

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
ESCOLA DE NEGÓCIOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – PPAD
MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

ROBERTO CARLOS BONANOMI

**O EFEITO DA APLICAÇÃO DO FMEA E TEORIA *GREY* NA PRIORIZAÇÃO DE
RISCOS DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* – PRODUTO:
UM ESTUDO DE CASO**

CURITIBA-PR

2009

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

B697e
2009 Bonanomi, Roberto Carlos
O efeito da aplicação do FMEA e Teoria Grey na priorização de riscos de projetos de desenvolvimento de *software* – produto : um estudo de caso / Roberto Carlos Bonanomi ; orientador, Wesley Vieira da Silva. – 2009.
134 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, 2009
Bibliografia: f. 126-134

1. Administração de risco. 2. Controle de qualidade. I. Silva, Wesley Vieira da. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Administração. III. Título.

CDD 20. ed. – 658.115

ROBERTO CARLOS BONANOMI

**O EFEITO DA APLICAÇÃO DO FMEA E TEORIA GREY NA PRIORIZAÇÃO DE
RISCOS DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE *SOFTWARE* – PRODUTO:
UM ESTUDO DE CASO**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Administração da Pontifícia Universidade Católica do Paraná como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Administração, área de concentração em Administração Estratégica, sob a orientação do Prof. Dr. Wesley Vieira da Silva.

CURITIBA-PR

2009

TERMO DE APROVAÇÃO

**O EFEITO DA APLICAÇÃO DO FMEA E TEORIA GREY NA
PRIORIZAÇÃO DE RISCOS DE PROJETOS DE
DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE – PRODUTO:
UM ESTUDO DE CASO**

Por

ROBERTO CARLOS BONANOMI

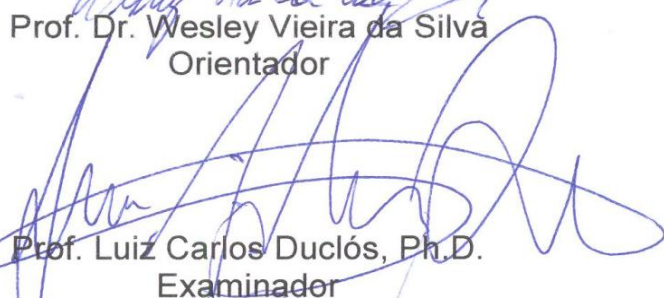
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Administração, área de concentração em Administração Estratégica, do Centro de Ciências Sociais Aplicadas da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.



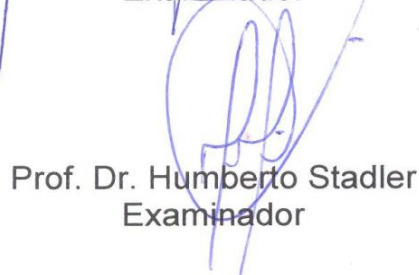
Prof. Dr. Eduardo Damião da Silva
Coordenador do Mestrado Interinstitucional PUCPR/UNIVILLE



Prof. Dr. Wesley Vieira da Silva
Orientador



Prof. Luiz Carlos Duclós, Ph.D.
Examinador



Prof. Dr. Humberto Stadler
Examinador

CURITIBA, 2009

RESUMO

Esta pesquisa avalia o efeito da utilização de três métodos de priorização de riscos nos projetos de desenvolvimento de software e contribui para a maturidade em gerenciamento de riscos. Para a comparação entre os métodos, foi verificada a sequência em que os riscos ocorreram, e a ordem que cada método calculou a priorização no início do projeto. O primeiro método de priorização de riscos foi o da avaliação do resultado da multiplicação da probabilidade de um evento de risco ocorrer por um fator de impacto nos objetivos do projeto. Este método obteve um acerto na priorização da ordem de 21%. Para o segundo método de priorização, foi usado o FMEA – *Failure Mode and Effect Analysis*, método já consagrado pela indústria automobilística, e nesta pesquisa sendo aplicados a gerenciamento de riscos em projetos de desenvolvimento de software. O RPN – *Risk Priority Number* do FMEA, que representa o grau de prioridade do risco para o projeto, apresentou um desempenho melhor que o método anterior, atingindo 25% de acertos entre os riscos priorizados e a ordem que os riscos realmente ocorreram. Para o terceiro método, foi usada a Teoria Grey desenvolvida por Julong Deng em 1982. A Teoria Grey busca a resolução de problemas para incertezas ou comportamentos obscuros em sistemas calculando o grau de relação entre variáveis. Estudos e pesquisas aplicando este método na resolução de problemas têm crescido muito ultimamente conforme pode ser observado no referencial teórico. Para usar a Teoria Grey na priorização de riscos, foram usadas as variáveis do FMEA (ocorrência, severidade e detecção), para compor a matriz de cálculo. No comparativo deste método em relação à ordem em que os riscos ocorreram chegou-se a 39% de acerto na priorização. Há de se considerar que na avaliação feita, 32% dos riscos não houve acerto de priorização por nenhum dos métodos. Nos percentuais de acerto houve priorizações iguais, nas quais a ordem sugerida por um método também foi sugerida por outro. Dadas as limitações desta pesquisa em uma organização com um determinado nível de maturidade os resultados em geral foram promissores, abrindo assim oportunidade de estudos em outras organizações bem como outras áreas de atuação no gerenciamento de projetos.

Palavras-Chave: Gerenciamento, Riscos, FMEA, Teoria Grey, Projetos, *Software*.

ABSTRACT

This research evaluates the effect of using three methods of risks prioritization in software development projects and contributes to the maturity in risks management. To compare the methods, was verified the sequence in which risks occurred, and the order that each method calculated the prioritization of project start. The first method of risks prioritization was the one from the result assessment of probability multiplying of a risk event occurs by an impact factor on project objectives. This method was a hit in prioritizing the order of 21%. For the second method of prioritization, was used the FMEA - Failure Mode and Effect Analysis, a method already used by the automotive industry, and in this research being applied to managing risks in projects of software development. RPN - Risk Priority Number from FMEA, which represents the priority level of risk to the project, presented a better performance than the previous method, reaching 25% accuracy between the prioritized risks and the order that the risk actually occurred. For the third method, was used the Grey Theory developed by Julong Deng in 1982. The Grey Theory seeks to solve problems about uncertainties or obscure behavior in systems by calculating the degree of relationship between variables. Studies and surveys applying this method to solve problems have grown a lot lately as seen in the theoretical framework. To use the Grey Theory in the prioritization of risks, variables from FMEA were used (occurrence, severity and detection) to form a matrix calculus. Comparing this method with the order in which the risks occurred, it reached 39% of hit in prioritizing. It must be considered that in the assessment done, 32% of risks had no hits of prioritization by no one of the methods. In the percentage of hits there were equal prioritizations, in which the order suggested by one method was also suggested by another. Given the limitations of this research in an organization with a certain maturity level, in general the results were promising, thus opening the opportunity of studies in other organizations as well as other areas of expertise in project management.

Keywords: Management, Risks, FMEA, Grey Theory, Projects, Software.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Pesquisa Americana na Área de TI – Comparativo.....	24
Figura 2– Ciclo de Vida do Produto.....	27
Figura 3 – Modelo de Ciclo de Vida de <i>Software</i> – Cascata	30
Figura 4 – Modelo de Ciclo de Vida de <i>Software</i> – Espiral	31
Figura 5 - Ciclo de Vida do Projeto.....	34
Figura 6 – As Nove Áreas de Conhecimento de Gerenciamento de Projetos	37
Figura 7 – Modelo de Gerenciamento de Riscos	46
Figura 8 – Matriz de Incertezas	49
Figura 9 – Tipos de Pesquisa Científica.....	83
Figura 10 – Fluxo Macro do Tratamento dos Dados da Pesquisa.....	87
Figura 11 – Operacionalização – Probabilidade <i>versus</i> Impacto.....	105
Figura 12 – Operacionalização – Dados do Projeto X1.....	106
Figura 13 – Operacionalização – Ordenando Exposição a Risco	108
Figura 14 – Operacionalização – Índices do FMEA	109
Figura 15 – Operacionalização – Ordenação dos Riscos	111
Figura 16 – Operacionalização – Cálculo Parcial.....	112
Figura 17 – Operacionalização – Cálculo do Coeficiente de Relação.....	113
Figura 18 – Operacionalização – Grau de Relação.....	115
Figura 19 – Lista de Riscos P x I Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização	116
Figura 20 – Lista de Riscos do FMEA Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização	117
Figura 21 – Lista de Riscos da Teoria <i>Grey</i> Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização	118

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Lista dos Modelos e Guias para TI	36
Quadro 2– Práticas de Identificação de Riscos.....	48
Quadro 3 – Matriz de Probabilidade <i>versus</i> Impacto.....	51
Quadro 4 – Formulário Usado no FMEA	57
Quadro 5 – Critério de Análise para Severidade das Falhas	58
Quadro 6 – Critério de Análise da Probabilidade de Ocorrências de Falhas	59
Quadro 7 – Critérios de Análise para Deteccão de Falhas.....	60
Quadro 8 – Sumário Metodológico da Pesquisa	85
Quadro 9 – Planilha de Levantamento de Riscos	89
Quadro 10 - Planilha de Levantamento dos Riscos Acrescido Itens do FMEA	90
Quadro 11 - Formulário de Análise e Cálculo Usando a Teoria Grey	91
Quadro 12 – Matriz de Probabilidade <i>versus</i> Impacto para a Pesquisa.....	103
Quadro 13 – Pontos Positivos e Negativos das Metodologias	121

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de Projetos da Organização Alpha	100
Tabela 2 – Número de Projetos da Organização Alpha para a Pesquisa	101
Tabela 3 – Tamanho dos Projetos em Hora.....	101
Tabela 4 – Análise Comparativa dos Métodos de Priorização Avaliados.....	119

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA.....	11
1.2. PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA	14
1.3.1 Geral.....	14
1.3.2 Específicos	14
1.4. JUSTIFICATIVAS TEÓRICA E PRÁTICA	15
1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA	19
2.1. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	19
2.2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS.....	21
2.2.1. Uma Breve História Sobre Gerenciamento de Projetos	21
2.2.2. Importância do Gerenciamento de Projetos	23
2.2.3. Características dos Projetos.....	25
2.2.4. Ciclo de Vida	26
2.2.4.1. Ciclo de Vida do Produto	26
2.2.4.2. Ciclo de Vida de <i>Software</i>	29
2.2.4.3. Ciclo de Vida do Projeto	33
2.2.5. Áreas do Gerenciamento de Projetos.....	35
2.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS	43
2.3.1. Planejamento de Gerenciamento de Riscos	46
2.3.2. Identificação de Riscos.....	47
2.3.3. Análise Qualitativa de Riscos	50
2.3.4. Análise Quantitativa de Riscos.....	51
2.3.5. Planejamento de Respostas aos Riscos	52
2.3.6. Monitoramento e Controle	53
2.4. ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA (FMEA)	54
2.4.1. Identificar Modos de Falha Conhecidos e Potenciais.....	57
2.4.2. Identificar os Efeitos de Cada Modo de Falha e a Sua Respectiva Severidade	58
2.4.3. Identificar as Causas Possíveis para Cada Modo de Falha e a Probabilidade de Ocorrência de Falhas Relacionadas a Cada Causa	58
2.4.4. Identificar o Meio de Detecção no Caso da Ocorrência do Modo de Falha e sua Respectiva Probabilidade de Detecção.....	59
2.4.5. Avaliar o Potencial de Risco de Cada Modo de Falha e Definir Medidas de Eliminação ou Redução do Risco de Falha	61
2.5. CRÍTICAS AO CÁLCULO DO FMEA	62
2.6. TEORIA GREY.....	64
2.6.1. Modelo Básico da Teoria Grey	64
2.6.2. Alguns Estudos Relevantes com o Uso da Teoria Grey.....	67
2.7. PROJETO DE SOFTWARE	70
2.7.1. Engenharia de <i>Software</i>	70
2.7.2. Gerenciamento de Projetos de <i>Software</i>	76

3. METODOLOGIA	80
3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA.....	80
3.2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA	82
3.3. COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS.....	86
3.3.1. Coleta dos Dados	86
3.3.2. Tratamento dos Dados	87
3.4. DEFINIÇÃO OPERACIONAL (DO) E CONSTITUTIVA (DC) DAS VARIÁVEIS	95
3.4.1. Variável: Probabilidade.....	95
3.4.2. Variável: Impacto.....	95
3.4.3. Variável: Detecção	96
3.4.4. Variável: RPN (Risk Priority Number).....	96
3.4.5. Variável: Exposição a Risco	97
3.4.6. Variável: Grau de Relação	97
3.5. PERGUNTAS DE PESQUISA.....	97
4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS.....	99
4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ALPHA	99
4.2. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS PROJETOS	100
4.3. DEFINIÇÕES INICIAIS PARA GERENCIAMENTO E PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS.....	102
4.4. OPERACIONALIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS	104
4.4.1. Criar Instrumento de Pesquisa – Metodologia Probabilidade <i>versus</i> Impacto	104
4.4.2. Acrescentar Colunas da Metodologia FMEA ao Instrumento de Pesquisa ...	108
4.4.3. Cálculo do Grau de Relação da Teoria Grey com Instrumento de Pesquisa	111
4.5. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DE PROBABILIDADE <i>VERSUS</i> IMPACTO	115
4.6. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DO FMEA.....	117
4.7. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA TEORIA GREY.....	118
4.8. ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO AVALIADOS	119
4.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO	120
4.9.1. Resposta as Perguntas da Pesquisa.....	120
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	122
5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA	124
5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	125
REFERÊNCIAS.....	126

1. INTRODUÇÃO

O capítulo concernente à introdução apresenta o tema proposto neste estudo, buscando-se aplicar a metodologia FMEA juntamente com a Teoria Grey na priorização dos riscos em projetos de desenvolvimento de *software*.

1.1. APRESENTAÇÃO DO TEMA

O mercado brasileiro de *software* vem crescendo e está atualmente entre os dez maiores do mundo. A base instalada de computadores também cresce vertiginosamente. Desta forma, o mercado de *software* torna-se muito dinâmico dado que as taxas de abertura, fechamento e fusões são elevadas, pois todos os setores demandam produtos e serviços desta indústria, conforme comprova a pesquisa da *Price Waterhouse Coopers* (abril/2009).

O Brasil, em função de ser 10º mercado mundial, conforme pesquisa do Banco Mundial de 2007 (CGI - Global Competitiveness Index), possui, da mesma forma, uma grande quantidade de organizações dos mais diversos setores, inclusive de desenvolvimento de *software*, cujos produtos são destinados às mais diversas áreas e segmentos econômicos.

Estas organizações precisam inovar para acompanhar a aceleração na dinâmica do mercado causada pela crescente competição de produtos e também de qualidade. Segundo Porter (1999), o modo de operação de empresas bem sucedidas é fundamentalmente idêntico, sendo que a vantagem competitiva atingida por meio de iniciativas de inovação, tais como novos desenhos de produtos, novos processos de produção, novas abordagens de *marketing* ou novas técnicas de gestão de pessoas. Os novos produtos e serviços, em especial, são um forte fator de vantagem competitiva, pois apresentam claramente aos clientes a diferenciação da organização em relação aos produtos e serviços dos concorrentes.

De acordo com Prahalad (1997), o ponto central de uma estratégia é o de desenvolver uma série de competências essenciais e, a partir daí, criar novos produtos e serviços. O processo requer uma nova maneira de pensar, reaprender e readaptar por parte dos dirigentes da organização. Ao criarem-se novos produtos e serviços, pode-se

dizer que são ações da organização para atender às suas estratégias. Estas ações geram projetos que precisam ser gerenciados para que se obtenha sucesso.

Entre as décadas de 1960 e 1980, estudos na área de gerenciamento de projetos estavam mais dentro da academia do que nas organizações, pois conforme Kerzner (2005) via-se o gerenciamento de projetos como uma ameaça potencial as linhas tradicionais de autoridade e, na maioria dos casos, utilizava-se apenas gestão parcial de projetos.

Nos últimos 15 anos, as organizações perceberam que precisam lidar mais rapidamente com mudanças. A grande competitividade e pressões pela criação de novos produtos e serviços com qualidade superior, fizeram estas organizações adotar, de forma sistemática, o conhecimento gerado em gerenciamento de projetos na academia e internamente. Cai, assim, a barreira da ameaça às linhas tradicionais de autoridade em função da melhoria na gestão competitiva da organização.

As organizações que produzem *software* não são diferentes. Elas precisam mudar, buscando estratégias e definindo as mudanças que melhor tragam a vantagem competitiva que precisam. Assim, ao definirem quais projetos melhor atendem às suas necessidades, elas põem em andamento as mudanças necessárias em seus produtos e serviços.

De acordo com vasta literatura e modelos existentes, há um conjunto de conhecimentos para gerenciamento de projetos, no qual normalmente constam diversas áreas: escopo, tempo, qualidade, comunicação, aquisições e subcontratações, custos, recursos humanos e riscos que integram entre si para obter sucesso no desempenho dos projetos.

As organizações, atualmente, conforme pesquisa do PMI (*Project Management International*) do Brasil, em seu estudo de *benchmarking* em gerenciamento de projetos de 2007, apontam como uma de suas grandes dificuldades a implementação adequada na área de gerenciamento de riscos em seus projetos. Esta pesquisa aponta que no setor de *software* 8% não gerencia riscos em seus projetos, enquanto mais da metade, 60%, realizam informalmente ou conforme interesse do gerente de projetos, e os outros 32% são baseados em uma metodologia formal. Os riscos são identificados e analisados, buscando-se nesta análise, normalmente, validar seu poder devastador para os objetivos do projeto. Mas dentre os mais diversos tipos de riscos e da tentativa de identificar quais merecem mais ou menos atenção fica a dúvida se a organização está dando atenção ao risco (ou evento) certo ou não.

O objetivo deste trabalho é avaliar os diversos modelos de gerenciamento de riscos em projetos de *software*, mais especificamente na questão de como se deve priorizar estes riscos para atender aos objetivos de cada um dos projetos e, por conseguinte, do patrocinador. Esta priorização dos riscos está diretamente ligada à assertividade em investir tempo e dinheiro nos riscos certos e assim retornando este investimento em sucesso no projeto.

Pode-se dizer que uma das áreas mais críticas e menos entendidas pelas organizações no gerenciamento do projeto é o gerenciamento de riscos, por ser um processo que, muitas vezes, torna-se subjetivo por ter que lidar com a probabilidade e impacto devendo ser oriundos da sua base de conhecimento organizacional e de análises comparativas internas e externas da organização.

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Para Jung (2004), um problema de pesquisa pode ser visto como uma descrição coerente do estado do conhecimento relativo ao tema proposto, com referências dos autores que já publicaram diretamente o assunto ou, em áreas afins. Nesse contexto, o pesquisador deve fazer um relato sobre o problema que gerou a necessidade da pesquisa, descrevendo a importância da realização para a solução do problema ou desenvolvimento.

As organizações de desenvolvimento de *software* já descobriram que o gerenciamento de projetos é uma realidade e uma necessidade para torná-las competitivas. Todos estão preocupados com o andamento dos projetos, se estes estão no prazo, no custo e na qualidade esperada. Avaliam os riscos e, muitas vezes, são surpreendidos por eventos que haviam sido levantados, mas que não foram devidamente priorizados no momento da sua avaliação tanto qualitativamente, quanto quantitativamente.

A atual forma de qualificar um risco é multiplicando-se a probabilidade da ocorrência do evento pelo seu impacto. A avaliação somente dos “valores” mais elevados pode levar a engano, visto que há outras variáveis a serem analisadas, como, por exemplo, a facilidade ou dificuldade de se detectar estes eventos de riscos e, até mesmo, qual o grau de prioridade do projeto dentro do *portfolio* de projetos da organização.

Desta forma, este estudo pretende responder à questão de pesquisa:

Uma vez utilizada a metodologia FMEA de priorização, aliada à regressão da teoria Grey, a priorização dos riscos mudaria num portfolio de projetos de software?

1.3 OBJETIVOS DA PESQUISA

Esta pesquisa refere-se às atuais formas de seleção de riscos em projetos de *software* que tem como base, na sua maioria, na ordenação dos riscos dos projetos de acordo com sua probabilidade multiplicada pelo impacto. Os objetivos desta pesquisa são divididos em geral e específicos, visando definir lucidamente ou o alvo ou a situação a ser atingida.

1.3.1 Geral

Verificar o efeito da aplicação da teoria *Grey*, com uso das variáveis do FMEA, na priorização de riscos em um *portfolio* de projetos de desenvolvimento de *software*, estabelecendo uma comparação entre os modelos.

1.3.2 Específicos

Visando atender ao objetivo geral, os seguintes objetivos específicos são propostos:

- a) avaliar as principais causas de falhas potenciais no *portfolio* projetos de *software*;
- b) mensurar e avaliar o *RPN (Risk Priority Number)* do FMEA;
- c) estabelecer uma comparação entre as metodologias existentes com a que está sendo proposta avaliando os pontos fortes e fracos de cada métrica analisada;
- d) analisar se mudaria a prioridade dos riscos usando a teoria *Grey*.

1.4. JUSTIFICATIVAS TEÓRICA E PRÁTICA

Para Gil (2007), a justificativa de um trabalho refere-se à forma pela qual se enfatiza a importância científica, social e ou econômica da pesquisa, considerando concomitantemente o impacto previsto na resolução do problema de pesquisa.

A pesquisa do IDC (*International Data Corporation*), divulgada recentemente diz respeito a investimentos em TI (Tecnologia da Informação) no Brasil, em 2008, que deve crescer cerca de 9,5% sobre o ano anterior, chegando a US\$ 23 bilhões. Entre os países emergentes que integram o chamado grupo de nações BRIC (Brasil, Rússia, Índia e China), o Brasil só fica atrás da China (US\$ 64 bilhões) nos investimentos em tecnologia, de acordo com o levantamento.

