevenir				
Administração de contrato									Transferir, mitigar ou prevenir				
Encerramento de contrato									Transferir, mitigar ou prevenir				
Assinaturas de aprovação												Assinaturas de Concordância	

Figura 6.2 - Sugestão de FMEA de Projeto, para a área de Gerenciamento de Aquisições

Para a realização do FMEA de Processo, que conforme o conceito do FMEA deve ser o mais específico de todos, sugere-se que para os processos com RPN mais elevado, e cuja estratégia seja mitigar ou prevenir, desenvolva-se um FMEA de Processo para detalhar melhor os modos de falha e as ações recomendadas para cada um dos escolhidos. Segundo Stamatis (2003), “geralmente, a função do processo é identificada com diagrama de fluxo seguido por uma análise de tarefas” (STAMATIS, 2003, p. 163).

É importante lembrar que análise de tarefas e identificação de tarefas não são a mesma coisa. Enquanto a identificação de tarefas define o trabalho através de análises de sistema, linhas de tempo, análise de tempo e movimento, análise de confiabilidade humana e diagrama de seqüência operacional (STAMATIS, 2003, p. 164), a análise de tarefas define o que inicia a tarefa, os equipamentos usados para realizá-la, a resposta humana, o retorno (feedback) da tarefa e as características da saída da tarefa (STAMATIS, 2003, p. 164).

Os índices de impacto, freqüência e capacidade de detecção também devem ser personalizados dependendo do tipo de projeto e empresa executora. Recomenda-se que sejam utilizados os índices e guias apresentados para o FMEA de Processo como base da personalização.

7 CONCLUSÃO

Apesar de ser uma área muitas vezes deixada de lado, o Gerenciamento de Riscos demonstra ser tão importante para o sucesso de um projeto quanto as demais atividades do gerenciamento de projetos. Ignorá-lo é andar na escuridão, tornando o projeto vulnerável e com tendência a ter crises, e em alguns casos pânico, quando um evento inesperado ocorre. Da mesma forma, não realizar o gerenciamento de riscos por considerá-lo uma lista de problemas potenciais do projeto significa perder a chance de corrigi-los, ou pelo menos mantê-los sob controle.

Em um ambiente onde não é possível ter conhecimento de todos os fatos futuros, o gerenciamento de riscos é a melhor forma de mensurar e controlar estas incertezas. Por isso, ele é uma atividade que deve ser realizada durante todo o andamento do projeto, principalmente por sua relação probabilidade/impacto: Riscos identificados e prevenidos, transferidos ou mitigados no início do projeto tendem a ter um impacto pequeno no projeto. Entretanto, quanto mais tarde os riscos são identificados, maior o impacto que ele causará nos fatores de sucesso do projeto. Porém, de nada adianta identificar os riscos no início do projeto e não tomar as medidas necessárias para monitorar ou controlar sua ocorrência e impacto.

Por sua vez, o PMI através de seu Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos - PMBoK, tem desempenhado um papel importante na formação de gerentes de projetos, e contribuído para que boas práticas se disseminem pelas mais diversas áreas da sociedade. Isto se deve ao fato de o PMBoK ser um guia genérico, o que facilita a sua adoção em praticamente todas as áreas que envolvem planejamento e execução de projetos. Entretanto, o PMBoK demonstra ser um guia voltado a grandes projetos, onde uma grande quantidade de pessoas está envolvida. Porém, mesmo para gerentes de projetos menores há boas práticas e orientações importantes, que certamente auxiliarão na execução de um gerenciamento de projetos mais consciente, e por conseqüência em um produto ou serviço final de maior qualidade.

Composta basicamente por uma tabela e índices de classificação, o FMEA mostrou-se uma técnica simples, porém baseada em conceitos importantes e com um grande êxito ao que se propõe. Como uma técnica utilizada na engenharia, em grande escala na indústria, requerida por algumas certificações e que envolve até causas legais e jurídicas, pode-se considerá-la uma técnica com um alto grau de maturidade. O FMEA tem a vantagem de também ter sido criada com um enfoque genérico, a fim de cobrir as mais diversas áreas e situações. Entretanto, sua maleabilidade, associada a seus sólidos conceitos e bases, facilitam a sua compreensão e implantação. Sua principal vantagem de utilização como ferramenta de gerenciamento de riscos em projetos está no fato de que os pontos críticos do projeto são mais facilmente identificados, facilitando assim o trabalho da equipe de projetos.

É importante lembrar que cada projeto possui suas particularidades, e por conseqüência, a necessidade e a utilidade de cada ferramenta pode variar. Apesar de a proposta apresentada neste trabalho ser genérica o suficiente para ser utilizada em qualquer tipo de projeto, o FMEA não deve ser adotado como única técnica para gerenciamento de riscos em grandes projetos. Nestes casos, sempre deve-se utilizar outras técnicas em conjunto com o proposto, como simulação de Monte Carlo ou Técnica Delphi.