Quanto ao Brasil, a região Sudeste do país segue sendo responsável pela maior parte dos investimentos em TI, gerando praticamente metade do total, com 10,3 bilhões de dólares, resultado também estimado para o que será investido por toda a África do Sul em 2008, conforme pesquisa do IDC.

Projetos na área TI estão se tornando, cada vez mais, componentes importantes para o sucesso da estratégia empresarial. Com isto, os investimentos em TI formam uma parte substancial da carteira de investimentos das organizações. Elas esperam, com esses investimentos, obter vantagens competitivas já que a globalização é uma realidade. Entretanto pesquisas têm sido publicadas, alertando que uma fração substancial destes investimentos não consegue trazer os resultados esperados para o negócio. Os objetivos dos projetos não são alcançados; atrasos, escalada de custos e falta de qualidade têm sido apontados como os culpados pela incapacidade de contribuição dos projetos de TI aos objetivos estratégicos do negócio.

Desta forma, no contexto global das organizações desenvolvedoras de *software*, cada vez mais, há necessidade de estudos na área da administração no que se refere ao gerenciamento de projetos para atendimento a esta crescente demanda. Dentro deste contexto de gerenciamento de projetos, o gerenciamento dos riscos de projetos torna-se uma ferramenta essencial para o sucesso do projeto, conseqüentemente, para o sucesso das estratégias organizacionais que são suportadas por estes projetos.

Percebe-se um grande número de publicações na área de gerenciamento de projetos. Contudo há um número limitado de trabalhos em gerenciamento de riscos para projetos em geral e principalmente para projetos de *software*. Pode-se comprovar um alto número de trabalhos em gerenciamento de riscos financeiros, de negócios e operacionais.

O atual índice de projetos que falham, conforme pesquisa Standish (2004), prova que há melhora no gerenciamento, mas as organizações e a academia precisam cada vez mais investir em gerar conhecimento. Neste ponto, o gerenciamento de riscos em projetos, de modo geral, tem recebido pouca atenção, tanto das organizações em obter uma forma eficiente de gerenciar os riscos de projeto, como da literatura em usar modelos propostos para os diversos fins.

A necessidade de instrumentos que não só previna, mas também atue proativamente em eliminar as consequências negativas dos riscos é um fator que justifica investir constantemente em novas ferramentas e técnicas. Os benefícios provenientes de uma abordagem metodologicamente estruturada a partir de um modelo de gerenciamento de riscos é o maior agente motivador, justificador e incentivador para esta tarefa.

Embora esse tópico tenha recebido alguma atenção da literatura, ainda existe a necessidade de maior aprofundamento, pois as pesquisas existentes foram conduzidas de forma genérica. Além disso, o tipo de pesquisa proposto é inédito no Brasil, não existindo disponíveis estudos que tratem especificamente sobre esse tema.

Essa pesquisa é importante por oferecer, dentro do gerenciamento de riscos, uma proposta para a priorização de riscos baseada em dois pilares: o uso da métrica FMEA, que desde a década de 70 vem sendo amplamente usada e consolidada pela indústria automobilística, e pelo uso teoria *Grey*, proposta por DENG em 1989, que vem chamando a atenção da academia, pela possibilidade de trabalhar com dados qualitativos e quantitativos de forma muito elaborada, mas não complexa.

1.5. ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta pesquisa encontra-se estruturada em cinco capítulos que podem ser sumarizados como se encontram descritos a seguir:

- **Capítulo 1** – Refere-se à introdução do trabalho que é composto por cinco seções que abordam os seguintes aspectos: a primeira seção trata da apresentação do tema abordado; a segunda seção trata do problema de pesquisa; a terceira seção refere-se à definição do objetivo geral e dos objetivos específicos; na

quarta seção, apresentam-se as justificativas teóricas e prática; a seção quinta tem-se a estrutura da dissertação.

- **Capítulo 2** – Refere-se à fundamentação teórico-empírica e está subdividido em sete seções que podem ser resumidas da seguinte forma: na primeira seção, faz um apanhado geral sobre o planejamento estratégico e o gerenciamento de projetos; na segunda seção, realiza-se uma avaliação sobre o gerenciamento do projeto, sua história ciclo de vida e características; na terceira seção, tem-se o detalhamento sobre a questão do gerenciamento de riscos; na quarta seção, são abordados aspectos referentes ao método FMEA; as críticas aos problemas do uso do cálculo FMEA são tratadas na quinta seção; a sexta seção versa sobre a teoria *Grey*; na sétima seção tem-se um breve relato sobre projetos de *software* e suas peculiaridades na gestão de projeto.
- **Capítulo 3** – Diz respeito à metodologia utilizada neste trabalho de pesquisa. O capítulo 3 está dividido em cinco seções, tal como segue: a primeira seção refere-se ao delineamento da pesquisa; a segunda seção trata da caracterização da pesquisa; a terceira seção é reservada para a descrição da coleta e tratamento dos dados; a quarta seção trata da definição das variáveis a serem estudadas e a quinta seção conclui este capítulo com as perguntas de pesquisa.
- **Capítulo 4** – Apresenta as análises das priorizações dos riscos projetos nos três métodos estudados (Probabilidade *versus* Impacto, FMEA e Teoria *Grey*). O capítulo encontra-se estruturado em oito seções que podem ser sumarizadas da seguinte forma: a primeira seção traz a análise exploratória dos projetos; a segunda seção traz definições iniciais para gerenciamento e priorização dos eventos de riscos; a terceira seção versa sobre a operacionalização das diversas formas de mensurar a priorização risco; a quarta seção trata da análise dos riscos a partir da avaliação de Probabilidade *versus* Impacto; a quinta seção analisa os riscos levantados a partir do método do FMEA; a sexta seção relata a análise da priorização dos riscos a partir da avaliação da teoria *Grey*; na sétima seção faz-se o

fechamento e analisa comparativamente os métodos de priorização que estão em pauta nesta pesquisa e na oitava seção responde-se às perguntas de pesquisa.

- **Capítulo 5** – Contém as considerações finais. Este capítulo está dividido em duas seções conforme segue: a primeira seção apresenta as limitações da pesquisa; sendo que na segunda seção, faz-se uma abordagem dos trabalhos que podem ser realizados no futuro.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-EMPÍRICA

Sabe-se que a fundamentação teórico-empírica objetiva a descrição de forma coerente do estado do conhecimento relativo ao tema proposto, valendo-se de referências de diversos autores que já publicaram acerca do assunto abordado ou mesmo, em áreas afins.

2.1. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO E GERENCIAMENTO DE PROJETOS

As organizações precisam ser manter no mercado. Para que estas organizações possam manter-se neste mercado global e competitivo, é necessário criar um ambiente que promova inovações em seus produtos e serviços. Ao fazer o planejamento, as organizações devem olhar para o futuro, antecipando assim decisões que se tornam em ações executadas ao longo do tempo.

Hamel e Prahalad (1996) dizem que muitas vezes o que impede as organizações de imaginar o futuro e descobrir um novo espaço competitivo não é o fato de desconhecer o futuro, mas sim o fato de que os gerentes tendem a ver o futuro através das lentes dos mercados aos quais servem atualmente. Desta forma tem dificuldade de escolher quais ações realmente são competitivas e quais não são.

Conforme Ansolff (*apud* SANVICENTE; SANTOS, 2006), os níveis de planejamento distinguem de acordo com o seu significado, alcance ou impacto sobre a natureza dos problemas que se pretende solucionar com o enfoque na ação futura, que é o ato de planejar. Para ele são três esses níveis de planejamento:

- Planejamento estratégico: no qual as decisões a serem tomadas dizem respeito principalmente a problemas externos à organização, mais comumente às linhas de produtos, serviços e os mercados à serem atendidos por eles.
- Planejamento administrativo ou integrativo: neste as preocupações voltam-se para a melhor estruturação organizacional possível dos recursos (humanos, físicos e (ou) financeiros).

- Planejamento operacional: as atividades previstas buscam a utilização dos recursos da organização mais eficientemente possível em dado período.

Via de regra, somente o planejamento não assegurará que os planos se tornem realidade, será necessário controle. Este processo de controle exige que estejam estabelecidos padrões de desempenho, que atuarão como guias para a realização bem sucedida do planejamento estratégico.

Para Kaplan (2000), as estratégias correspondem ao item mais importante do planejamento estratégico das organizações, pois é através delas que o executivo pode mudar ou melhorar o rumo do seu negócio. As estratégias não são o único fator determinante no sucesso ou fracasso da organização, a competência do alto escalão administrativo é ponto fundamental na conquista. E ela deve estar focada na satisfação das necessidades dos clientes.

Conforme Prahalad (1997), o ponto central de uma estratégia é o de desenvolver uma série de competências essenciais e, a partir deste ponto, criar novos produtos e serviços. O processo requer uma nova maneira de pensar, um reaprendizado e uma readaptação por parte dos dirigentes da organização. Para as organizações criarem estratégias que as tornam capazes de moldar o futuro, ou que não representem somente um mero exercício de posicionamento, é necessário que o processo da estratégia seja diferente. Isto é não se trata de compreender unicamente o setor de atividade como ele é, mas entender como criar novas atividades, negócios e empreendimentos. Focando esta perspectiva, Prahalad (1997) diz que a estratégia torna-se não um exercício de análises de fatos passados, mas sim um processo de descoberta. Então, a estratégia passa a buscar inovação, criatividade, novos padrões de oportunidades e de novos padrões de interação entre a organização, clientes, tecnologias e com o próprio o mercado.

A competência essencial, segundo Prahalad (1997), é o que as organizações sabem fazer de melhor e também aproveitá-las ao máximo. Isto ocorre quando a organização possui um conjunto único e exclusivo de habilidades, nas quais os concorrentes têm dificuldades de imitar tais habilidades ou processos, que estão sendo utilizados para geração de novos serviços ou agregação de valor ao produto gerado pela organização. O desenvolvimento das competências essenciais situa-se nos mais diversos campos dentro da organização, assim ela pode ser manifestada também na capacidade de gerenciar projetos com sucesso, os quais correspondem a executar as ações de melhorias propostas nos planos estratégicos.

Em sendo os projetos parte das ações do planejamento estratégico, o sucesso do projeto representa sucesso na implantação das estratégias. Se nos projetos as atividades de planejamento, execução, monitoramento e encerramento levar os projetos ao sucesso podem constituir uma competência essencial. Assim, o gerenciamento de projetos contribui para o sucesso da organização.

2.2. GERENCIAMENTO DE PROJETOS

2.2.1. Uma Breve História Sobre Gerenciamento de Projetos

Ao considerar que projetos são empreendimentos únicos e temporais (PMBOK, 2008), pode-se dizer que a civilização já vem planejando e executando projetos desde seus primórdios. Os projetos vêm sendo feitos há mais de 2700 a.C. (VICENTINHO, 1997), pois as construções das pirâmides do Egito antigo eram um empreendimento único e empregavam até 20.000 pessoas em suas realizações. Deve-se considerar que este tipo de projeto tinha uma série de vantagens, pois contava com súditos dos faraós que na maioria das vezes trabalhavam por alimentação. Hoje a realização de projetos conta com sérios fatores restritivos como recursos humanos, financeiros e até mesmo tecnológicos.

Com o passar do tempo, já na última metade do século XIX, houve grande aumento na complexidade dos novos negócios numa escala mundial. Com o surgimento dos princípios da gerência de projetos, a Revolução Industrial transformou a estrutura econômica no mundo ocidental e teve como uma das suas principais consequências o desenvolvimento do capitalismo industrial. Porém, destaca-se que nesta fase, nos USA, o projeto para construção da estrada Transcontinental, por volta de 1870 foi considerada um marco em sua realização mesmo com os problemas enfrentados para desbravar o Oeste americano, bem como a organização para gerenciar as equipes e fabricar o material necessário à construção (SISK, 1998).

Iniciou-se assim uma cadeia de transformações, as relações de produção foram modificadas o que se tornou cada vez mais exigente a tarefa de gerir as novas organizações econômicas (SISK, 1998). Como consequência, surgiu uma grande necessidade de sistematizar e orientar a forma de administrar estas organizações (MARTINS, 2003). Projetos do governo e em grandes quantidades foram os primeiros a

tomar as decisões importantes que se transformaram em decisões de gerenciamento (SISK, 1998).

Ao longo dos anos, foram sendo estudadas e desenvolvidas ferramentas de controle de projetos. Uma ferramenta analítica tão poderosa para gerentes, que ela se manteve virtualmente inalterada por quase cem anos, foram os diagramas de Gantt de Herry Gantt, em 1861. Nesta ferramenta não foi realizada alteração até os anos 90, quando linhas de ligação foram adicionadas às barras de tarefa que descrevem dependências mais precisas entre as tarefas. Taylor e Gantt, e outros estudiosos, ajudaram a desenvolver o processo de gerência como uma função distinta de negócio que requer estudo e disciplina (SISK, 1998).

Nos momentos de crise, como a II Grande Guerra Mundial, as estratégias de *marketing*, a psicologia industrial, as relações humanas, e a complexidade dos projetos exigiram novas estruturas organizacionais. Este novo contexto começa assim fazendo parte do gerenciamento do negócio e da administração das empresas. A complexidade dos Diagramas de Rede fez nascer o chamado de Gráfico de PERT (*Program Evaluation and Review Technique*) e o método de Caminho Crítico (*Critical Path Method - CPM*). Estas ferramentas ofereceram aos gerentes maior controle sobre os projetos e sobre os caminhos que ofereciam maiores riscos. Rapidamente, essas técnicas foram difundidas entre gerentes que procuravam novas estratégias e ferramentas de gerenciamento, que permitiram o desenvolvimento de projetos em um mundo competitivo e de mudanças rápidas (SISK, 1998).

Estas técnicas rapidamente espalharam-se para todos os tipos de indústria. Logo, líderes de projeto procuraram novas estratégias e ferramentas para gerenciar seu crescimento e o dinamismo das mudanças em um mundo competitivo. As teorias gerais do sistema da ciência então começaram a ser aplicadas às interações do negócio (KERZNER, 2002).

O gerenciamento de projetos foi formalizado como ciência na década de 60 (PRADO, 2000). As organizações começaram a compreender o benefício do trabalho organizado em torno dos projetos e a entender a necessidade de comunicar e integrar o trabalho a partir de múltiplos departamentos e profissões (SISK, 1998).

Os projetos espaciais complexos da NASA, em 1969, na corrida espacial juntaram um grupo de cinco profissionais de gestão de projetos na Philadelphia (EUA). Eles se reuniram para discutir as melhores práticas da área, reunindo o conhecimento acumulado. Assim, Jim Snyder fundou o Project Management Institute - PMI (EUA) - nesta época. Esse instituto, o PMI, é hoje a maior instituição internacional dedicada à disseminação do

conhecimento e ao aprimoramento das atividades de gestão profissional de projetos (SISK, 1998).

Atualmente, com o fortalecimento do gerenciamento de projeto, as organizações se conscientizaram da importância de gerenciar projetos para obterem sucesso. O PMI estima que aproximadamente 25% do PIB (Produto Interno Bruto) mundial são gastos em projetos e que cerca de 16,5 milhões de profissionais estão envolvidos diretamente com gerência de projetos no mundo. O grande volume de projetos e as transformações no panorama mundial geram a necessidade de resultados mais rápidos, com maior qualidade a um custo menor (DINSMORE; CAVALIERI, 2003).

Pode-se observar que gerenciar projetos é uma prática muito antiga. O gerenciamento de projetos, enquanto disciplina, mais formalmente, tem sua origem relacionada ao setor militar no período pós-Segunda Guerra (CRAWFORD, 2002). A partir de então, tem sido cada vez mais utilizado, estando sua implantação em evidência a partir de meados da década de 1990. Vale ressaltar que uma das grandes vantagens do gerenciamento de projetos é que ele não é restrito a projetos gigantescos. Ele pode ser empregado em projetos de qualquer complexidade, orçamento e tamanho em qualquer linha de negócios (VARGAS, 2003).

2.2.2. Importância do Gerenciamento de Projetos

O gerenciamento de projetos é uma prática com larga utilização em engenharia e construções, fabricação de bens de capital, programas aeroespaciais e outros tipos de atividades não rotineiras. Nos últimos anos, o escopo do Gerenciamento de Projetos evoluiu para incluir empreendimentos em áreas como as de mudança organizacional, implantação de sistemas, desenvolvimento de novos produtos e processos, padronização, reengenharia e programas de eficiência, desenvolvimento de recursos humanos, *marketing*, qualidade total, planejamento corporativo e novos negócios.

Nos mais diferentes campos da administração de todas as organizações, abrem-se espaços para os mais variados tipos de projetos. A cada dia, o mercado demanda um número crescente de indivíduos com experiência prática em gerenciamento de projetos.

No entanto, devido ao caráter emergente da profissão e à escassez de recursos experientes, vários projetos são atribuídos aos profissionais sem o conhecimento prático de gerenciamento de projetos. Essa prática contribui para o aumento dos indicadores

estatísticos de falhas em projetos no gerenciamento do prazo, do custo, do escopo e da qualidade.

Empresas de todos os setores da economia vêm reconhecendo a importância do Gerenciamento de Projetos para o sucesso de suas iniciativas. O desenvolvimento de novos produtos, serviços, criação de novas unidades de trabalho, etc. Todas elas são mais bem gerenciadas e produzem resultados quando são conduzidas sob a forma de projetos.

Um estudo realizado pelo *Standish Group International*, chamado *Chaos Report*, informa que, em 2004, nos Estados Unidos, foram gastos mais de US\$ 255 bilhões de dólares no desenvolvimento de aplicações na área de Tecnologia da Informação e foram desperdiçados US\$ 55 bilhões com excesso de custo ou cancelamento do projeto. Um comparativo de 1994 a 2004 mostra que os projetos em TI – Tecnologia da Informação - têm diminuído suas falhas ao longo dos últimos 10 anos, conforme Figura 1.

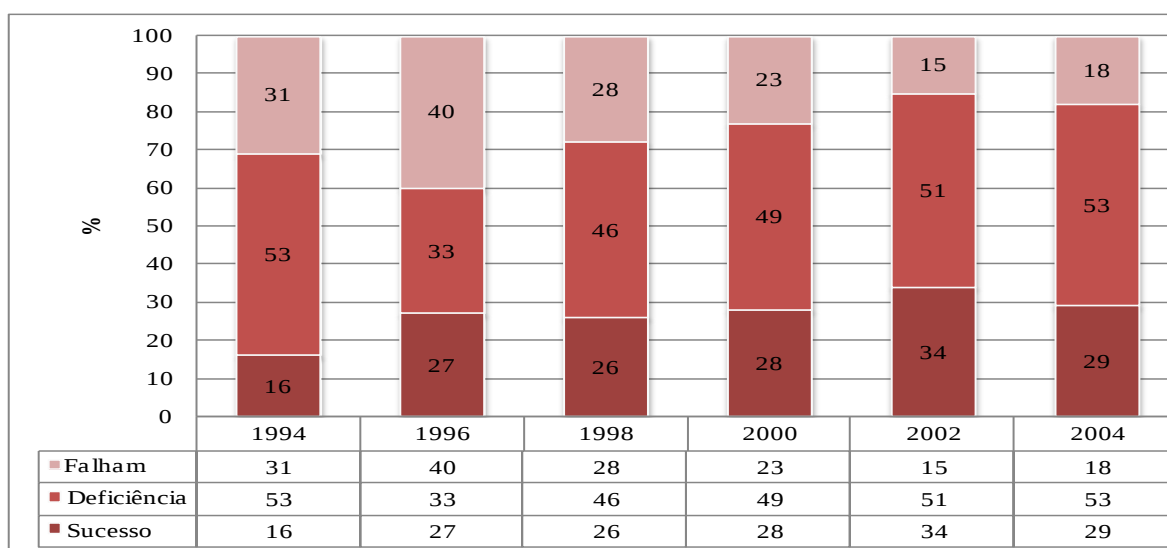


Figura 1 – Pesquisa Americana na Área de TI – Comparativo

Fonte: Standish Group (2004)

Observa-se que os projetos que obtiveram sucesso melhoraram de 1994 para 2004. O relatório “Chaos” informa que nestes últimos anos, os projetos que são gerenciados têm sua complexidade aumentada por conta das diversas tecnologias que são colocadas à disposição.

Na Figura 1, projetos de sucesso são considerados aqueles que entregaram no prazo, escopo e custo dentro do planejado. Os projetos com deficiência são os projetos

que, de alguma forma, excederam custo e (ou) prazo ou não entregaram o que foi previsto. Os projetos que falharam são os que foram cancelados antes de sua conclusão.

Já em uma pesquisa feita no Brasil pelo PMI-BR (*Project Management Institute* do Brasil - www.pmi.org.br), em 2007, os executivos das empresas, ao serem questionados sobre os temas que pretendiam investir nos próximos doze meses, 85% dos entrevistados responderam que seria no desenvolvimento e em revisão de metodologia de gerenciamento de projetos. As empresas que vêm adotando o gerenciamento efetivo de projetos, *portfolio* e programas têm registrado melhora contínua na eficiência de seus projetos, reduzindo seus custos em até 30%.

Todos estes números demonstram que as organizações precisam de uma forma estruturada e sistemática para conduzir seus projetos que estão se tornando cada vez mais complexos. Assim, conforme Kerzner (2005), um dos grandes desafios das organizações que desejam destacar-se no atual mercado está em gerenciar atividades nunca tentadas no passado e que podem não vir a repetir-se no futuro.

2.2.3. Características dos Projetos

O PMI (*Project Management Institute*), em sua publicação do PMBOK - *Project Management Body of Knowledge* (2008), define projeto como [...] *um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo*.

Já Dinsmore (2003) define que Projeto é um empreendimento com começo e fim definidos, dirigido por pessoas, para cumprir metas estabelecidas dentro de parâmetros de custo, tempo e qualidade.

Sabato (1975 *apud* VALERIANO, 2005) define um projeto como um empreendimento temporário realizado para criar um produto, um serviço ou um resultado único.

Na visão de Kerzner (2005), projeto é um empreendimento com objetivo claramente identificável, consumindo recursos e operando sob pressões de prazo, custo e qualidade.

O caráter temporário citado acima tem o significado que todos os projetos possuem um início e um fim bem definidos. No momento de sua concepção, planeja-se a data de término e trabalha-se com o propósito de conseguir atingir o objetivo no prazo, custo,

qualidade e requisitos definidos. Por produto, serviço ou resultado exclusivo entende-se que o resultado do projeto será distinto dos demais existentes.

Para as atividades que se repetem, a organização pode gerenciar com base em padrões históricos. Segundo Stewart (1997, *apud* KERZNER, 2005) afirma que não deveria haver necessidade de gerentes, pois o que não se pode automatizar deve ser autogerenciável. Assim, para as atividades repetíveis, que não são projetos, não há necessidade de existir gerenciamento.

Um *portfolio* é, segundo PMBOK (2008), *um conjunto de projetos ou programas e outros trabalhos agrupados para facilitar o gerenciamento eficaz desse trabalho, a fim de atender aos objetivos de negócios estratégicos*. Os projetos não são necessariamente inter-relacionados. O gerenciamento a partir do *portfolio* visa melhores resultados, que são obtidos pela seleção cuidadosa dos projetos que o atendem, equilibrar investimentos e usar eficientemente os recursos disponíveis.

Dessa forma, pode-se entender que um projeto são atividades organizadas, com objetivos bem definidos, que utilizam recursos, tanto humanos como financeiros, para gerar um produto único e não repetível.

2.2.4. Ciclo de Vida

Os projetos são executados dentro de um ambiente mais amplo que o próprio projeto, a organização e até mesmo interorganizações. Nesse sentido, o projeto que tem por objetivo atingir as metas propostas e está inserido em um contexto maior que é contribuir para um ou mais objetivos estratégicos organizacionais. Para atingir os objetivos os projetos devem levar em conta o ciclo de vida do produto, objeto do projeto, e o ciclo de vida do projeto.

2.2.4.1. Ciclo de Vida do Produto

Definir ciclo de vida do produto não é uma tarefa fácil por este construto ter muitas facetas. De maneira geral, as organizações, para conseguir vantagens competitivas, precisam constantemente mudar, criando novos produtos ou serviços e, assim, inovando.

Para Kotler e Armstrong (2003), as organizações devem estar atentas aos sinais do mercado com relação a seus produtos e serviços. Os autores citam uma série de fases em que seus produtos possam estar, e estas organizações observam os efeitos de suas estratégias quanto aos seus produtos e serviços.

Um dos pontos principais em qualquer mercado é saber exatamente em qual ponto do ciclo de vida o seu produto está localizado, tal como pode ser visto na Figura 2. Isso raramente é mensurável com facilidade, pois existem pontos que impedem uma percepção direta. Como as organizações sempre estão lançando e desenvolvendo novos produtos para seus consumidores, o ciclo de vida pode ser muito menor do que o planejado inicialmente.

Ao disponibilizar, ou seja, introduzir seu produto ou serviço no mercado, uma organização deve estar atenta aos ciclos do mercado, do produto e da própria empresa, levando em conta o setor em que atua. Isso gera uma base mais confiável de informações ao deparar-se com estudos orientados às variações do mercado e suas tendências futuras.

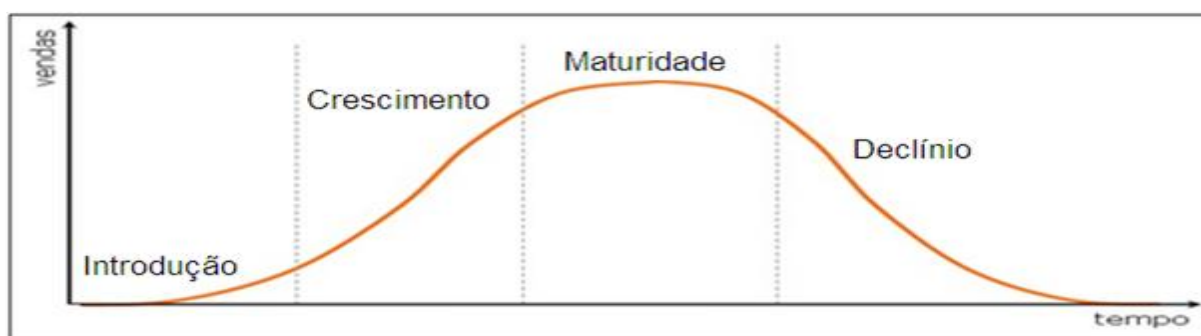


Figura 2– Ciclo de Vida do Produto

Fonte: Kotler e Armastron (2003)

Conforme mostra a Figura 2, no período de **introdução** existem algumas variáveis muito importantes a serem analisadas com cuidado. Uma delas é onde o produto é encaixado no ciclo de vida, pode ser que para a organização seja completamente “novo”, mas, já está no mercado há um bom tempo e, ao analisá-lo, descobre-se que o produto já está na fase de crescimento ou próximo da maturidade. Dessa forma, é possível perceber que a pesquisa para o lançamento do produto não foi eficiente, ou então, a empresa apenas quer aproveitar a “onda” do momento e dar ao consumidor o seu produto, pois as outras empresas também possuem algo similar.

Esta percepção é um dos maiores riscos que uma organização pode correr, entrar em um mercado quando todos estão muito à frente é arriscar muito sem uma real oportunidade de ganhar dos competidores, por isso a análise deve ser feita antes de lançar-se ao mercado.

Assim, é fácil descobrir quais erros podem ser apontados na execução de projetos. Ao entrar em um mercado muito depois da concorrência é um dos maiores riscos, e ainda pode haver a possibilidade do produto lançado tardiamente ter características ultrapassadas.

No período de **introdução**, há muito investimento, o retorno financeiro não existe, e a organização deve estar preparada para este momento crucial na vida de um produto. Neste ponto do ciclo de vida pode-se dizer que inicia o projeto de desenvolvimento do produto para a maioria das áreas de atuação das organizações.

Quando a fase de **introdução** passa, o produto atinge a fase de **crescimento** no mercado, sua produção é ampliada para atender a um mercado maior, a oferta incentiva a demanda pelos produtos e os investimentos permanecem altos, mas, seu retorno financeiro é muito pequeno, exigindo uma estratégia elaborada para suportar a pressão da concorrência, definindo uma oferta mais adequada à capacidade da produção e buscando reduzir os possíveis erros diante das outras empresas do mercado. Neste ponto, os projetos são de ordem de manutenção do produto, dando novas funcionalidades ou outras características para torná-los atraentes.

A fase de **crescimento** é mais delicada que a **introdução**, pois o mercado é dinâmico; a velocidade da substituição é gigantesca, e errar em uma peça da estratégia significa a perda do mercado e prova o despreparo da organização

Quando o produto atinge a fase de **maturidade**, os níveis de produção, oferta e consumo são estabilizados, a variação é pequena e as fatias do mercado já estão definidas. Cada empresa já possui um número de consumidores; ganhar dos demais é difícil, visto que o nível atingido deve estar programado e planejado pela empresa, independentemente do seu tamanho e da capacidade de produção, então, deve-se optar por diferenciar o produto para conseguir arrancar consumidores dos concorrentes e ganhar mais um fôlego diante do ciclo de vida do produto.

A fase do **declínio** pode significar a morte de um produto, pois poucas empresas estão preparadas para deixar de lado algo que durante um tempo foi sua “menina dos olhos”, mas o mercado é ágil; trata de consumir o que é ofertado rapidamente e apega-se a este ou àquele fabricante, por isso é vital planejar, perceber as tendências do mercado. A duração do ciclo de vida do produto no mercado, então, pode-se avaliar ações para a

retirada do produto ou descobrir novos usos para o mesmo, dando-lhe um novo fôlego. A exemplo do caso do leite condensado, que no início era uma forma prática de armazenar o leite, e após a chegada na sua maturidade, foi “descoberta” a oportunidade de aplicar seu uso em inúmeras receitas culinárias, revitalizando as vendas e gerando uma nova curva, crescente, das vendas no ciclo de vida.

Lidar com o ciclo de vida é conhecer o mercado. Estar atento para o interior e exterior da empresa, não há margem para erros. As estratégias devem ser elaboradas com base em muitas pesquisas e os dados coletados devem ser transformados em informação, que é a base para decisão.

2.2.4.2. Ciclo de Vida de *Software*

Na engenharia de *software*, há alguns modelos de ciclo de vida, incluindo os modelos de cascata, espiral, evolucionário e desenvolvimento rápido de aplicações (*RAD-Rapid Application Development*). Antes de o modelo de cascata ser proposto em 1970, não havia concordância em termos de que método de desenvolvimento de *software* poderia ter sucesso. Desde então, ao longo dos anos, muitos modelos têm sido propostos, refletindo assim a grande variedade de interpretações e caminhos que podem ser tomados no desenvolvimento de *software*.

Uma revisão rápida sobre os modelos mais representativos e que a indústria de *software* utiliza ou já utilizou com sucesso será apresentada a seguir. Com isso, pode-se avaliar a evolução gerada na indústria de *software* e a ênfase que está sendo atribuída a esse tipo de indústria. Contudo, não representam todos os modelos já propostos para produzir *software*.

- **Modelo em Cascata**

O modelo de ciclo de vida em cascata foi o modelo precursor da atual engenharia de *software*. É um modelo de desenvolvimento de *software* de forma sequencial no qual o desenvolvimento é visto como um fluir constante para frente, a partir das fases de desenvolvimento de *software*. As fases requisitos, estimativas, análise, projeto, construção, testes, integração, implantação e manutenção de *software* são as

representativas para este modelo, pois a saída da fase anterior é entrada para a nova fase. A origem do termo cascata é frequentemente citada como sendo um artigo publicado em 1970 por W. W. Royce. A Figura 3 demonstra este modelo.

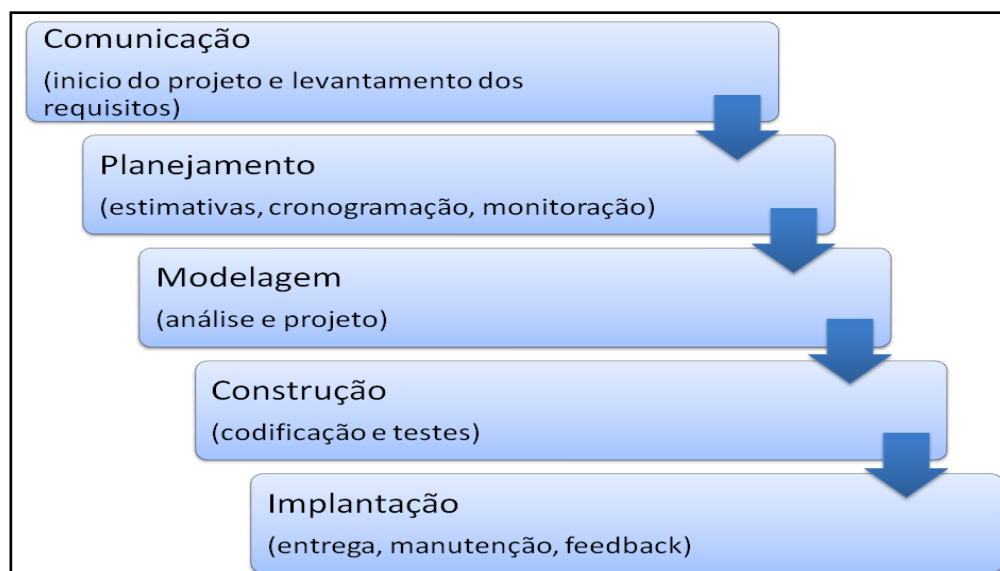


Figura 3 – Modelo de Ciclo de Vida de *Software* – Cascata

Fonte: Adaptado de Presman (2006)

Este modelo também é conhecido como linear, ou ciclo de vida clássico, pois representou um paradigma no desenvolvimento de *software*. Conforme Pressman (2006), este modelo por vezes leva a “estado de bloqueio”, visto que o ritmo acentuado de modificações nas características dos *softwares* requer que a equipe finalize uma etapa anterior para seguir em frente. Há outras variações neste modelo, inclusive do próprio Royce que inclui algumas adaptações a este processo.

- **Modelo em Espiral**

Durante muitos anos, o modelo cascata foi a base da maior parte do desenvolvimento de projetos de *software*, mas em 1988, Barry Boehm sugeriu o modelo em espiral. Este modelo dois aspectos importantes foram avaliados: a análise de risco e prototipagem. O modelo espiral incorpora-os de uma forma interativa permitindo que as ideias e o progresso sejam verificados e avaliados constantemente. Cada interação à volta da espiral pode ser baseada num modelo diferente e pode ter diferentes atividades. No caso da espiral, não foi a necessidade dos desenvolvedores de *software* que inspirou

a introdução de interação, mas sim a necessidade de identificar e controlar riscos. Neste modelo, a etapa de requisitos mostra-se que as diferentes atividades são repetidas até uma decisão ser tomada e o documento de especificação de requisitos ser aceito. Se forem encontrados problemas numa versão inicial do documento, reentra-se nas próximas fases de levantamento, análise, documentação e validação. Isto repete-se até que seja produzido um documento aceitável ou até que fatores externos, tais como prazos e falta de recursos ditem o final do processo dos requisitos. Na Figura 4 é feita a representação deste modelo de ciclo de vida.

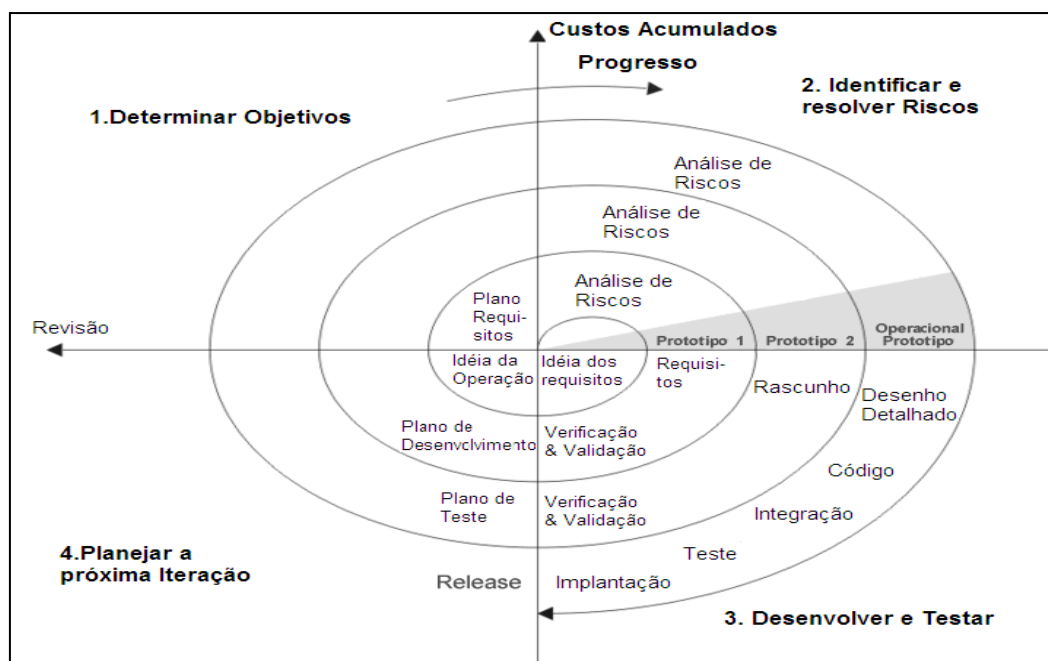


Figura 4 – Modelo de Ciclo de Vida de *Software* – Espiral

Fonte: Boehm (1988)

O Modelo em espiral é um processo de desenvolvimento de *software* que combina elementos de projeto prototipação-em-etapas, em um esforço para combinar as vantagens dos conceitos de *top-down* e *bottom-up*, acrescentando um novo elemento, a análise de riscos que é tema desta pesquisa e que até o momento faltava a engenharia de *software*.

- **Modelos Evolucionários**

O *software*, como um modelo complexo, com o passar do tempo evoluiu, sendo que os requisitos de negócio não poderiam seguir outro caminho. Isso dificulta em muito a produção do *software*. Assim, os desenvolvimentos devem acompanhar esta tendência de mudanças. Os modelos evolucionários que acomodam esta necessidade, Pressman (2006) destaca a prototipagem, o modelo em espiral de Boehm e o modelo de desenvolvimento concorrente.

- **Modelo Unificado**

O modelo unificado de desenvolvimento de *software*, no qual Jacobson, Booch e Rumbaugh propõem uma forma de produzir *software* guiado por “casos de uso” (uma narrativa que descreve uma função ou característica do *software* do ponto de vista do usuário) e centrado na arquitetura já consagrada do processo iterativo e incremental. Este modelo é definido em cinco fases principais: a) fase de concepção; b) fase de elaboração, c) fase de construção, d) fase de transição e f) fase de produção. Todas estas fases são parcialmente sobrepostas gerando um modelo incremental (PRESMANN, 2006).

- **Modelos Incrementais**

Para Pressman (2006), há dois modelos denominados de incrementais, são eles:

- O modelo clássico incremental utiliza do modelo em cascata aplicando de maneira iterativa. O modelo aplica sequências lineares de uma forma racional à medida que o tempo passa, cada incremento, produz um resultado passível de ser entregue ao cliente;
- O modelo RAD (*Rapid Application Development*) ou Desenvolvimento Rápido de Aplicação é um modelo de processo de desenvolvimento de *software* iterativo e incremental que enfatiza um ciclo de desenvolvimento extremamente curto, cerca de 60 a 90 dias. Este modelo tem como base a construção de componentes (desde que os requisitos sejam bem compreendidos). O termo foi registrado por James Martin em 1991 e tem substituído

gradativamente o termo de prototipação rápida que já foi muito utilizada no passado.

Estes modelos incrementais produzem o *software* com uma série de incrementos passíveis de ser entregues ao cliente até a entrega final.

2.2.4.3. Ciclo de Vida do Projeto

No gerenciamento de projetos, que constitui parte do ciclo de vida do produto, conforme Dinsmore e Cavalieri (2003) deve-se dividir o projeto em fases. Estas fases constituem o ciclo de vida do projeto. O uso deste ciclo de vida interno no gerenciamento facilita a conclusão do mesmo dentro dos parâmetros estabelecidos no seu planejamento.

Para o PMBOK (2008), por ciclo de vida do projeto, entende-se que a organização ou os gerentes de projetos podem dividir projetos em fases para oferecer melhor controle gerencial com ligações adequadas com as operações em andamento da organização executora. Muitas organizações identificam um conjunto específico de ciclos de vida para serem usados em todos os seus projetos.

O ciclo de vida do projeto define as fases que conectam o início de um projeto ao seu final. Por exemplo, quando uma organização identifica uma oportunidade que deseja aproveitar, em geral, irá autorizar um estudo de viabilidade para decidir se deve realizar o projeto. A definição do ciclo de vida do projeto pode ajudar o gerente de projetos a esclarecer se deve tratar o estudo de viabilidade como a primeira fase do projeto, ou como um projeto autônomo separado.

Não existe uma única e a melhor maneira para definir um ciclo de vida ideal do projeto. Algumas organizações estabeleceram políticas que padronizam todos os projetos com um único ciclo de vida, enquanto outras permitem que a equipe de gerenciamento de projetos escolha o ciclo de vida mais adequado para seu próprio projeto. Além disso, as práticas comuns do setor frequentemente levarão ao uso de um ciclo de vida preferencial dentro desse setor.

Os ciclos de vida do projeto geralmente definem:

- a) Que trabalho técnico deve ser realizado em cada fase (por exemplo, em qual fase deve ser realizado o trabalho do arquiteto?);

- b) Quando as entregas devem ser geradas em cada fase e como cada entrega é revisada, verificada e validada;
- c) Quem está envolvido em cada fase (por exemplo, a engenharia simultânea exige que os recursos que estão envolvidos na execução devem estar envolvidos com os requisitos e o projeto desde seu início);
- d) Como controlar e aprovar cada fase.

Na Figura 5, são demonstradas as fases de um projeto conforme foi descrito no PMBOK (2008), mostrando as grandes fases de acordo com os custos ou uso de horas dos recursos ao longo do tempo.

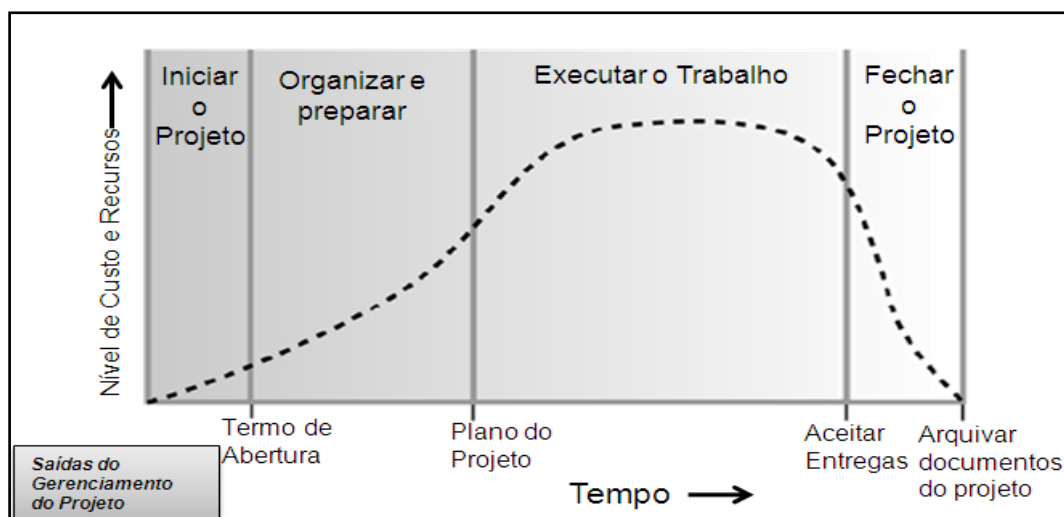


Figura 5 - Ciclo de Vida do Projeto

Fonte: PMBOK (2008)

As descrições do ciclo de vida do projeto, conforme Figura 5, podem ser muito genéricas ou muito detalhadas. Descrições altamente detalhadas dos ciclos de vida podem incluir formulários, gráficos e listas de verificação para oferecer estrutura e controle.