Para o autor, este trabalho serviu para aprofundar seus conhecimentos em gerenciamento de projetos, riscos, gerenciamento de riscos e em técnicas de controle de qualidade. Até chegar a escolha do FMEA, foi necessária a leitura a respeito de muitas outras técnicas, que muitas vezes confundiam-se por terem origem e objetivos em comum, e descrições muito próximas. O autor espera poder aplicar o conhecimento adquirido neste trabalho em sua vida profissional, assim como espera que ele sirva de incentivo a outros acadêmicos e profissionais a pesquisarem e desenvolverem suas habilidades em gerenciamento de projetos, gerenciamento de riscos e ferramentas de qualidade, obtendo resultados cada vez melhores para si, para suas universidades e empresas, e por conseqüência para nosso país.

7.1 TRABALHOS FUTUROS

Recomenda-se, como trabalho futuro, a análise ou desenvolvimento de uma técnica que busque identificar, planejar e monitorar os riscos positivos de um projeto.

Outro trabalho possível, que serviria como complemento deste, seriam índices de impacto, frequência e capacidade de detecção que sirvam de referência para cada área de conhecimento do PMBoK.

8 REFERÊNCIAS

- ALENCAR, Antônio; SCHMITZ, Eber. *Análise de Risco em Gerência de Projetos*. Rio de Janeiro: Brasport, 2005. 172p.
- ASSOCIATION FOR PROJECT MANAGEMENT. APM.org.uk, About Us. Site <http://www.apm.org.uk/page.asp?categoryID=1> acessado em 30/06/2008.
- BARALDI, Paulo. *Gerenciamento de Riscos Empresariais*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 268p.
- CALSAVARA, Alcides; MACHADO, Cristina A. F.; REINEHR, Sheila S.; BURNETT, Robert C. *Aderência do RUP à norma NBR ISO/IEC 12207*. Paraná: 2000. Disponível em <http://www.pr.gov.br/batebyte/edicoes/2000/bb104/software.htm> . Acessado em 1/10/2007.
- DAILEY, K. W. *The FMEA Pocket Handbook*. DW Publishing Co.: 2004. 40p.
- EUROPEAN COOPERATION FOR SPACE STANDARDIZATION. *Space Product Assurance: Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis (FMECA)*. Noordwijk, 2001.
- FERREIRA, Aurélio B. H. *Miniaurélio Século XXI: O minidicionário da língua portuguesa*. 4 edição. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000, 790p.
- GIDO, J.; CLEMENTS, J. P. *Gestão de Projetos: Tradução da 3ª edição norte-americana*. São Paulo: Thomson Learning, 2007. 451p.
- GREENFIELD, Michael. *Risk Management Tools*. Langley Research Center: NASA, 2000. 27p. Obtido em <http://www.hq.nasa.gov/office/codeq/risk/rmt.pdf>
- HELDMAN, Kim. *Project Manager's Spotlight on Risk Management*. Alameda: Harbor Light Press, 2005. 224p.
- HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro S. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001, 2922p.
- KASSE, Tim. *Practical Insight into CMMI*. Boston – Londres: Artech House, 2004, 323p.

- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. Um Guia do Conjunto de Conhecimentos em Gerenciamento de Projetos. 3ª edição. Newtown Square: PMI, 2004. 405p.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. PMI.org, About Us. Site <http://www.pmi.org/aboutus/Pages/About-PMI.aspx> acessado em 30/06/2008.
- RAMOS, Eliani F. A gestão de Riscos usando FMEA. Revista Mundo PM número 10, 2006. Páginas 71 a 74.
- SALLES JR., C. A. C; SOLER, A. M; VALLOE, J. A. S; RABECHINI JR. , R. Gerenciamento de Riscos em Projetos. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006. 160p.
- SOFTWARE ENGINEERING INSTITUTE (SEI). CMMI for Development, Version 1.2. Pittsburgh: Carnegie Mellon University, 2006. 573p.
- STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution. ASQ Quality Press, 2003, 445p.
- STANDISH GROUP: Chaos Report 2007: The 10 Laws os Chaos. Estados Unidos: 2007. 12p.
- VESELY, W.; GOLDBERG, F. Fault Tree Handbook. Washington: U.S. Nuclear Regulatory Commission, 1981. 216p.
- WESNER, Seibert. Estudo de Caso sobre Gerência de Projetos com Foco em Gerência de Riscos. Canoas: ULBRA, 2004. 85p.