A maioria dos ciclos de vida do projeto compartilha diversas características comuns:

- a) As fases geralmente são sequenciais e normalmente são definidas por algum formulário de transferência de informações técnicas ou de entrega de componentes técnicos;

- b) Os níveis de custos e de pessoal são baixos no início, atingem o valor máximo durante as fases intermediárias e caem rapidamente conforme o projeto é finalizado (a Figura 5 ilustra esse padrão);
- c) No início do projeto o nível de incertezas é o mais alto e, portanto, o risco de não atingir os objetivos é o maior. Com o andamento do projeto, a certeza de término geralmente se torna cada vez maior, diminuindo os riscos;
- d) A capacidade das partes interessadas (*stakeholder*) de influenciarem as características finais do produto do projeto e o custo final do projeto é mais alta no início e torna-se cada vez menor conforme o projeto continua;
- e) O custo das mudanças e da correção de erros geralmente aumenta conforme o projeto continua, pois torna-se cada vez maior a necessidade de retrabalho no que já está pronto.

Embora muitos ciclos de vida do projeto possuam nomes de fases semelhantes com entregas semelhantes, poucos ciclos de vida são idênticos. Alguns podem ter quatro ou cinco fases, mas outros podem ter nove ou mais. Estas fases normalmente são determinadas pela área de aplicação do projeto.

2.2.5. Áreas do Gerenciamento de Projetos

Gerenciamento de projeto ou gestão de projeto é a aplicação de conhecimento, habilidades, ferramentas e técnicas nas atividades do projeto para atender os requisitos (PMBOK, 2008). A aplicação destes itens acima deve gerar um equilíbrio entre as demandas de escopo, tempo, custo, qualidade e entregas dos produto/serviços ao cliente. Ou seja, busca o sucesso do projeto.

A gestão de projetos pode ser definida como o planejamento, programação e controle de uma série de atividades integradas de forma a atingir seus objetivos com êxito para o benefício dos participantes do projeto (KERZNER, 2005).

O gerenciamento de projetos, de acordo com Heldman (2006), é um processo que exige várias atividades incluindo planejar, colocar em ação o plano do projeto e acompanhar o progresso e o desempenho do mesmo.

A abrangência do conhecimento necessário para gerenciar projetos faz com que, cada vez mais o papel do gerente de projetos esteja se tornando mais um integrador entre as áreas da organização do que um especialista técnico que gerencia.

A necessidade de guias, metodologias, *frameworks* e boas práticas vêm se multiplicando à medida que as organizações percebem os benefícios do gerenciamento de projetos. Este tipo de informação ajuda a melhorar o desempenho durante a execução dos projetos, criando condições para aumentar a chance de sucesso dos projetos. Desta forma, contribui para atingir os objetivos das estratégias organizacionais.

Na área de TI (Tecnologia da Informação), não poderia ser diferente em termos destes embasamentos. Na literatura há uma enorme gama de pesquisas e material a respeito destas ferramentas. O Quadro 1 apresenta os modelos que permeiam o gerenciamento da área de TI para as organizações.

Modelo/Framework	Abrangência
COBIT - <i>Control Objectives for Information and related Technology</i>	Modelo abrangente aplicável para a auditoria e controle de processos de TI, desde o planejamento da tecnologia até o monitoramento e auditoria de todos os processos
CMMI – <i>Capability Maturity Model Integration</i>	Desenvolvimento de produtos e projetos de <i>software</i>
ITIL – <i>Information Technology Infrastructure Library</i>	Infraestrutura de tecnologia da informação (serviços de TI, segurança, gerenciamento da infraestrutura, gestão de ativos, suporte a clientes internos, aplicativos corporativos, etc.)
ISO – <i>International Organization for Standardisation</i>	Sistema de qualidade, ciclo de vida de <i>software</i> , teste de <i>software</i> , gerenciamento de projetos, etc.
eSCM-SP – <i>Service Provider Capability Maturity Model</i>	<i>Outsourcing</i> em serviços que usam IT de forma intensiva
PRINCE2 – <i>Project in controlled environment</i>	Metodologia de gerenciamento de projetos muito difundida na Europa
PMBOK – <i>Project Management Body of Knowledge</i>	Base de conhecimento em gestão de projetos criada nos Estados Unidos pelo PMI
BSC – <i>Balanced Scorecard</i>	Metodologia de planejamento e gestão da estratégia e acompanhamento de indicadores
<i>Six Sigma</i>	Metodologia para melhoramento da qualidade de processos
SAS 70 – <i>Statement on Auditing Standards for services</i>	Regras de auditoria para organizações de serviços.

Quadro 1 – Lista dos Modelos e Guias para TI

Fonte: Fernandes e Abreu (2006)

Os principais benefícios dos modelos focados em gerenciamento de projetos, para Cleland e Ireland (2002), são: priorizar tarefas, controlar o andamento do projeto por meio de registros e controle, proporcionar melhor comunicação e informações para os envolvidos (*stakeholders*), estimar as necessidades de recursos, identificar com rapidez

problemas e riscos, minimizar conflito, definir claramente e logo no início o escopo do trabalho, delinear metas e medidas de sucesso para cada projeto e fornecer ferramentas para comparação entre o planejado e o realizado.

Dentre os modelos citados, a sua grande maioria tem como base o planejamento, exceção e monitoramento de processos. Muitos destes modelos possuem linhas de atuação e definições muito próximas e nomes internos que se assemelham.

Um dos modelos mais usados nas organizações é o desenvolvido pelo PMI, que está descrito no PMBOK, em sua 4ª edição, de 2008. Este modelo é dividido em áreas de conhecimento que, por sua vez, se subdividem em processos. Na Figura 6, pode-se observar todas as nove áreas de conhecimento deste modelo de gerenciamento.

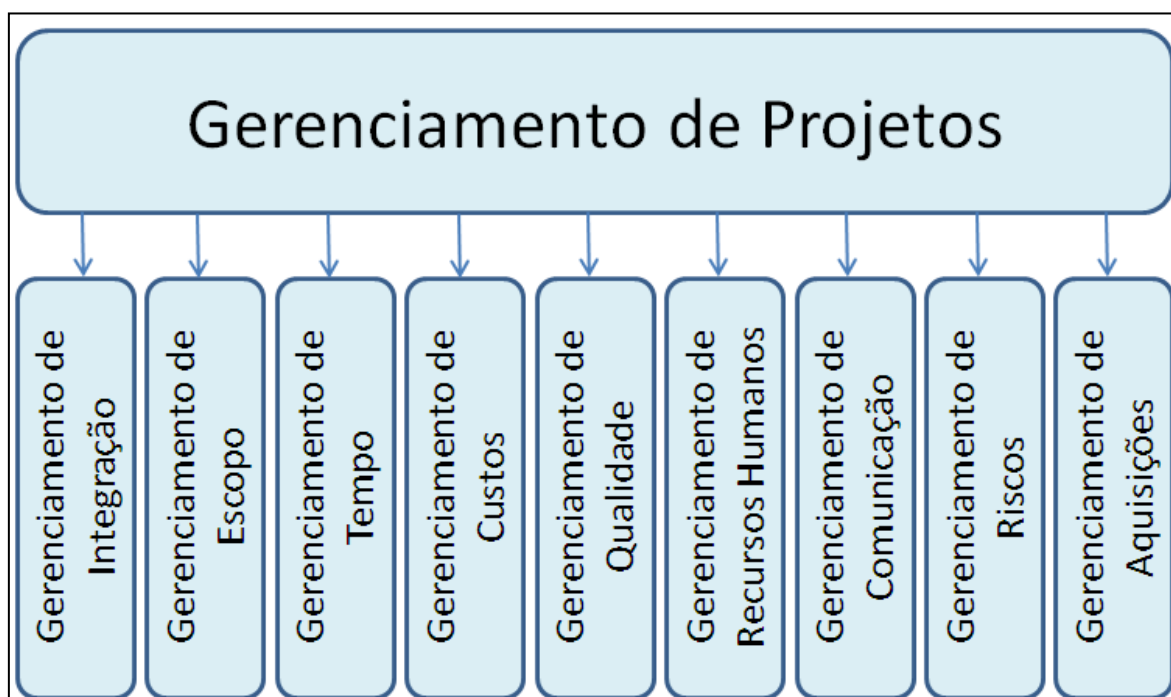


Figura 6 – As Nove Áreas de Conhecimento de Gerenciamento de Projetos

Fonte: Adaptado do PMBOK (2008)

Estas nove áreas de conhecimento para gerenciamento de projetos são divididas em 42 processos para que os objetivos dos projetos sejam atingidos. A seguir, apresentam-se, de forma sumariada, cada uma das áreas citadas. Embora os processos de gerenciamento de projetos sejam normalmente apresentados como componentes distintos, eles se sobrepõem e interagem para obter sucesso em seus objetivos.

2.2.4.1. Gerenciamento de Integração

A área de conhecimento em 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.

No contexto do gerenciamento de projetos, a integração inclui características de unificação, consolidação, articulação e ações integradoras que são essenciais para o término do projeto. Atendendo assim, com sucesso, às necessidades do cliente, outras partes interessadas e para gerenciar as expectativas. Na integração, é monitorado e controlado o trabalho do projeto. Também é usada para iniciar, planejar, executar e encerrar um projeto e, assim, atender aos objetivos de desempenho definidos no plano de gerenciamento do projeto.

A integração, no contexto do gerenciamento de um projeto, consiste em fazer escolhas sobre em que pontos devem ser concentrados os recursos e os esforços. Possibilitando assim, a antecipação de possíveis problemas, tratando-os antes de se tornarem críticos, além de coordenar o trabalho visando atingir os objetivos do projeto. O esforço de integração também envolve fazer compensações entre objetivos e alternativas conflitantes.

2.2.4.2. Gerenciamento de Escopo

O gerenciamento de escopo do projeto inclui os processos necessários para garantir que no projeto seja incluído todo o trabalho necessário, para terminar o projeto com sucesso. Nem mais nem menos. O gerenciamento do escopo do projeto trata principalmente da definição dos requisitos, detalhamento dos objetivos e controle do que está e do que não está incluído no projeto (DINSMORE; CAVALIERI, 2003).

2.2.4.3. Gerenciamento de Tempo

O gerenciamento de tempo do projeto inclui os processos necessários para realizar o término do projeto no prazo. Nesta área estão contidos os processos de definição das

atividades, o seu sequenciamento, via método *PERT-CPM* ou *CCPM*. O método *PERT* (*Program Evaluation and Review Technique*), originalmente desenvolvido pela empresa de consultoria Booz-Allen, para caracterizar o tempo probabilístico como atributo de cálculo, tinha como finalidade reduzir o tempo de execução de atividades em projetos.

O método CPM (*Critical Path Method*) foi aplicado pela DUPONT e UNIVAC, em 1959, por encomenda da Marinha dos EUA, para efeito de estimativa de duração das atividades de construção do míssil Poláris. Já o método CCPM (*Critical Chain Project Management*), apregoado pelo físico israelense Eliyahu Goldratt, que é voltado para controle de prazos com base na sua teoria *TOC – Theory of Constraints* -, conforme Mabin e Balderstone (1998). Este método usa uma rede de procedência que obedece a restrições de tempo e recursos, agrega um conceito chamado de “pulmão de projeto” e “pulmão de gargalo”. Isso faz com que o projeto seja acompanhado de forma macro e pela avaliação fortemente baseada no uso destes “pulmões”.

2.2.4.4. Gerenciamento de Custo

O gerenciamento de custos do projeto inclui os processos envolvidos em planejamento, estimativa, orçamentação e controle de custos, de modo que seja possível terminar o projeto dentro do orçamento previamente aprovado. Outras áreas afetam diretamente o custo, por isso é fundamental o acompanhamento e controle de custos.

O planejamento dos recursos do projeto é suporte para a estimativa dos valores dos custos analíticos dos recursos do estabelecimento da linha base do orçamento, a qual será o pilar de mensuração da eficiência financeira no uso dos recursos do projeto e do respectivo fluxo de caixa. Esta área de gerenciamento tem por objetivos principais: estimativa dos recursos de atividades desmembradas em “pacotes de trabalho” (*work package*), expressos em horas/homens/atividades e custo dos recursos de equipamentos, estrutura e materiais necessários ao desenvolvimento das atividades previstas na lista de atividades.

2.2.4.5. Gerenciamento de Qualidade

Esta área determina as responsabilidades, os objetivos e as políticas de qualidade, de modo que o projeto atenda às necessidades que motivaram sua realização. Eles implementam o sistema de gerenciamento da qualidade por meio das políticas, dos procedimentos e dos processos de planejamento da qualidade, garantia da qualidade e controle da qualidade, com atividades de melhoria contínua dos processos conduzidos do início ao fim.

O Gerenciamento da qualidade, conforme Kerzner (2005) deve utilizar eficientemente os recursos, respeitando as definições em escopo, entregar dentro do prazo e do orçamento. Também deve obter um índice planejado de defeitos na execução das atividades e dos materiais aplicados no projeto, que é absolutamente imprescindível para a obtenção da excelência em gestão de projetos. Qualidade não se controla; se planeja.

2.2.4.6. Gerenciamento de Recursos Humanos

O planejamento de recursos humanos determina funções, responsabilidades e relações hierárquicas do projeto e cria o plano de gerenciamento de pessoal. As funções do projeto podem ser designadas para pessoas ou grupos. Essas pessoas ou grupos podem ser internos ou externos à organização que executa o projeto.

O plano de gerenciamento de pessoal pode incluir informações de como e quando os membros da equipe do projeto serão contratados ou mobilizados, os critérios para sua liberação do projeto, a identificação das necessidades de treinamento, os planos de reconhecimento e premiação, as considerações sobre conformidade, os problemas de segurança e o impacto do plano de gerenciamento de pessoal na organização.

Neste âmbito, autores como Kerzner (2005) e Heldman (2006), são mais exigentes. Afirmam que há outras características necessárias à formação de uma boa equipe, como liderança, comprometimento, envolvimento e compartilhamento do conhecimento. Estas equipes devem desenvolver um conjunto de habilidades e competências necessárias ao alto desempenho que é imprescindível para a consecução do projeto conforme seus objetivos.

2.2.4.7. Gerenciamento de Comunicação

O gerenciamento das comunicações do projeto determina as necessidades de informações e comunicações das partes interessadas (*stakeholders*). É necessário detalhar quem precisa de qual informação, quando precisarão dela, como ela será fornecida e por quem. Embora todos os projetos compartilhem a necessidade de comunicar as informações sobre o projeto, as necessidades de informações e os métodos de distribuição variam muito.

Um fator importante para o sucesso do projeto é identificar as necessidades de informações das partes interessadas e determinar uma maneira adequada para atender a essas necessidades. Conforme PMBOK (2008), mais de 70% do tempo do gerente de projetos deve ser investido em comunicação, pois é uma das maiores causas de falhas nos projetos.

Em quase todos os projetos, a maior parte do planejamento das comunicações é feita como parte das fases iniciais do projeto. No entanto os resultados desse processo de planejamento devem ser reexaminados regularmente durante todo o projeto e revisados conforme necessário para garantir que possam ser aplicados continuamente.

2.2.4.8. Gerenciamento de Riscos

O gerenciamento de riscos do projeto inclui os processos que tratam da realização de identificação, análise, respostas, monitoramento, controle e planejamento do gerenciamento de riscos em um projeto. A maioria desses processos é atualizada durante todo o projeto. Os objetivos do gerenciamento de riscos do projeto são aumentar a probabilidade e o impacto dos eventos positivos e diminuir a probabilidade e o impacto dos eventos adversos ao projeto.

Esta área de gerenciamento de projetos constitui um dos maiores desafios, dada a sua complexidade, abrangência, transitoriedade, dificuldades de ferramentas técnicas, inovação, indefinição de abordagem dentre outros fatores.

De acordo com Goldberg e Weber (1998, *apud* ROVAI, 2005), monitorar continuamente os riscos do projeto com o objetivo de captar o sentido e a direção dos 42 processos de propagação de riscos e sua conversão em problemas e ameaças ao

projeto, representa um dos focos de caráter mais estratégicos em termos de agressividade no gerenciamento de projetos.

Planejar para evitar ou minimizar eventos que possam ser danosos ao projeto, antecipar-se ao que pode dar errado e procurar eliminar suas causas, e não apenas remediar supostas inevitabilidades é uma postura bastante oportuna em termos de foco estratégico no gerenciamento. Os riscos do projeto devem ser monitorados continuamente para se controlar a eficácia do planejamento das ações definidas. A atenção a esta área de gerenciamento deve iniciar o mais cedo possível, se possível antes mesmo de o projeto ser criado oficialmente pelo termo de abertura.

2.2.4.9. Gerenciamento de Aquisição

O gerenciamento de aquisições do projeto inclui os processos para comprar ou adquirir os produtos, serviços ou resultados necessários de fora da equipe do projeto para realizar o trabalho. Este tópico apresenta duas perspectivas de aquisição. A organização pode ser o comprador ou o fornecedor do produto, serviço ou resultados sob um contrato.

O gerenciamento de aquisições do projeto inclui os processos de gerenciamento de contratos e de controle de mudanças necessários para administrar os contratos ou pedidos de compra emitidos por membros da equipe do projeto autorizados. O gerenciamento de aquisições do projeto também inclui a administração de qualquer contrato emitido por uma organização externa (o comprador) que está adquirindo o projeto da organização executora (o fornecedor) e a administração de obrigações contratuais estabelecidas para a equipe do projeto pelo contrato.

Todas estas áreas de conhecimento estão intimamente ligadas, com suas técnicas e habilidades que são necessárias para quem é o responsável pelo sucesso ou fracasso do projeto. Kerzner (2005) complementa dizendo que as organizações que adotarem uma filosofia e processos maduros de gerenciamento de projetos, estão mais capacitadas ao sucesso na corrida pelo mercado do que aquelas que continuarem com as velhas práticas. A época de administrar um empreendimento à base de muitos gráficos, artes e intuição estão no passado. É fundamental entender claramente a missão, o escopo, os objetivos e a entrega de cada projeto desde a concepção.

2.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS EM PROJETOS

Antes de abordar a temática do gerenciamento de risco, faz-se necessário definir primeiramente o que se conceitua como riscos. Para a literatura estudada, riscos em projetos têm definições muito similares:

Conforme ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, (ISO/IEC Guia 73:2005), risco é a combinação da probabilidade de um evento e de suas consequências.

A definição de riscos pelo Comitê de Padrão para Gerenciamento de Riscos da Austrália e Nova Zelândia (Australia/New Zealand Standard for Risk Management - AS/NZS 4360:2004) é:

[..] the possibility of something happening that impacts on your objectives. It is the chance to either make a gain or a loss. It is measured in terms of likelihood and consequence.

Já Ward (2000), define risco como o efeito acumulativo da probabilidade de incerteza que pode afetar positivamente (oportunidade) ou negativamente (ameaça) o projeto, o que demonstra que gerenciar riscos de forma criteriosa é fundamental para o sucesso do projeto.

O guia PMBOK de 2008 define risco como um evento ou condição incerta, que, se ocorrer, tem um efeito positivo ou negativo sobre pelo menos um objetivo do projeto, como prazo, custo, escopo ou qualidade.

O conceito de evento de risco com efeito positivo ou negativo, também é apresentado pelo guia da British Standard (BS 6079-1:2000), que define risco como uma combinação da probabilidade ou frequência da ocorrência de uma ameaça ou oportunidade e a magnitude das consequências desta ocorrência. Os riscos se manifestam na forma de incertezas que cercam os processos de um projeto.

Kerzner (2005) define risco como a medida da probabilidade e consequência de não se alcançar uma meta definida do projeto. Destaca que o risco é constituído da falta de conhecimento dos eventos futuros, envolvendo a noção de incerteza. Tipicamente, eventos futuros favoráveis são chamados de oportunidades e eventos desfavoráveis são chamados de riscos.

Segundo Slovic (1987), não existe risco real ou objetivo. A implicação é que o risco não é algo que esteja esperando para ser medido independentemente de nossas mentes, culturas, políticas ou visões do mundo – ele é intrinsecamente subjetivo.

O conceito de incerteza envolve a qualidade e disponibilidade das informações que dão suporte ao processo de tomada de decisões. De modo geral, na fase inicial de um projeto, nem todas as informações estão disponíveis para planejar e executar o trabalho, assim, quando um gerente precisa tomar a decisão de assumir riscos, baseia-se nas informações que possui.

Quando não há informações suficientes para a tomada de decisões ou planejamento do projeto, as premissas preenchem estes vazios. Segundo Cleland e Ireland (2002), a utilização de premissas é razoável, porém existe a possibilidade de fracasso caso não se tornem verdadeiras. Desta forma, todas as premissas do projeto tornam-se eventos de risco para o mesmo.

Pritchard (2005) discute a diferença entre os conceitos de risco e incerteza, definindo riscos como a probabilidade e impacto de ocorrência de um evento, enquanto as incertezas consideram apenas a ocorrência de um evento. Esta ocorrência do evento traduzida principalmente no que diz respeito à disponibilidade de informações ou falta de conhecimento de eventos futuros. Kerzner (2003) também destaca a diferença conceitual entre risco e incerteza: os riscos são associados às probabilidades de ocorrência de um evento, enquanto para a incerteza associações significativas de probabilidades não são possíveis.

Desta forma, nem sempre o risco é fácil de ser analisado. Possui uma probabilidade de ocorrência e a sua consequência, que geralmente não possuem parâmetros de medição direta. Eles precisam ser estimados estatisticamente ou a partir de outros procedimentos (KERZNER, 2005), referindo-se a uso de históricos da organização e de especialistas. A análise de risco está vinculada também ao julgamento subjetivo, uma vez que o risco é um conceito complexo e sujeito às percepções individuais (PRITCHARD, 2005).

Assim, segundo Pritchard (2005); PMBOK (2008); Wideman (1992); Chapman e Ward (1997); Schuyler (2001), a análise de riscos tem três fatores principais:

- a) a probabilidade de ocorrência de um evento;
- b) o impacto da ocorrência;
- c) julgamento subjetivo baseado nos dois primeiros fatores.

Como consequência da análise e comparação entre as abordagens de gerenciamento de riscos analisadas, a abordagem adotada como referencial de partida deste trabalho é aquela apresentada pelo guia PMBOK (2008), principalmente, por

destacar as relações e o fluxo de informações dos processos de gerenciamento de risco com outras áreas de gerenciamento.

Cabe aqui fazer-se uma distinção clara entre o gerenciamento de riscos e o gerenciamento de riscos de projetos. O gerenciamento de riscos é uma disciplina ampla que envolve os processos de riscos para atividades contínuas, para riscos das operações do negócio, enquanto o gerenciamento de riscos de projetos consiste na utilização dos grupos de processos de riscos aplicados ao *portfolio* de projetos da organização. Ambos são aplicáveis em uma abordagem focada de negócios (*business risks*), por conseguinte, dispõem de metodologias, ferramentas e técnicas distintas que eventualmente podem ser compartilhadas e integradas, conforme Hullett (2002, *apud* ROVAI, 2005).

Os benefícios da gerência de risco são claros; segundo Boehm (1991) afirma que a gerência de risco é importante principalmente porque ajuda as pessoas a evitarem desastres, evitar retrabalho, evitar cancelamento de projetos e estimular uma situação de sucesso nos projetos de *software*.

As seguintes fases para o processo de gerenciamento de riscos são recomendadas pela literatura, e são apresentadas conforme o que está no guia PMBOK (2008), tendo em mente a relação de integração entre os processos:

- a) planejamento de gerenciamento de riscos;
- b) identificação de riscos;
- c) análise qualitativa de riscos;
- d) análise quantitativa de riscos;
- e) planejamento de respostas aos riscos;
- f) monitoramento e controle de riscos.

A Figura 7 mostra as interligações entre estes processos, que inicia pelo planejamento do gerenciamento dos riscos do projeto, depois passa para a identificação de riscos, análises qualitativas e quantitativas, seguindo para um plano de resposta aos riscos. O monitoramento e controle dos riscos, durante a fase de execução, podem levar a identificar mais riscos ao projeto, como podem levar à revisão do planejamento inicial.

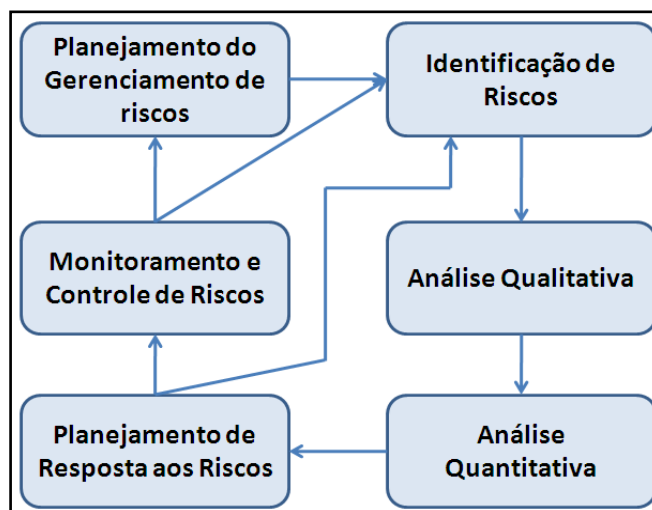


Figura 7 – Modelo de Gerenciamento de Riscos

Fonte: Autor a Partir do Referencial Teórico

Este modelo desenvolvido a partir do referencial teórico percorre todos os processos de gerenciamento de riscos em projetos. Ele permite, desta forma, atuar antecipadamente na prevenção ou atenuação dos riscos dos projetos. Cada um destes processos será apresentado individualmente, mas, pode sobrepor-se entre eles e outros processos de gerenciamento.

2.3.1. Planejamento de Gerenciamento de Riscos

Este processo tem o objetivo de auxiliar a decisão quanto à abordagem do gerenciamento de riscos, expressando-a em um plano de gerenciamento de riscos para executá-lo e monitorá-lo. A abordagem, segundo recomendações do PMBOK (2008), pode incluir:

- a) metodologia (definição de abordagens, ferramentas e fontes de dados);
- b) definição de regras e responsabilidades;
- c) orçamento e definição de recursos destinados ao gerenciamento de riscos;
- d) cronologia (quando e como os processos devem ser desempenhados);
- e) definir as categorias de risco para o projeto;

- f) definições de escalas para probabilidade e impactos dos riscos;
- g) matriz de probabilidade e impacto;
- h) revisão da tolerância aos riscos;
- i) modelos de relatórios que serão usados no gerenciamento – definir todos os elementos que o compõem para facilitar a comunicação com *stakeholders*;
- j) definir a forma de rastreamento, registro de riscos e lições aprendidas.

Cada um dos tópicos anteriores deve ser definido para cada projeto. Estes tópicos podem ser mais detalhados ou mais superficiais dependendo da complexidade e tamanho do projeto.

2.3.2. Identificação de Riscos

O processo de identificação de riscos consiste no levantamento das possibilidades de ocorrência de riscos, sua identificação e documentação. Trata-se de um processo contínuo que deve começar ainda na fase de iniciação do projeto, antes mesmo da fase de planejamento do mesmo, se possível.

Na fase de iniciação do projeto, deve-se procurar identificar as interfaces do projeto e o grau de dificuldades para alcançá-las. Na fase de planejamento, a identificação de risco pode iniciar-se com as metas e o questionamento no que diz respeito à entrega dos resultados desejados. A identificação de riscos pode levar em consideração:

- a) aspectos técnicos: questionamentos sobre a utilização de uma nova tecnologia existente, registro de ocorrência de falhas e probabilidade de fracasso;
- b) análise do cronograma: tentar identificar falhas no cronograma durante a fase de planejamento, verificar a disponibilidade e qualidade de recursos para a execução dos trabalhos e viabilidade de alcance de metas, como as atividades de entregas (marcos);
- c) análise de custos: tentar identificar riscos de custos eventuais, como despesas com viagens, encargos, *marketing* e não só o custo associado à produção (material, mão de obra , equipamentos),

riscos financeiros, devido às taxas de financiamento, limitações do fluxo de caixa e flutuação das taxas de câmbio.

No Quadro 2, referente às práticas de identificação de riscos, são apresentadas algumas diretrizes e técnicas para identificação de riscos em projetos, que foram levantadas pelo autor a partir do referencial teórico e conhecimento empírico.

Checklist para área de riscos do projeto
Lições aprendidas com projetos anteriores
Lista de recursos disponíveis
Registro de treinamento de recursos para habilidades aplicáveis
Revisão dos planos de projetos por especialistas
Revisões dos planos de projetos pela alta administração
Auditoria de capacidade para gerência de projetos organizacionais
Reuniões com equipe do projeto usando <i>Brainstorming</i> , <i>Writestorming</i> , técnica <i>Delphi</i> , entrevistas com especialistas no projeto e outras.
Análise das forças, fraquezas, oportunidade e ameaças (SWOT - <i>Strenghts</i> , <i>Weaknesses</i> , <i>Opportunities</i> e <i>Threats</i>)
Avaliação das categorias de risco definidas no plano de gerenciamento de riscos

Quadro 2– Práticas de Identificação de Riscos

Fonte: Adaptado de Cleland e Ireland (2002)

A fase inicial de identificação de riscos é considerada muito importante, pois um risco negligenciado pode ser a diferença entre o sucesso o fracasso de um projeto. Por consequência, a organização também é prejudicada em suas estratégias e objetivos.

Contudo, é muito difícil identificar todos os riscos dos projetos, a partir da matriz de incertezas de Olsson (2002), tal como se encontra na Figura 8, pode-se tentar evidenciar melhor os meandros desta dimensão.



Figura 8 – Matriz de Incertezas

Fonte: Olsson (2002)

A partir da matriz adaptada de Olsson (2002) para o gerenciamento de projetos, podem-se observar os diferentes tipos de risco existentes em projetos e ações que podem ser tomadas:

Know-Know: é comum no meio organizacional saber sobre um risco e saber que ele já aconteceu, assim passa a não ser risco, e sim uma certeza, um problema que requer ação imediata para solução. Ex: quando o projeto tem necessidade de um determinado especialista, e a organização não dispõe em seu quadro de funcionários. Não é risco, é certeza e precisa ser resolvido por algum tipo de contratação.

Know-UnKnow: são potenciais os riscos identificados e que serão listados, analisados e tratados com ações. Ex: riscos de nova tecnologia não funcionar tão bem quanto se espera. Deve ser tratado com ações de prototipagem e outras formas avaliação, tentando antecipar-se a eventos que podem causar problemas.

UnKnow-Know: são os potenciais riscos que a equipe deixou de identificar, mas tinha condições de identificar. Ex: a organização está localizada próxima a um córrego e pode haver uma tempestade, podendo inundar as instalações. Este risco pode ser negligenciado e ocorrer.

UnKnow-UnKnow: são riscos totalmente desconhecidos. Por exemplo: Um cometa atingir as instalações do projeto.

2.3.3. Análise Qualitativa de Riscos

A qualificação dos riscos precede o processo seguinte de quantificação de riscos. Este processo consiste na execução de uma análise qualitativa dos riscos identificados, classificando-os quanto à sua prioridade de acordo com os efeitos potenciais que possam exercer sobre o projeto, com base na avaliação da probabilidade e do impacto de sua ocorrência, fazendo uso de métodos e ferramentas de análise qualitativa. O número resultante é a exposição ou grau de risco conforme equação (1).

$$E = P \times I \quad (1)$$

Onde:

E: exposição aos riscos;

P: probabilidade de ocorrência;

I: impacto nos objetivos do projeto.

À probabilidade multiplicada pelo impacto (valor da perda) dá-se o nome de exposição ao risco, conforme equação (1). Em projetos de *software*, um evento ou ação que é considerado um risco, deve ter uma perda associada, uma chance ou alguma escolha (CHARETTE, 1990), ou seja, o risco pode ser modificado por uma ação pensada e planejada.

Os riscos técnicos de não conseguir atingir a funcionalidade ou desempenho desejados, geralmente se traduzem em custos adicionais e maior duração de cronograma. Desta forma, são necessárias ações para eliminar ou minimizar sua ação danosa ao projeto. Tanto a ação para eliminar ou minimizar o risco, quanto o risco em si influenciam os custos do projeto.

A análise da probabilidade e do impacto pode ser representada por uma matriz, conforme está evidenciado no Quadro 3, tal como fora sugerido por Cleland e Ireland (2002) ou PMBOK (2008).

		Ameaça					Oportunidade				
Probabilidade	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									

Quadro 3 – Matriz de Probabilidade versus Impacto

Fonte: PMBOK (2008)

Pautando-se no Quadro 3, percebe-se que, no caso de riscos que terão impacto negativo no projeto (ameaças), a área em cinza de média intensidade (verde) pode ser considerada de baixo risco {0,01 a 0,05}. Para áreas em cinza claro (amarelo), os riscos serão considerados médios {0,06 a 0,12}, exigindo alguma ação ou monitoramento diferenciado. Já para áreas em cinza escura (vermelho) valores entre {0,18 a 0,72}, o risco é considerado alto, e são necessárias ações prioritárias e estratégicas mais agressivas. Por outro lado, as oportunidades devem da mesma forma, ser tratadas para potencializar seu poder benéfico ao projeto.

2.3.4. Análise Quantitativa de Riscos

O processo de quantificação de riscos consiste na medida da probabilidade e do impacto de um risco sobre os objetivos do projeto, possibilitando a tomada de decisões diante do reconhecimento de incertezas.

Técnicas de modelagem, análise de sensibilidade e simulação de cenários podem ser utilizadas neste processo, possibilitando:

- determinar a probabilidade de alcançar um objetivo específico do projeto;
- quantificar o nível de exposição ao risco do projeto, auxiliando na estimativa de reservas de contingência de custos e (ou) prazos;
- identificar riscos que precisam receber mais atenção, devido ao impacto que podem causar no alcance dos objetivos do projeto;

- d) reconhecer as probabilidades de alcançar metas de custo, prazo e escopo.

Assim, a análise quantitativa de riscos complementa a análise qualitativa, possibilitando quantificar as incertezas associadas aos riscos do projeto e auxiliando o processo de tomada de decisões, no reconhecimento de prioridades de tratamento dos riscos e no desenvolvimento e seleção de alternativas de respostas aos riscos.

Desenvolvidos em conjunto ou separadamente, os processos de análises qualitativa e quantitativa de riscos, além de possibilitarem a classificação de riscos e auxiliarem o planejamento de respostas, continuam se desenvolvendo durante o ciclo de vida de um projeto. Isso proporciona análises e simulações, a partir de informações geradas nos processos de monitoramento e controle de riscos, tanto para avaliar a eficácia das respostas implementadas, como para analisar o impacto e a probabilidade de ocorrência de novos riscos.

2.3.5. Planejamento de Respostas aos Riscos

Este processo trata da definição de meios e modos para estabelecer respostas aos riscos. O planejamento de respostas inclui definição de responsabilidades e atribuição de funções, providências, técnicas, meios a empregar e responsabilidades perante cada risco identificado. As respostas aos riscos, geralmente envolvem uma das quatro ações:

- a) Eliminar ou evitar riscos (quando for possível eliminá-los). Normalmente deve-se mudar o planejamento do projeto para que esta ação tenha efeito;
- b) Transferir riscos (quando se transmite o impacto do risco e a responsabilidade da resposta a terceiro, geralmente feito mediante custos financeiros, envolvendo seguros, cláusulas contratuais com penalizações por atrasos, etc.);
- c) Mitigar ou atenuar riscos (quando se reduz o impacto ou probabilidade do risco a níveis aceitáveis, por meio a ações pré-estabelecidas);

- d) Aceitar riscos (quando se decide absorver o impacto do risco e suas consequências).

A aceitação de riscos pode ser dividida em passiva ou ativa. A aceitação passiva de riscos é caracterizada pelo reconhecimento do risco e suas consequências, porém, nenhum plano de ação é elaborado antecipadamente. Já a aceitação ativa de riscos, contempla a elaboração de planos de contingência, para serem implementados, caso o risco ocorra.

O planejamento para reservas de contingência faz parte das estratégias de respostas de mitigação ou aceitação de riscos. Porém, as reservas devem ser utilizadas somente se certos eventos pré-definidos no planejamento de gerenciamento de riscos ocorrerem, com definição de responsabilidades e determinação de situações de alerta para que se autorize sua utilização. Os planos de reservas de contingência podem contemplar:

- a) soluções técnicas: analisando alternativas de soluções, de modo geral as ocorrências de riscos técnicos têm implicações em termos de custo e prazo;
- b) custos: computando com certo grau de precisão, multiplicando-se a probabilidade de ocorrência (em porcentagem) pela consequência da ocorrência (em moeda corrente);
- c) prazo: de modo análogo ao utilizado para contingência de custos, multiplica-se a probabilidade de ocorrência (em porcentagem) pelo tempo adicional que se consumiria (consequência), se o risco ocorresse.

2.3.6. Monitoramento e Controle

O processo de monitoramento e controle de riscos acompanha e verifica se a implementação de respostas aos riscos e os procedimentos foram executados como foi planejado, se há necessidade de novas respostas e a ocorrência de mudanças que possam ter alterado o planejamento de gerenciamento de riscos.

O processo envolve a escolha de linhas de ação, emprego de plano de contingências, tomada de ações corretivas ou replanejamento do projeto nas partes

necessárias. Trata-se de um processo contínuo que ocorre durante todo o ciclo de vida do projeto. Os “donos” dos riscos devem avaliar se os seus riscos, acompanhando e empregando as ações planejadas quando da sua ocorrência.

Segundo Heldman (2006), cada risco deve constar de um cronograma de prevenção, que é uma forma de monitorá-los até que ocorram ou deixem de apresentar perigo. Os riscos que não ocorrerem podem ser retirados do acompanhamento das atividades e de qualquer planejamento de contingência.

Os processos de gerenciamento de riscos recomendados impedem que os problemas fiquem à espera de uma solução fácil ou que simplesmente se resolvam sozinhos. Por meio do planejamento de gerenciamento de risco, com o auxílio de técnicas e ferramentas, os processos de identificação, avaliação e classificação dos riscos de um projeto tornam possível o planejamento de respostas aos riscos e o seu monitoramento, tanto para verificar se as respostas atenderam às expectativas, quanto para identificar o surgimento de novos riscos.

2.4. ANÁLISE DO TIPO E EFEITO DE FALHA (FMEA)

A Análise do Tipo e Efeito de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis, FMEA*) é uma ferramenta que busca, em princípio, evitar, por meio da análise das falhas potenciais e propostas de ações de melhoria, que ocorram falhas no projeto do produto. Assim, com a sua utilização procura-se diminuir a probabilidade de um produto falhar (MOURA, 2000). Desta forma, evita-se retrabalho com perda de tempo e custos maiores.

Em 1949, surgiu um processo para análise de falhas em sistemas e equipamentos do exército americano, na qual era avaliada a sua eficiência tomando como base o impacto sobre uma missão ou no sucesso de defesa pessoal de cada soldado.

Segundo Puente *et al.* (2001), no início da década de 60, durante o projeto Apollo, a NASA aprimorou a técnica inicial com método para identificar, de forma sistemática, as falhas potenciais em sistemas (produto ou processos) antes que as mesmas ocorressem. Desta forma, surgiu o conceito da Análise de Modos e Efeitos de Falha (*Failure Mode and Effect Analysis, FMEA*).

Mais tarde, em 1972, a *Ford Motor Company* introduziu o FMEA de processo na indústria automobilística e difundiu seu uso para toda rede de fornecedores com a norma QS 101 (*Quality System*).

Existem diversos tipos distintos de FMEA. Para Palady (2004), podem existir dois tipos distintos de FMEA, que surgiram desde seu desenvolvimento em meados da década de 60: 1) FMEA de projeto (DFMEA – *Design Failure Mode and Effect Analysis*), e 2) FMEA de processo (PFMEA - *Process Failure Mode and Effect Analysis*). Dentro desses dois tipos surgiram diversas versões e variações do FMEA e dos formulários aplicados a esta técnica, que compartilham os mesmos objetivos e exigem elementos básicos comuns para minimizar e antecipar-se a riscos.

Para Stamatis (2003), existem diversos tipos de FMEA, dos quais destacam-se:

- a) FMEA de Sistema:
chamado também de FMEA de conceito, é usado para avaliar falhas em sistemas e subsistemas nos estágios iniciais de definição de conceituação e projeto;
- b) FMEA de Produto:
é usado para avaliar possíveis falhas em produtos antes da sua liberação para manufatura. Focado nas falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos e suas características;
- c) FMEA de Serviço:
este tipo é focado nas possíveis falhas dos serviços em relação ao cliente, avaliando todas as características do produto e do processo. Previne a necessidade de mudanças e estabelece prioridades para as ações de melhoria no serviço;
- d) FMEA de Processo:
é focado no processo de produção antes da liberação para manufatura em série, avaliando as potenciais falhas do processo em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma das características do produto. Avaliar a capacidade do processo em cumprir os objetivos.

Os autores supracitados não divergem em seus tipos, mas complementam-se, um sendo mais abrangente e outro detalhando mais os tipos.

Atualmente, o FMEA é usado nas mais diversas atividades, na indústria química, biológica, ambiental, alimentícia, etc. Em seu trabalho, Vandebrande (1998) demonstra que, com algumas adaptações, pode-se usar esta ferramenta de avaliação de riscos nas mais diversas áreas. A lógica aplicada por Vandebrande (1998) pode ser usada para

prevenção de riscos em projetos de desenvolvimento de *software*, prevenindo problemas com todas as fases de desenvolvimento do *software*.

A métrica FMEA analisa o produto identificando todos os possíveis modos potenciais de falha e determina o efeito de cada um sobre o desempenho do produto, mediante um raciocínio basicamente dedutivo, não exigindo cálculos complexos.

É, portanto, um método analítico padronizado para detectar e eliminar problemas potenciais de forma sistemática e completa (STAMATIS, 2003). Segundo Palady (2004), o FMEA é uma das técnicas de baixo risco mais eficientes para a prevenção de problemas e identificação das soluções mais eficazes em termos de custos, a fim de prevenir problemas.

Conforme foi citado por Stamatis (2003), assim como toda forma de controle de risco, o FMEA deve ser aplicado nos estágios iniciais de projeto de sistemas, produtos, componentes, serviços ou processos e deve ser continuamente reavaliado durante toda a vida destes elementos, prevenindo-se assim problemas ou uso inadequado dos produtos ou serviços.

Os benefícios do desenvolvimento e manutenção dos FMEAs eficazes são elencados por Palady (2004); entre eles: a economia nos custos e tempo de desenvolvimento serve como guia para o planejamento de testes mais eficientes; fornece uma rápida referência para a resolução de problemas; reduz mudanças na engenharia; aumenta a satisfação do cliente; captura e mantém o conhecimento do produto e do processo na organização; reduz eventos não previstos durante o planejamento de um processo; identifica as preocupações de segurança a serem abordadas entre outros.

O método FMEA traduz, em uma sequência lógica e sistemática, a avaliação das formas possíveis pela qual um sistema ou processo está mais sujeito a falhas. O FMEA considera as variáveis, severidade (S) das falhas, a frequência como as mesmas ocorrerem (O) e, como eventualmente poderiam ser detectadas (D), antes de chegarem as reclamações dos clientes. Assim, com base nestes três índices: severidade, ocorrência e detecção, o método leva a uma priorização de quais modos de falha do produto podem causar maior risco aos clientes e à própria organização. Os principais passos para a criação de um FMEA são os seguintes:

- a) identificar modos de falha conhecidos e potenciais;
- b) identificar os efeitos de cada modo de falha e a sua respectiva severidade;

- c) identificar as causas possíveis para cada modo de falha e a probabilidade de ocorrência de falhas relacionadas a cada causa;
- d) identificar o meio de detecção no caso de alerta ou ocorrência do modo de falha e sua respectiva probabilidade de detecção;
- e) avaliar o potencial de risco de cada modo de falha e definir medidas de eliminação ou redução do risco de falha.

Subsequentemente, busca-se detalhar cada um destes passos para a construção da métrica FMEA.

2.4.1. Identificar Modos de Falha Conhecidos e Potenciais

Nesta etapa, são listadas todas as funções, incluindo características ou requisitos necessários, do sistema, produto, componente, serviço ou processo em questão. Para cada uma delas são identificados todos os possíveis modos de falhas, ou seja, como cada função pode falhar quando for solicitada. Para esta fase pode-se usar técnicas de levantamento de dados como *Brainstorming* (tempestade de idéias). Depois do levantamento feito e analisado pode ser transferido para o formulário do FMEA, conforme adaptação do Quadro 4.

Descrição do Produto/Processo/Serviço	Função(ões) do Produto	Tipo de Falha Potencial	Efeito da Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controle Atuais	Índices				Ações Recomendadas	Responsável/ Prazo
						Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN		

Quadro 4 – Formulário Usado no FMEA

Fonte: Adaptado de Palady (2004)

Dependendo do tipo de FMEA: produto, processo, serviço ou projeto, pode-se adequar o formulário às necessidades da organização.

2.4.2. Identificar os Efeitos de Cada Modo de Falha e a Sua Respectiva Severidade

Identificados os modos de falha para a função, deve-se determinar por meio do conhecimento teórico e prático o efeito ou os efeitos potenciais que cada falha causará ao cliente. Posteriormente, cada modo de falha deve ser classificado quanto à severidade dos efeitos por ele causados ao cliente, como, por exemplo, perda total de função ou, até mesmo, riscos de morte. Para tal classificação o método mais utilizado é por meio de tabelas que orientam a classificação da severidade conforme faixas pré-determinadas, nas quais o número 1 representa nenhum impacto ao cliente e o número 10 uma falha crítica, conforme pode ser observado no Quadro 5.

Severidade	Critério: Severidade do efeito	Índice de Falha
Perigoso	É muito perigosa, risco a vida ou não conformidade com legislação. Sem aviso prévio	10
Sério	É muito perigosa, risco a vida ou não complacente com legislação. Com aviso prévio	9
Importante	Produto inoperável, com perdas das funções básicas	8
Impactante	Desempenho do produto sofre impacto, podendo não operar	7
Significativo	Desempenho do produto é degradado. Funções podem não operar.	6
Moderado	Moderado efeito sobre o produto, requerendo reparos	5
Baixo	Pequeno defeito no desempenho do produto, não necessitando de reparos	4
Insignificante	Efeito insignificante no produto, não necessitando de reparos	3
Desprezível	Efeito insignificante no produto, não necessitando de reparos, notado pelo cliente	2
Muito desprezível	Efeito desprezível no produto, não necessitando de reparos	1

Quadro 5 – Critério de Análise para **Severidade** das Falhas

Fonte: Adaptado da Ford Motor Company (1988)

O Quadro 5 deve ser adequada a cada tipo de projeto ou fase em que se encontra. Na fase de *design*, os itens acima descrevem reparos, mas, poderia ser uma revisão do *design* do produto.

2.4.3. Identificar as Causas Possíveis para Cada Modo de Falha e a Probabilidade de Ocorrência de Falhas Relacionadas a Cada Causa

Utilizando-se técnicas de *brainstorming*, histórico de sistemas, produtos, processos ou serviços semelhantes e o conhecimento técnico, são definidas as causas reais e

potenciais pelas quais cada modo de falha possa vir a ocorrer. Pode-se ainda utilizar técnicas de *brainstorming* estruturado, como a técnica da espinha de peixe (*fish-bone*) ou *Ishikawa*, reduzindo o risco de uma eventual causa ser esquecida.

Definidas as causas, são identificados os atuais meios de prevenção, características do sistema, produto, processo ou serviço, que reduzem a probabilidade de ocorrência desta falha. Com base nestas informações e históricos de ocorrência da falha em situações semelhantes supostas ou reais, cada causa é classificada quanto a sua probabilidade de ocorrência.

O método mais utilizado é por intermédio de tabelas com faixas pré-determinadas que orientem a classificação, na qual o número 1 representa ocorrência remota e número 10 uma alta ocorrência. O Quadro 6 representa as faixas usadas pela *Ford Motor Company* adaptadas pelo autor desta pesquisa.

Ocorrência de falha	Taxas possíveis de falha	Índice de Ocorrência
Extremamente alta	≥ 1 em 2	10
Alta	1 em 3	9
	1 em 8	8
	1 em 20	7
	1 em 80	6
Moderada	1 em 400	5
	1 em 2.000	4
Baixa	1 em 15.000	3
	1 em 150.000	2
Quase impossível	1 em 1.500.000	1

Quadro 6 – Critério de Análise da Probabilidade de **Ocorrências** de Falhas

Fonte: Adaptado da Ford Motor Company (1988)

As probabilidades de ocorrência de falhas podem variar entre autores ou organizações que as usem. Para Palady (2004), elas devem ser adequadas ao processo e ao nível de exigência, podendo ser somente subjetiva (alta, média, baixa) ou de acordo com a necessidade de qualidade do final do produto, usando percentuais para compor os índices.

2.4.4. Identificar o Meio de Detecção no Caso da Ocorrência do Modo de Falha e sua Respectiva Probabilidade de Detecção

A detecção de um determinado modo de falha é a capacidade de a equipe identificar a falha antes que o efeito final ao cliente tenha ocorrido. Assim, os meios de

detecção são as formas de verificação e identificação de eventuais falhas presentes no projeto do sistema, produto, processo ou serviço. Dentro das organizações pode haver controles muito avançados para a detecção de certos tipos de falhas e rudimentares para outros, desta forma, facilitando ou dificultando a detecção das falhas.

Conforme Palady (2004) há duas definições distintas de detecção que podem ser aplicadas ao FMEA:

- a) qual a probabilidade de detectar o problema antes que chegue ao cliente;
- b) qual a probabilidade de o cliente detectar o problema antes que ele provoque uma falha que pode ser branda ou catastrófica.

Neste aspecto, há uma grande diferença, visto que é importante detectar a falha antes que chegue ao cliente, sob pena de haver prejuízos irreparáveis como vidas, reputação e de qualidade.

Após a identificação dos meios de detecção, estes são classificados conforme a sua capacidade em identificar a falha antes que o efeito final ao cliente tenha ocorrido. No Quadro 7, pode-se observar que método mais utilizado é por meio de tabelas com faixas pré-determinadas que orientem a classificação, na qual o número 1 representa uma detecção certa, e o número 10 uma probabilidade remota de detecção.

Detecção	Possibilidade de detecção da falhas	Índice de Falha
Totalmente incerta	Quase impossível detectar a falha	10
Muito remota	Chance muito remota de detectar a falha	9
Remota	Chance remota de detectar a falha	8
Muito baixa	Chance muito baixa de detectar a falha	7
Baixa	Chance baixa de detectar a falha	6
Moderada	Há moderada chance de detectar a falha	5
Moderadamente alta	Moderadamente alta de se detectar a falha	4
Alta	Alta chance de se detectar a falha	3
Muito alta	Há chance muito alta de se detectar a falha	2
Quase certa	É quase certo que a falha será detectada	1

Quadro 7 – Critérios de Análise para **Detecção** de Falhas

Fonte: Adaptado da Ford Motor Company (1988)

No Quadro 7, da mesma forma como nos anteriores referente a FMEA, os valores maiores são ruins, enquanto os menores apresentam-se como bons. É importante que cada organização tenha uma escala que reflita os controles, nível de maturidade da qualidade e confiabilidade internas.

2.4.5. Avaliar o Potencial de Risco de Cada Modo de Falha e Definir Medidas de Eliminação ou Redução do Risco de Falha

O potencial de risco em cada modo de falha está associado ao seu impacto ao cliente, ou seja, severidade, a sua probabilidade de ocorrência e probabilidade da sua detecção. Um risco considerado baixo pode ter ocorrência relativamente alta, baixa probabilidade de ser detectado, porém um impacto não significativo ao cliente. Ou, em outra situação, um risco baixo pode estar associado a um impacto significativo ao cliente, porém, com ocorrência muito improvável ou alta capacidade de ser detectado antes que o efeito seja percebido pelo cliente.

Um risco é considerado alto quando tiver um impacto significativo no cliente, uma ocorrência provável e baixa capacidade de ser detectado antes de seu efeito ser percebido pelo cliente. O procedimento mais utilizado para se medir o risco associado a cada modo de falha é a multiplicação da pontuação obtida para as classificações da severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D). Com isso, tem-se uma escala que vai de 1 até 1.000 pontos, sendo número 1 para baixíssimo risco e o número 1.000 um risco altamente crítico. Esta pontuação é chamada de número (ou grau) da prioridade do risco (NPR) ou do inglês *Risk Priority Number (RPN)*. Será adotada a sigla original *RPN* para este trabalho.

$$RPN = O \times S \times D \quad (2)$$

Onde:

RPN: *Risk Priority Number*,

O: ocorrência;

S: severidade;

D: detecção.

Após o levantamento dos modos de falhas e cálculo simples conforme mostra a equação (2), todas as falhas devem ser classificadas em ordem decrescente pelo *RPN*. Os números maiores representam maior risco e devem garantir as primeiras considerações de melhoria na análise e alocação de recursos tanto humanos, como financeiros. Este tipo de abordagem pode levar a interpretações errôneas, como será visto posteriormente.

Um ponto importante a ser considerado depois da construção do FMEA é a fase de acompanhamento. Para fazer o acompanhamento, outras ferramentas de suporte à qualidade e confiabilidade devem ser usadas. Geralmente, os dados devem ser analisados, utilizando-se de métodos estatísticos. Se não houver a capacidade de utilizar as ferramentas de suporte e o compromisso com o acompanhamento dentro da equipe, pouco ou nenhum benefício pode ser esperado do FMEA; restam somente formulários para simples auditoria.

2.5. CRÍTICAS AO CÁLCULO DO FMEA

Atualmente, no FMEA, utiliza-se o *RPN* (*Risk Priority Number*), que consiste em se multiplicarem os índices que são atribuídos aos modos de falha de acordo com os quadros anteriores e conforme a equação (2). Tanto o *RPN*, quanto os fatores que compõem este número são alvo de críticas de diversos autores.

Este processo do cálculo do *RPN*, segundo Bowles (1998), pode acarretar uma interpretação errônea que pode vir a encaminhar uma equipe de manutenção a um modo de falha que na realidade não possui um risco tão elevado quanto o *RPN* pode fazer parecer. Um exemplo seria um modo de falha que possuía índice de ocorrência 10, índice de detecção 1 e índice de severidade 1 em comparação com um outro modo de falha que possuía índice de ocorrência 2, índice de detecção 3 e índice de severidade 3. Ao calcular os seus respectivos *RPNs*, obter-se-ia $RPN_1 = 10$ e $RPN_2 = 18$, o que induziria erroneamente a desconsiderar o primeiro modo de falha em detrimento do segundo.

Outro ponto de crítica está na premissa que todos os três índices da equação (2), ocorrência, detecção e severidade têm o mesmo peso e merecem a mesma importância, mas, conforme mostram Franceschini e Galetto (2001), na maioria das vezes isso não é real, pois consideram a severidade mais importante para equação. Estes mesmos autores criticam o fato que é informado na literatura que, ao se multiplicarem os índices, são gerados *RPN* na faixa de 1 até 1.000. Para eles, isso não é real, pois não há como conseguir a combinação de todos os valores nesta faixa. Isso causa problema de interpretação, pois não é possível comparar entre diferentes *RPN*, por exemplo, a diferença entre o *RPN* de 1 ($1 \times 1 \times 1$) e 2 ($1 \times 1 \times 2$) é a mesma ou menor que a diferença entre 900 ($10 \times 10 \times 9$) e 1000 ($10 \times 10 \times 10$)?

Uma das críticas de Gilchrist (1993) diz respeito a escalas e métricas dos índices que, conforme a equação (2), são consideradas iguais. Ele alerta que a tabela de

ocorrência tem uma escala não linear, mas a tabela de detecção é considerada linear. Isso leva a erro na multiplicação entre ambos.

Na outra crítica Gilchrist (1993), enfatiza-se que a tabela de severidade é definida somente baseada em consequências, nas quais somente tem a propriedade de estar em ordem crescente de gravidade; assim o número 3 é mais grave que número 2 e o número 8 é mais grave que número 7. Porém, não se pode afirmar que as diferenças 3-2 e 8-7 são comparáveis. Desta forma, não se pode efetuar estas operações naturais como tirar a média de riscos em um determinado grupo de produtos.

Chin *et al.* (2007) citam outros pontos de crítica ao *RPN*:

- a) no cálculo do *RPN* são considerados apenas três fatores principais; contudo, há outros fatores como aspectos econômicos que são ignorados;
- b) pequenas variações em um índice acarretam efeitos diferentes no *RPN*. Exemplo: se ocorrência (O) e detecção (D) são iguais a 10, então um ponto de diferença no índice severidade (S) acarreta 100 pontos no *RPN*. Mas, se eles forem iguais a 1, o efeito de mudar severidade em um ponto é apenas 1.

Para minimizar estes impactos, autores ou instituições, como Gilchrist (1993), Bem-Daya e Raouf (1996), KEMA (1996), Puente (2001), Chang *et al.* (2001) propuseram novas forma de cálculo do *RPN*, que não serão apresentadas neste estudo.

O FMEA é utilizado na fase de projetos de produtos, por causa de seu caráter preditivo, ou seja, sua habilidade de gerar previsões testáveis, assim, como sua aplicação durante o projeto, seus pontos críticos seriam previsíveis, fazendo com que a equipe, utilizando análises de modos de falha e efeitos, defina quais as ações corretivas, suas prioridades no dimensionamento e seleção de materiais de cada componente.

Mesmo assim, o FMEA é discutido por algumas organizações. Conforme Tumer, Stone e Bell (2003), ele é considerado arriscado e com alto custo tanto com relação ao tempo quanto em termos econômicos. Até porque teorias com forte poder preditivo são altamente valorizadas, já que as previsões podem, muitas vezes, encorajar o falseamento da teoria, mudando seu resultado insatisfatório na sua aplicação devido a descrições inconsistentes das funções, dos componentes do sistema e das falhas às quais eles estão sujeitos.

Mesmo assim, estes colocam que, com o aumento da importância das métricas de confiabilidade, vem aumentando o aprimoramento dos métodos de predição, particularmente os utilizados pelos projetos novos.

2.6. TEORIA GREY

Proposta por Deng (1989), a teoria *Grey*, ou análise de relação *Grey*, é uma técnica eficaz, que pode ser usada para auxiliar a tomada de decisões em um ambiente de incertezas e em situações com vários atributos por meio do exame de similaridade de cada alternativa com uma solução ideal.

2.6.1. Modelo Básico da Teoria *Grey*

A teoria *Grey* permite uma mensuração para analisar a relação entre séries qualitativas e quantitativas discretas. A abordagem é baseada pelo nível de similaridade e variabilidade entre todos os fatores para estabelecer sua relação. A análise relacional sugere como fazer previsões e tomar decisões. Exemplos de uso deste modelo podem ser encontrados na agricultura, economia, hidrologia, meteorologia e gerenciamento de maneira geral. Alguns exemplos de uso serão abordados no próximo tópico.

Este modelo analítico amplia e esclarece a relação entre todos os fatores incertos envolvidos. Ele também fornece dados para apoiar a quantificação e análise comparativa de dados, bem como previsões. Em outras palavras, a análise relacional *Grey* é um método para analisar o grau relacional para sequências discretas. Desta forma, é um método não usual das análises estatísticas tradicionais para manuseio da relação entre variáveis, conforme Chang, Tsai e Chen (2003).

Sendo $P(X)$ uma representação como fator de um tópico específico, “Q” é a relação de influência em $P(X)$, assim, $\{P(X); Q\}$. Estes fatores devem ter as seguintes características:

- a) existência de fatores: neste trabalho, por exemplo, representado pelos fatores ocorrência (O), severidade (S) e detecção (D);

- b) ser limitado e contável: neste caso, estes fatores são três, e têm números associados a cada um deles. Para a ocorrência, conforme quadro do FMEA do número 1 até o número 10;
- c) ser independente: os fatores no exemplo acima são independentes;
- d) expansão: deve existir a possibilidade de adicionar outros fatores aos acima mencionados.

Para WU (2002), a teoria relacional *Grey* tradicional inclui seguir seis passos:

- a) construir uma matriz (X) de decisão inicial, conforme foi definida em (3). Assumindo que são n sequências e são caracterizadas por m critérios, ou fatores. Assim, cada fator de decisão forma um vetor da matriz $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ que são as séries, neste trabalho x_1 representa os eventos de riscos ou falhas.

$$X = \begin{matrix} & x_1 & x_1(1) & x_1(2) & \dots & x_1(m) \\ & x_2 & x_2(1) & x_2(2) & \dots & x_2(m) \\ & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ & x_n & x_n(1) & x_n(2) & \dots & x_n(m) \end{matrix} \quad (3)$$

Onde $x_i(j)$, é uma entidade na i sequência de dados e que correspondem ao critério j .

- b) normalização dos fatores bases, e são caracterizados por 3 tipos de critérios: 1) fator maior é melhor, representado por $f1$ na equação (4); 2) fator menor é melhor, representado por $f2$ conforme equação (5) e nominal é o melhor fator $f3$ apresentado na equação (6).

$$f1 = x'_i j = \frac{x_i(j) - \min_{i=1}^n x_i j}{\max_{i=1}^n x_i j - \min_{i=1}^n x_i j} \quad (4)$$

$$f2 = x'_i j = \frac{\max_{i=1}^n x_i j - x_i(j)}{\max_{i=1}^n x_i j - \min_{i=1}^n x_i j} \quad (5)$$

$$f3 = x'_i j = 1 - \frac{x_i j - x_{obj} j}{\max_{i=1}^n x_i j - x_{obj} j, -x_{obj} j - \min_{i=1}^n x_i j} \quad (6)$$

Onde $x_{obj} j$ é o valor meta para o fator de j deve estar de acordo com a seguinte expressão:

$$\min_{i=1}^n x_i j \leq x_{obj} j \leq \max_{i=1}^n x_i j$$

Com o uso da normalização, todos os três tipos de critérios foram transformados em o melhor tipo para o problema a ser resolvido, no qual o valor máximo é 1. No caso do uso com o FMEA deve-se usar a equação (5), pois para minimizar os riscos, quanto menor o valor dos fatores, melhor. Forma-se assim, a série padrão $x_0 = x_{01}, x_{02}, \dots, x_{0m} = 1, 1, \dots, 1$.

c) neste passo, deve-se construir a matriz normalizada x' de acordo com o critério selecionado no passo anterior, usando uma das equações, (4), (5) ou (6), respectivamente, resultando nas expressões (7) e (8):

$$x' = \begin{pmatrix} x'_1(1) & x'_1(2) & \dots & x'_1(m) \\ x'_2(1) & x'_2(2) & \dots & x'_2(m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x'_n(1) & x'_n(2) & \dots & x'_n(m) \end{pmatrix} \quad (7)$$

$$x'_0 = x'_{01}, x'_{02}, \dots, x'_{0m} \quad (8)$$

Onde x'_{0j} é o valor referência na relação para o fator j e foi determinada pela melhor normalização de cada fator. Isto é $x'_{nj} = \max_{i=1}^n x_{ij}$. Para esta pesquisa, são os menores valores de ocorrência, severidade e detecção.

d) calcular a diferença entre a entidade normalizada e o valor de referência, construindo, assim, uma matriz de diferença, conforme evidenciado nas equações (9) e (10), respectivamente:

$$\Delta_{0nj} = x'_{0j} - x'_{ij} \quad (9)$$

$$\Delta = \begin{pmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \dots & \Delta_{01}(m) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \dots & \Delta_{02}(m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{0n}(1) & \Delta_{0n}(2) & \dots & \Delta_{0n}(m) \end{pmatrix} \quad (10)$$

e) calcular o coeficiente relacional Grey para cada um dos itens dos fatores conforme equação (11):

$$\gamma_{oi} j = \frac{\Delta_i \min + \rho \times \Delta_i \max}{\Delta_{0i} j + \rho \times \Delta_i \max} \quad (11)$$

Onde:

$$\Delta_i \min = \min_{i=1}^n \min_{j=1}^m \Delta_{0i} j$$

$$\Delta_i \max = \max_{i=1}^n \max_{j=1}^m \Delta_{0i} j$$

ρ $0 \leq \rho \leq 1$ é conhecido como coeficiente de distinção. Quanto menor ρ mais distinção ele possui. Na maioria das situações é usado valor 0,5 por ter efeito moderado e boa estabilidade para equação, conforme Chang e Lin (1999).

f) calcular o grau relacional Grey para cada um dos itens dos fatores da série conforme equação (12). Antes de calcular, é necessário definir o critério de peso para cada um dos fatores $\{\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha(m)\}$, onde $\sum_{j=1}^m \alpha_j = 1$.

$$\tau_{0i} = \sum_{j=1}^m \alpha(j) \times \gamma_{0i} j \quad (12)$$

O critério de peso α deve ser definido em cada contexto aplicação.

Grau relacional de Grey (τ_{0i}) indica a magnitude da correlação, ou similaridade, medida entre a comparação das sequências (ou seja, cada fator da série), e a sequência de referência equação (8). Portanto, o grau relacional de Grey calculado, das séries definidas a matriz X da equação (9), podem ser priorizadas aquelas com maior grau de relação, pois representam a melhor solução por estar mais próximo da série ideal.

No caso desta pesquisa, na qual se pretende priorizar as falhas mais prejudiciais ao *portfolio* de projetos, quando menor o grau de correlação, mais distante ele está da sequência da série ideal, sinalizando que se deve atuar primeiro nestes eventos potenciais.

2.6.2. Alguns Estudos Relevantes com o Uso da Teoria Grey

Atualmente, na literatura encontra-se uma série de estudos de aplicações da teoria Grey, cobrindo diversas áreas, desde informações, energia, industriais, econômicas, risco e acidentes, engenharia, tráfego urbano, esportes, e estudos ambientais. Destaca-se o estudo de Chang *et al.* (2001), usando a relação Grey com FMEA na indústria automobilística.

Leephakpreeda (2007) adaptou o modelo *Grey* para melhorar o conforto térmico em ambientes internos (HVAC - Heating, Ventilating, and Air-Conditioning) de forma eficiente de acordo com as variações das temperaturas externas. Ele avaliou três fatores críticos para o sistema: conforto térmico, qualidade do ar e consumo de energia. Estes fatores determinam como serão controlados os sistemas HVAC.

Zhai, Khoo e Zhong (2008) aplicaram o relacionamento *Grey* para o conceito de *design* de produtos, principalmente nas fases iniciais de desenho, por causa de seu grande impacto sobre o sucesso do produto. Essencialmente, o *design* é um conceito complexo avaliação multicritérios, o processo de tomada de decisão envolve um grande volume de dados e de conhecimentos especializados, que são geralmente imprecisos e subjetivos. Com o objetivo de melhorar a eficácia e objetividade do processo de avaliação do conceito de *design*, os autores propõem um método baseado na análise de relacional da teoria *Grey*. O resultado mostra um exemplo de que a proposta de análise relacional *Grey* tem proporcionado uma alternativa para realizar a avaliação inovadora para conceito de *design*, na qual a vaga concepção, informação e conhecimentos técnicos podem ser modelados e analisados de forma mais eficaz e objetiva.

Em pesquisas para aprimorar sistemas de ejeção refrigeração de baixo consumo de energia, He, Li, Wang (2008) propõem uma nova abordagem, utilizando a predição multivariada do modelo de análise relacional de *Grey*. Os resultados indicam que o método proposto proporciona melhora significativa na simplificação dos modelos tradicionais que são demorados por serem complexos e com restrições.

Na previsão de enchentes, na China, em uma região conhecida como Baixo Jingjiang, Guifang *et al.* (2005) usaram o modelo *Grey*. Esses autores avaliaram que as atuais condições geográficas são variáveis sensíveis ao modelo. Fizeram uma série de predições dramáticas de inundação para anos de 2016, 2022, 2030 e 2042, nomeadamente uma destrutiva irá ocorrer entre 2041 e 2045 na região. De acordo com os resultados, foi evidenciada uma boa adequação entre a previsão e a prática de valores. Este fato indica que a topologia do método *Grey* pode ser eficaz para resolver problemas matemáticos contendo incertezas e indeterminação.

Chang, Tsai e Chen (2003) preparam um modelo usando a teoria *Grey* para atletas que praticam o decatlo, constituído por dez provas distintas. São atribuídos pontos para cada evento, bem como a pontuação global determina o vencedor. Entretanto, o intervalo de classe e a sua unidade especificada para pontuar parecem ser exagerados. Para superar esse “defeito”, foi aplicada a análise relacional da teoria *Grey*, que foi utilizada para estabelecer um modelo de avaliação completa e rigorosa para determinar quem é o

melhor atleta entre todos. A metodologia definida não só irá reduzir significativamente as controvérsias para pontuar, mas também pode ajudar a equipe a selecionar os melhores atletas. Este método proposto poderá fornecer ao mundo dos jogos e outras federações desportivas um método melhorado de pontuação, a fim de determinar quem, entre todos os atletas, é o melhor atleta de todos.

O desempenho da sinalização urbana para intersecções num ambiente de multi-tráficos é a proposta de Li, Yue e Wong (2004). O Sistema de Grey, com base em teorias método quantitativo para a avaliação e classificação do desempenho operacional e a segurança das intersecções sinalizada nas áreas urbanas sob condições de tráfego misto. O tráfego misto refere-se a situações em que o tráfego de automóvel, bicicletas e pedestres partilham uma intersecção sinalizada. Este comportamento no tráfego é um fenómeno atual e típico de muitas cidades ao redor do mundo em que as populações das zonas urbanas são extremamente grandes. Foram usados cinco índices como os parâmetros para método proposto: o grau de saturação, o atraso médio parado, comprimento da fila, a proporção de conflito, a proporção de separação. Esses parâmetros representam o desempenho operacional e a segurança de uma intersecção sinalizada com tráfego misto. Eles são introduzidos na avaliação das equações, que são desenvolvidas de acordo com o sistema Grey. O método é aplicado para a avaliação do desempenho da rede e intersecções na zona urbana da cidade de Changsha, China. Os resultados mostram que o método pode ser usado para realizar uma ampla avaliação e classificação de desempenho da sinalização das intersecções no âmbito do tráfego misto na rede rodoviária urbana.

No Brasil, Leal, Pinho e Almeida (2005) usaram a teoria Grey na análise de algumas falhas identificadas em uma distribuidora de energia. A partir das variáveis que formam o *RPN* (*Risk Priority Number*) advindo do FMEA, a análise considerou uma ponderação diferente para os fatores do FMEA, evidenciando as possibilidades de análise da relação Grey.

Outros estudos foram feitos usando esta relação, tais como Wang (2008), Wang e Hsu (2008), Wei e Chung (2003), Wang *et al.* (2001) e Chen, Zhu e Chen (2005), constando no referencial destes trabalho. Desta forma, evidencia-se a relevância da teoria aplicada aos mais diversos assuntos da atualidade.

2.7. PROJETO DE SOFTWARE

A grande competitividade no mercado torna as empresas cada vez mais dependentes de sistemas de informação. Estes são formados por pessoas, organização e TI – Tecnologia da Informação. Quando bem gerenciadas, tornam a empresa ágil na tomada de decisão.

A área de TI, entendida aqui como o conjunto de *hardware*, *software* e o uso da telecomunicações, tem acompanhado a evolução das organizações. Construir o *software* em tempo hábil, com a qualidade exigida e a custos competitivos são desafios que as organizações desenvolvedoras de *software* enfrentam diariamente. O modelo, atualmente, mais eficiente é organizando estas necessidades em um empreendimento temporário com início e fim bem definidos, ou seja, projetos de desenvolvimento de *software*.

É importante observar que, para o gerenciamento de projetos nesta pesquisa, o que é considerado no ciclo de vida de desenvolvimento de *software* é até fase de entrega do *software* para o cliente (*software* como produto). Conforme a literatura, o ciclo de vida do *software* abrange desde sua concepção, passando por suas fases de desenvolvimento e testes, até a entrega e fase de manutenção. Por último, a fase de obsolescência, na qual o *software* é retirado de uso. Um dos ciclos de vida de *software* precursores em usar análise de riscos foi o publicado por Boehm (1988).

O gerenciamento de projetos ajuda estas organizações neste desafio. Por meio do planejamento, programação e controle de uma série de atividades integradas de forma a atingir seus objetivos com êxito (KERZNER, 2005). Estas atividades devem estar de acordo com cada ciclo de vida de cada produto a ser desenvolvido.

2.7.1. Engenharia de Software

Engenharia de *Software* (ES) é a aplicação dos princípios científicos, métodos, modelos abstratos, padrões e teorias que possibilitem gerenciar, planejar, modelar, projetar, implementar, medir, analisar, manter e aprimorar um *software*, Pressman (2006), Pereira (2004) e Royce (1998). Além disso, a engenharia de *software* deve oferecer mecanismos para se planejar e gerenciar o processo de desenvolvimento para que obtenha sucesso.

Encontram-se na literatura vários modelos de melhoria, processos, métodos e ferramentas para aumentar a probabilidade de sucesso dos projetos de *software* (PRESSMAN, 1997) e (SOMMERVILLE, 1996). Apesar de todos os esforços de melhoria, a literatura e as pesquisas demonstram que as falhas nos projetos continuam, conforme evidencia a Figura 1 da STANDISH (2004), Wallace, Rai e Keil (2004), Sommerville (1996), Pressman (1997) e Royce (1998).

A Engenharia de *Software* (ES) surgiu em meados dos anos 1970 numa tentativa de contornar a *crise do software* e dar um tratamento de engenharia (mais sistemático e controlado) ao desenvolvimento de sistemas de *software* complexos.

A abordagem de ES envolve diversas atividades que podem ser classificadas conforme Pressman (2006), quanto ao seu propósito em:

- a) Atividades de desenvolvimento (ou técnicas ou de construção): são as atividades diretamente relacionadas ao processo de desenvolvimento do *software*, ou seja, que contribuem diretamente para o desenvolvimento do produto de *software* a ser entregue ao cliente. São exemplos de atividades de desenvolvimento: especificação e análise de requisitos, projeto e implementação;
- b) Atividades de gerência de projeto: são aquelas relacionadas ao planejamento e acompanhamento gerencial do projeto, tais como realização de estimativas, elaboração de cronogramas, análise dos riscos do projeto etc;
- c) Atividades de garantia da qualidade: são aquelas relacionadas com a garantia da qualidade do produto em desenvolvimento e do processo de *software* utilizado, tais como revisões e inspeções de produtos (intermediários ou finais) do desenvolvimento.

Vários modelos e normas de qualidade de processo de desenvolvimento de *software* têm surgido com o objetivo de apoiar a busca pela qualidade e sucesso dos projetos. Dentre essas normas e modelos, destacam-se as normas NBR ISO/IEC 12207, ISO/IEC 15504 e os modelos CMM, CMMI e MPS.BR, além de metodologias como RUP.

A Norma NBR ISO/IEC 12207 – Tecnologia da Informação – Processos de Ciclo de Vida de *Software* estabelece uma estrutura comum para os processos de ciclo de vida de *software*, com terminologia bem definida, que pode ser referenciada pela indústria de *software*. A estrutura contém processos, atividades e tarefas que devem ser aplicados na aquisição, fornecimento, desenvolvimento, operação e manutenção de produtos de

software. Esse conjunto de processos, atividades e tarefas foi desenvolvido para ser adaptado de acordo com as características de cada projeto de *software*, o que pode envolver o detalhamento, a adição e a supressão de processos, atividades e tarefas não aplicáveis ao mesmo. Os processos da ISO/IEC 12207 são agrupados em três categorias de processo, a saber:

- a) Processos Fundamentais: Constituem um conjunto de cinco processos que atendem aos adquirentes, fornecedores, desenvolvedores, operadores e mantenedores do *software*, durante o seu ciclo de vida;
- b) Processos de Apoio: Fornece apoio a outros processos com documentação, gerência de configuração, garantia da qualidade, verificação, validação, revisão conjunta, auditoria, resolução de problemas, usabilidade e avaliação do produto;
- c) Processos Organizacionais: são empregados por uma organização para melhorar continuamente a sua estrutura e os seus processos. Eles são tipicamente empregados fora do domínio de projetos e contratos específicos. Entretanto, os ensinamentos desses projetos e contratos contribuem para a melhoria da organização. São processos organizacionais os processos de gerência, infraestrutura, Melhoria, Recursos Humanos, Gerência de Ativos, Gerência de Programa de Reuso e Engenharia de Domínio;
- d) Processo de adaptação: trata da adaptação da norma à cultura e aos aspectos específicos de uma organização.

A Norma ISO/IEC 15504 - Tecnologia da Informação – Avaliação de Processos (*Information Technology – Process Assessment*) foi desenvolvida pela comunidade internacional em um projeto denominado SPICE (*Software Process Improvement and Capability dEtermination*); é um padrão internacional ISO para avaliação de processos de *software*. A norma prevê uma abordagem estruturada para avaliação de processos de *software* com os seguintes objetivos:

- a) permitir o entendimento em favor da organização, do estado dos seus processos, visando estabelecer melhorias;
- b) determinar a adequação dos processos de uma organização para atender a um requisito particular ou classe de requisitos;

- c) determinar a adequação de processos da organização para um contrato ou classe de contratos.

O Modelo de Maturidade e Capacidade (*Capability Maturity Model - CMM*) foi desenvolvido no Instituto de Engenharia de *Software* (*Software Engineering Institute - SEI*) da Universidade de Carnegie Mellon. O intuito do CMM é quantificar a capacidade de uma organização produzir produtos de *software* de alta qualidade, de forma previsível e consistente. Sua motivação inicial foi apontar as necessidades de melhoria nos projetos de desenvolvimento de *software* do Departamento de Defesa dos EUA (DoD). Este modelo utiliza-se de 18 processos para medir o grau de maturidade da organização em desenvolver *software* e é estruturado em 5 níveis de maturidade:

- a) Nível 1 – Inicial: o processo de *software* é caracterizado como *ad hoc* e, eventualmente, caótico. Poucos processos são definidos e o sucesso depende de esforços individuais. Neste nível, a organização, tipicamente, opera sem formalizar procedimentos, estimativas de custo e planos de projeto. Ferramentas não são bem integradas ao processo ou não são uniformemente aplicadas. O controle de alterações é superficial e há pouco entendimento sobre os problemas;
- b) Nível 2 – Repetível: os processos básicos de gerência são estabelecidos para acompanhar custo, cronograma e funcionalidade. Os sucessos em projetos anteriores com aplicações similares podem ser repetidos. Dentre os processos, destacam-se para este trabalho, os processos de gerenciamento do projeto de *software*, Aquisições, configurações;
- c) Nível 3 – Definido: a organização possui um processo padrão definido que é usado como base para todos os projetos. As atividades de engenharia e gerência de *software* são estáveis e há um entendimento comum e amplo das atividades, papéis e responsabilidades no processo;
- d) Nível 4 – Gerenciado: a organização fixa metas quantitativas de qualidade para produtos e processos e fornece instrumentos para medições consistentes e bem definidas. Tanto o processo de *software*, como os produtos são quantitativamente entendidos e controlados. É possível que a organização preveja tendências na

qualidade do processo e dos produtos, dentro de fronteiras quantificadas;

e) Nível 5 – Otimizado: a organização possui uma base para melhoria contínua e otimização do processo. Dados sobre a eficiência de um processo são usados para efetuar análises custo-benefício de novas tecnologias e para propor mudanças no processo.

O CMMI (*Capability Maturity Model Integration*) surgiu com o objetivo de integrar esses modelos de maturidade em um só modelo, evitando, assim, o confronto de definições e a sobreposição de áreas de processos. O projeto também se preocupou em tornar o CMMI compatível com a norma ISO 15504, de modo que avaliações em um modelo pudessem ser reconhecidas como equivalentes às do outro. Vale destacar que, apesar de prover um novo modelo, o CMMI procura preservar ao máximo os investimentos feitos em melhoria de processos baseadas no CMM. Contendo os mesmos níveis de maturidade do CMM, ampliou para 22 o número e áreas de processo; são eles:

- a) Áreas de Processos de Engenharia:
 - Gerenciamento de Requisitos;
 - Desenvolvimento de Requisitos;
 - Solução Técnica;
 - Integração de Produto;
 - Validação;
 - Verificação.
- b) Áreas de Processos de Gerência de Processos:
 - Definição de Processo Organizacional;
 - Foco de Processo Organizacional;
 - Desempenho de Processo Organizacional;
 - Treinamento Organizacional;
 - Inovação e Melhoria Organizacional;
- c) Áreas de Processos de Gerência de Projetos:
 - Planejamento de Projeto;
 - Gerenciamento Integrado de Projeto;
 - Monitoração e Controle de Projeto;
 - Gerenciamento de Acordo com Fornecedor;
 - Gerenciamento Quantitativo de Projeto;

- Gerenciamento de Riscos;
- d) Áreas de Processos de Apoio:
 - Análise Causal e Resolução;
 - Gerência de Configuração;
 - Análise de Decisão e Resolução;
 - Medição e Análise;
 - Garantia da Qualidade de Processo e Produto;

O MPS.BR – Melhoria de Processo do *Software* Brasileiro tem como objetivo definir um modelo de melhoria e avaliação de processo de *software* nacional, adequado, preferencialmente, às micro, pequenas e médias empresas brasileiras, de forma a atender às suas necessidades de negócio e a ser reconhecido nacional e internacionalmente como um modelo aplicável à indústria de *software*. Por este motivo, está aderente a modelos e normas internacionais. O MPS.BR está dividido em três componentes:

- a) Modelo de Referência (MR-MPS): contém os requisitos que as organizações deverão atender para estar em conformidade com o MPS.BR. Define também sete níveis de maturidade e da capacidade de processos e os processos em si. Entre estes níveis, para esta pesquisa, destacam-se processos de gerenciamento de projetos, gerenciamento de riscos, gerenciamento de requisitos, aquisições, etc;
- b) Método de Avaliação (MA-MPS): contém o processo de avaliação, os requisitos para os avaliadores e os requisitos para averiguação da conformidade ao modelo MR-MPS. Está descrito de forma detalhada no Guia de Avaliação e foi baseado na norma ISO/IEC 15504;
- c) Modelo de Negócio (MN-MPS): contém uma descrição das regras para a implementação do MR-MPS pelas empresas de consultoria, de *software* e de avaliação.

Metodologia RUP (*Rational Unified Process*) é uma plataforma de processo de desenvolvimento de *software* configurável que conforme a IBM; oferece melhores práticas comprovadas e uma arquitetura configurável. Tornou-se IRUP quando a IBM adquiriu *Rational Software Corporation*. O RUP usa a abordagem da orientação a objetos em sua concepção e é projetado e documentado utilizando a notação UML (*Unified Modeling*

Language) para ilustrar os processos em ação. É um processo considerado pesado e preferencialmente aplicável a grandes equipes de desenvolvimento e a grandes projetos; porém o fato de ser amplamente customizável torna possível que seja adaptado para projetos de qualquer escala. O RUP divide o projeto em 4 fases e 9 disciplinas. Evidencia-se a disciplina de gerenciamento de projetos que percorre todas as fases do ciclo de vida do desenvolvimento de *software*.

Para a gerência do projeto, o RUP provê uma solução disciplinada de como planejar, controlar, assinalar tarefas e responsabilidades dentro de uma organização de desenvolvimento de *software*. Ou seja, também está preocupada com gerenciamento de projetos integrado a produção de *software*.

Pode-se perceber estas normas, guias e metodologias, sempre está presente a necessidade de se gerenciar projetos. O uso das metodologias está fazendo o desenvolvimento de *software* ser capaz de fazer as entregas dos requisitos no prazo, custo e qualidades necessárias às organizações que as usam. Ou seja, projetos de *software* entregues com sucesso.

2.7.2. Gerenciamento de Projetos de *Software*

O gerenciamento de projetos está intimamente ligado à área de atuação do projeto. Gerenciar projetos para engenharia civil é diferente de gerenciar projetos de construção areoespacial ou de desenvolvimento de *software*. Cada área tem suas peculiaridades, e por si só requer certo grau de conhecimento por parte de quem gerencia.

Em artigo publicado, Pemmaraju relata que em 1986, Alfred Spector, presidente da *Transarc Corporation*, foi co-autor de um trabalho comparando a construção de pontes com o desenvolvimento de *software*. Partindo da premissa que: *Pontes são normalmente construídas dentro do prazo, do orçamento e atendem um objetivo, ou seja, permanecem sólidas. Por outro lado, o desenvolvimento de software dificilmente tem o mesmo desempenho*, conclui o autor.

Observa-se que uma das principais razões para o sucesso da construção de pontes é o extremo detalhamento da arquitetura e do desenho do projeto para um ambiente específico, onde há pouca flexibilidade em mudá-las. Pontes são construídas há mais de 3.000 anos, os engenheiros são guiados e limitados pelas leis naturais e os produtos construídos se desgastam com o tempo.

Por outro lado, os engenheiros de *software* trabalham com materiais abstratos, nos quais não têm limites naturais impostos pelo mundo externo. Uma vez que o *software* é infinitamente flexível e maleável, os limites são determinados puramente pelas capacidades mentais humanas. Provavelmente, ainda não compreendemos a mente humana tão bem como compreendemos as leis físicas dos objetos em movimento. O *software* é produto virtual, assim, não se desgasta com o tempo, pelo contrário, fica mais confiável, visto que seus defeitos (*bug*) são corrigidos.

A engenharia de *software* tem pouco mais de 30 anos; as especificações de *software* que são fixas e rígidas não são adequadas para acomodar as mudanças nas práticas de negócios. Um modelo mais flexível é sempre adotado e tem sido este um dos aspectos alegados para explicar as falhas de desenvolvimento de *software*.

Jones (1994) identificou pelo menos seis classes genéricas de projeto de *software* que são: sistema de informações gerenciais (MIS), *software* de sistemas (normalmente controlam a operação de dispositivos físicos), comercial (controle organizacional, controle de produção, vendas, RH), militar, subcontrato (*outsource*) e para usuário final (processadores de texto e planilhas). Essas classes foram definidas porque foi observado que os riscos são diferentes, dependendo do domínio do projeto de *software*. Essa pesquisa foca o *software* comercial, pois versa sobre controles de projetos de desenvolvimento de *software* ERP – *Enterprise Resource Planning*. Os desafios com a alta complexidade dos projetos estão presentes em todas as áreas. O desenvolvimento de *software*, como uma nova ciência, está muito ligado à evolução da tecnológica. E, atualmente, se está vivendo uma revolução tecnológica sem precedentes.

A gerência de projetos cobre todas as atividades relacionadas ao planejamento, obtenção e alocação de recursos, implementação, monitoramento, controle, verificação e medição dos processos do projeto. O início se dá pelo planejamento, no qual o projeto é definido em termos de recursos e planos de desenvolvimento e se obtém o comprometimento de todos os envolvidos. Uma vez que esses planos são estabelecidos e o projeto está em desenvolvimento, o controle e o monitoramento são usados para assegurar que os planos estão sendo seguidos, que o progresso é monitorado e que ações são executadas quando desvios ocorrem (SEI, 2000; PMBOK, 2008).

Segundo Whitten (1995), de modo geral, as organizações de desenvolvimento de *software* não têm uma visão clara de como deveria ser um processo definido, reproduzível e previsível de desenvolvimento. Sem um processo disciplinado, há um aumento significativo dos riscos de fracasso dos projetos. Assim, estas organizações não conseguem prever e controlar os fatores críticos tais como custo, duração e qualidade.

Segundo Karolak (1996), o desenvolvimento de *software* é uma atividade intelectual; portanto, difícil de gerenciar. As pessoas não pensam exatamente da mesma forma; não possuem a mesma cultura; há a tendência de ocorrer problemas de comunicação, entendimento e integração dos esforços individuais, bem como uma dificuldade de identificar e resolver problemas.

A forma como todas essas incertezas são trabalhadas durante o projeto constitui um risco ao projeto. O problema de grande parte das metodologias de desenvolvimento propostas é que elas não trabalham o risco de forma adequada. Elas não identificam antecipadamente os riscos do projeto. Sem o conhecimento dos conceitos de gerenciamento dos riscos de projetos, a habilidade para identificar, planejar, avaliar, minimizar e prever riscos é quase impossível um projeto ter sucesso. Os riscos estratégicos, operacionais e técnicos são diferenciados em cada desenvolvimento de *software* e devem estar relacionados entre si. O gerenciamento de risco deve ser estruturado ao longo de cada fase do ciclo de vida do projeto, de forma que seja possível abordar tanto os aspectos ambientais da organização, quanto os aspectos culturais.

Segundo Chittister e Haines (1993), risco técnico de *software* pode ser definido como a medida da probabilidade e severidade dos efeitos adversos intrínsecos no processo de desenvolvimento de *software* que não atendem às funções especificadas e aos requisitos de desempenho.

A recomendação de Boehm (1991) é que os gerentes de projeto avaliem e evitem as seguintes situações de desenvolvimento de *software*: orçamentos e cronogramas irrealistas, interfaces inadequadas com usuários, funções incorretas de *software*, um comportamento contínuo de mudanças de requisitos e desmotivação da equipe. Da mesma forma, o PMBOK (2008) prevê que o gerente de projeto é responsável pelo projeto, deve assegurar que o projeto seja factível, chegando ao ponto de colocar no seu código de ética que o gerente de projetos deve afastar-se do projeto, caso este não seja factível.

Foi demonstrado por Zmud (1980) que o tamanho do projeto, a mudança de tecnologia, o grau de novidade da área de aplicação e rotatividade de pessoal da equipe podem influenciar significativamente no sucesso do desenvolvimento de *software*. Estes pontos também são tratados no PMBOK (2008), incluído liderança e negociação.

Para Kerzner (2005), o apoio da alta administração ao projeto é ponto fundamental para o sucesso. A organização deve reconhecer rapidamente e mover-se para outra prioridade, caso entenda que determinado projeto não mais atende às estratégias. Muitos gerentes de projetos, por não serem informados destas mudanças lutam

desesperadamente para sobrevivências do projeto. A alta administração deve reconhecer a necessidade de mudança e, por vezes, fazer a conclusão prematura (cancelar) do projeto, não importando os custos já incorridos. Para esse autor, isso é questão de maturidade no gerenciamento do projeto.

O gerenciamento de projeto pode ajudar às organizações a alcançar os objetivos estratégicos e garantir a sobrevivência. Se o gerenciamento de projetos for aplicado de forma contínua (fluxo), gera conhecimento pela repetição. Inicialmente há fracassos, mas com o passar do tempo e o número de projetos deve levar ao sucesso com mais frequência.

3. METODOLOGIA

Este capítulo versa sobre a metodologia que dá suporte a esta pesquisa, consistindo num conjunto de etapas ordenadamente dispostas a serem executadas que tenham por finalidade a investigação de fenômenos para obtenção de conhecimentos (JUNG, 2004).

3.1. DELINEAMENTO DA PESQUISA

Esta pesquisa visa realizar um levantamento dos principais riscos envolvidos em projetos de desenvolvimento de *software* na Empresa Alpha¹ objetivando a proposição de uma forma diferenciada para classificar os riscos destes projetos.

Assim, como na Empresa Alpha, a maioria das organizações desenvolvedoras de *software*, 92%, conforme pesquisa PMI-BR (2007), que gerenciam riscos, utiliza-se de uma forma clássica para se avaliarem riscos atualmente, que leva em consideração a probabilidade de um evento ocorrer multiplicado pelo seu impacto, conforme pode ser visto na equação (1). Esta multiplicação gera o fator de exposição ao risco.

Depois de identificar os riscos do projeto, conforme as técnicas apresentadas no referencial teórico-empírico, estes riscos são classificados de acordo com sua exposição. Assim, quanto maior a exposição aos riscos, mais acompanhamento será dado a tais riscos. Este acompanhamento e suas estratégias são definidos no plano de gerenciamento de riscos.

De forma geral, ao fazer gerenciamento de riscos em projetos, são levantados uma série de riscos (eventos). Estes eventos têm a avaliação das probabilidades e impactos considerados, bem como os calculados de sua exposição. Muitos destes riscos estão classificados, alternativamente, como: baixos, médios, médio-altos ou alta exposição. Muito deles, ao considerar os fatores da probabilidade e impacto, ficam com a mesma exposição em suas faixas. Isso faz com que a organização e a equipe do projeto tenham que investir tempo na avaliação de todos os riscos, já que todos possuem a mesma exposição.

Um dos maiores entraves neste processo refere-se ao fato de que normalmente são acompanhados os riscos de maior exposição, o que parece coerente. Contudo,

¹ Não foi permitida por parte da empresa a vinculação do seu nome nesta pesquisa, apenas o uso dos dados coletados. Assim, adotou-se o codinome empresa Alpha como *proxy* da organização pesquisada.

muitas vezes, um risco que não teria tanta relevância em termos de probabilidade, mas com algum impacto, pode ser negligenciado e passado para um segundo plano. Assim, muitos destes eventos de riscos, de uma hora para a outra simplesmente acontecem e acabam impactando nos objetivos do projeto. Nesse contexto, cabe uma indagação: o que levou estes riscos a serem negligenciados?

O uso da métrica FMEA, na avaliação dos eventos de risco traz outro elemento que não aparece nesta metodologia clássica de probabilidade *versus* impacto. Este elemento refere-se à avaliação da possibilidade de detecção do risco.

Todo risco tem uma exposição, mas há dificuldades em avaliar se este evento de risco é mais fácil ou difícil de detectar, isso pode tornar a equação (2), métrica FMEA, mais atraente. Uma vez avaliado o risco de probabilidade média de ocorrência e com um determinado grau de impacto, por exemplo, ou isso faz toda a diferença caso seja possível, ou não, facilmente detectar o evento de risco. Incluindo este item na equação referida anteriormente, certamente poderá ter uma nova configuração sobre a real priorização dos riscos, assim, investindo tempo nos eventos de risco nos quais esta nova variável pode fazer a diferença na priorização.

Conforme pesquisa elaborada no referencial teórico-empírica, tem-se alguns pontos fracos com relação à aplicação da métrica FMEA. Para minimizar estes pontos fracos, será utilizada a técnica de regressão linear desenvolvida por Deng (1989), chamada de teoria *Grey*.

Esta teoria faz uma relação entre variáveis. No caso da aplicação na métrica FMEA há três variáveis citadas anteriormente, que correspondem a uma relação entre a incerteza e os índices apresentados no sistema: ocorrência; severidade e detecção. Quando o efeito do fator sobre o comportamento principal tem alguma obscuridade, que se julga ser este o caso das três variáveis envolvidas (probabilidade, impacto e detecção), a teoria *Grey* analisa e determina o grau de influência entre tais fatores, que mensura a contribuição de cada um deles no comportamento principal analisado. Este comportamento principal analisado pode ser qualquer uma das variáveis envolvidas, normalmente, há uma preferência por tornar o impacto à variável de mais relevância. O uso da teoria *Grey* permite que sejam distribuídos pesos para cada uma das variáveis do sistema; desta forma, minimiza os pontos fracos do FMEA.

Esta teoria faz uma relação das três variáveis citadas, que corresponde a uma relação de incerteza entre os fatores apresentados no sistema. Quando o efeito do fator sobre o comportamento principal tem certa obscuridade, que se julga ser este o caso das três variáveis envolvidas (probabilidade, impacto e detecção), a teoria *Grey* analisa e

determina o grau de influência entre estes fatores. Mensura, portanto, a contribuição de cada um deles no comportamento principal analisado.

Desta forma, pretende-se fazer uma aplicação empírica da teoria *Grey* como método para priorizar os riscos dos projetos de desenvolvimento de *software* da Empresa Alpha. Assim, busca-se contribuir com a melhor avaliação dos riscos dos projetos e focar em riscos de maior exposição com esta nova variável ajustada.

3.2. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA

Uma pesquisa é um processo no qual, questões são formuladas e respondidas de forma sistemática. Os objetivos da pesquisa devem responder a estas questões a partir de caminhos bem definidos, dependendo da natureza do problema apresentado, determina como deve ser feita a escolha do método de pesquisa e das técnicas utilizadas (DENE, 1990). Durante ou após a pesquisa, Jung (2004) afirma que o pesquisador adquire conhecimento sobre si mesmo ou sobre o mundo em que vive.

Para que um conhecimento seja considerado científico, Gil (2007) afirma que é preciso determinar o método que possibilitou a obtenção do conhecimento. O método é um caminho utilizado para chegar a determinado fim, por meio de um conjunto de procedimentos intelectuais e técnicos adotados, com a finalidade de concretização do conhecimento.

Segundo Jung (2004), o pesquisador, para viabilizar sua pesquisa, necessita de uma sistematização das ações a serem consideradas no desenvolvimento do processo de pesquisa. A Figura 9 apresenta os diferentes tipos de pesquisas científicas considerados pelo autor supracitado. Tal tipologia será usada como embasamento para o enquadramento desta dissertação.

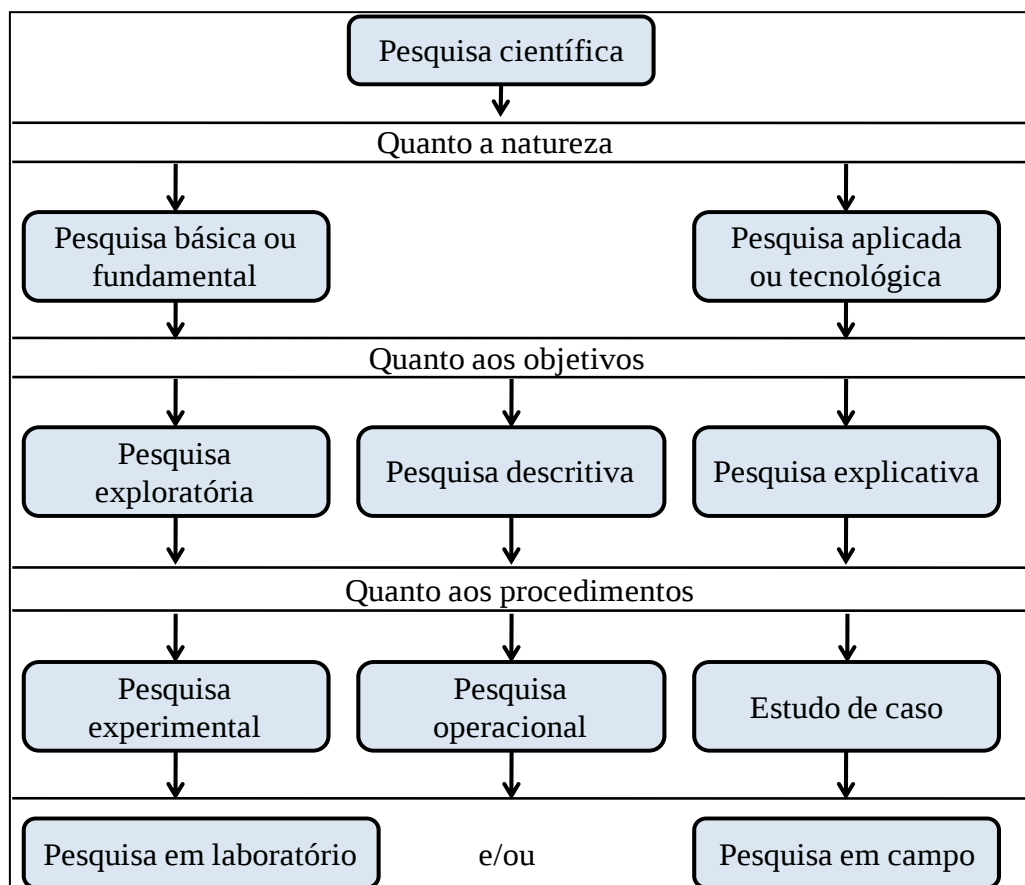


Figura 9 – Tipos de Pesquisa Científica

Fonte: Adaptado de Carlos Fernando Jung (2004)

Esta pesquisa pode ser caracterizada **quanto à natureza** como sendo uma **pesquisa aplicada**, pois segundo Jung (2004), a pesquisa aplicada ou tecnológica exige um real conhecimento empírico das variáveis a que pode estar sujeito um sistema real.

Quanto aos objetivos, esta pesquisa pode ser caracterizada como uma **pesquisa explicativa**, pois visa ampliar além de registrar, analisar e interpretar os fenômenos estudados tendo como preocupação primordial avaliar a priorização dos riscos por cada método estudado e pelo proposto com a teoria Grey.

Quanto aos procedimentos, a referida pesquisa pode ser vista como um **estudo de caso**, pois é caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetos, de maneira que permita a investigação de seu amplo e detalhado conhecimento.

Cabe lembrar que, embora este tipo de pesquisa se processe de forma relativamente simples, isso pode exigir por parte do pesquisador, um nível de capacitação mais elevado do que aquele requerido para outros tipos de delineamentos, devido à dificuldade de generalização dos resultados obtidos, quando a unidade escolhida para a investigação for bastante anormal em relação às muitas de sua espécie.

Conforme destaca Yin (2005), os estudos de caso representam a estratégia preferida quando se colocam questões do tipo “como” e “por que”, quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e quando o foco se encontra em fenômenos contemporâneos inseridos em algum contexto da vida real. Os estudos de caso podem ainda ser utilizados em pesquisas exploratórias, quanto descritivas ou explicativas.

Quanto aos meios, esse trabalho se caracteriza como uma **pesquisa ex-post facto**, pois trata-se de uma investigação sistemática e empírica na qual o pesquisador não tem controle direto sobre as variáveis independentes, porque já ocorreram suas manifestações ou porque são intrinsecamente não manipuláveis. Neste caso, são feitas apenas afirmações sobre as relações entre variáveis em observação direta, a partir da variação concomitante entre as variáveis independentes e dependentes.

Enquanto a literatura descreve que uma pesquisa pode ter abordagem qualitativa ou quantitativa, Jung (2004, p. 32) traduz este termo para modelos científicos descrevendo que “[...] são utilizados para representar os conhecimentos científicos obtidos com a experimentação ou observação dos fenômenos da natureza”. Estes modelos são uma forma lógica e estruturada que possibilita a compreensão das descobertas científicas.

Nesta pesquisa será usada a **modelagem quantitativa**, na qual Jung (2004, p. 56) destaca que:

O modelo quantitativo é utilizado universalmente para demonstrar através de métodos e símbolos numéricos as diferenças, proporcionalidades ou não, entre os sistemas que compõem a natureza.

Quanto ao aspecto temporal esta pesquisa será classificada como um **corte transversal**, pois irá avaliar os projetos entre os anos de 2004 e 2008, não sendo feito acompanhamento ou verificação ao longo de algum tempo.

Quanto aos meios de investigação refere-se a uma **pesquisa de análise documental**, visto que serão avaliadas as informações arquivadas dos projetos finalizados ou em andamento no período supracitado. Também pode-se caracterizar esta pesquisa como sendo uma **pesquisa bibliográfica**, dado que será realizado um levantamento bibliográfico sobre as principais métricas de riscos existentes para gerenciamento de projetos para poder fazer a comparação com as encontradas nos projetos a serem analisados.

Quanto ao método de amostragem, esta pesquisa utiliza-se do **processo de amostragem não probabilístico ou não aleatória**, visto que serão selecionados todos

os projetos de desenvolvimento de *software* da empresa Alpha de forma intencional no período previamente considerado.

O Quadro 8 mostra uma forma resumida da caracterização desta pesquisa.

Título do Projeto	O Efeito da aplicação do FMEA e teoria <i>GREY</i> na priorização de riscos de projetos de desenvolvimento de <i>software</i>	
Problema de pesquisa	Uma vez utilizada a metodologia FMEA de priorização, aliada à regressão da teoria <i>Grey</i> , a priorização dos riscos mudaria num <i>portfolio</i> de projetos de <i>software</i> ?	
Objetivo Geral	Verificar o efeito da aplicação do método FMEA e da teoria <i>Grey</i> na priorização de riscos em um <i>portfolio</i> de projetos de desenvolvimento de <i>software</i> .	
Objetivos Específicos	- Avaliar as principais causas de falhas potenciais no <i>portfolio</i> projetos de <i>software</i>; - Mensurar e avaliar o <i>RPN</i> (<i>Risk Priority Number</i>) do FMEA usando a teoria <i>Grey</i>; - Estabelecer uma comparação entre as metodologias existentes com a que está sendo proposta avaliando os pontos fortes e fracos de cada métrica analisada; - Analisar se mudaria a prioridade dos riscos usando a teoria <i>Grey</i>	
Perguntas de Pesquisa	- É possível levantar e avaliar as principais causas de falhas potenciais no <i>portfolio</i> projetos de <i>software</i>? - Pautando-se no uso da métrica <i>FMEA</i>, associada com a teoria <i>Grey</i>, pode-se fazer uma priorização de riscos de melhor resultado? - É possível estabelecer uma comparação entre as metodologias existentes com a que está sendo proposta de usar a metodologia <i>Grey</i>, avaliando os pontos fortes e fracos de cada método analisado?	
Suporte Teórico	- Gerenciamento de Projetos - Gerenciamento de Riscos em Projetos - Gerenciamento de Projetos de <i>Software</i> - Riscos - Metodologia FMEA - Teoria <i>Grey</i>	
Suporte Instrumental	Planilha Eletrônica Excel	
Suporte Metodológico da Pesquisa	Classificação da pesquisa	Abordagem: Quantitativa Quanto à natureza: Pesquisa Aplicada Quanto aos objetivos: Explicativa Quanto aos procedimentos: Estudo de caso Quanto aos meios: Pesquisa <i>ex-post facto</i> Quanto ao aspecto temporal: Corte Transversal Quanto aos meios de Investigação: Pesquisa Documental e pesquisa bibliográfica Quanto ao método de amostragem: Não probabilístico ou não aleatório
	Campo de aplicação	Gerenciamento de Riscos em projetos de desenvolvimento de <i>software</i> da organização ALPHA.

Quadro 8 – Sumário Metodológico da Pesquisa

Fonte: Autor a Partir das Informações da Pesquisa

Assim, de acordo com o Quadro 8, é possível visualizar de maneira resumida o desenvolvimento do trabalho desta pesquisa. Compõe-se, dessa forma, a base metodológica para a realização da análise das metodologias existentes com a proposta com uso da teoria *Grey* para análise de riscos em projetos de desenvolvimento de *software* da Empresa Alpha.

3.3. COLETA E TRATAMENTO DOS DADOS

A coleta dos dados de uma pesquisa refere-se à fase prática na qual se inicia a aplicação do instrumento e das técnicas selecionadas. Trata-se de uma tarefa cansativa e ocupa, quase sempre, mais tempo do que se espera (OLIVEIRA, 2002, p. 182). Nesta fase, o pesquisador deve optar pelo uso de dados de fontes primárias ou secundárias. Já a fase referente ao tratamento dos dados é o momento em que o pesquisador analisa e interpreta as informações coletadas, devendo seguir as fases de seleção, codificação e tabulação.

3.3.1. Coleta dos Dados

A amostra coletada caracteriza-se como não probabilística por conveniência, em função da proximidade do autor da pesquisa com a organização pesquisada, bem como em razão do seu conhecimento a respeito das técnicas de gerenciamento de projetos.

A empresa Alpha possui ferramenta de GED (Gerenciamento Eletrônico de Dados), que é um *software* comercial da própria empresa, no qual são armazenados todos os tipos de documentos. Os documentos de gerenciamento dos projetos de desenvolvimento de *software* também são armazenados nesta ferramenta. Os documentos relacionados ao gerenciamento dos projetos de desenvolvimento de *software* formarão a base documental desta pesquisa entre outros são:

- a) Termos de abertura (Project-Charter);
- b) Plano do projeto integrado, contendo:
 - escopo do projeto;
 - estimativas em horas e valores;
 - plano de equipe – recursos humanos;
 - plano de gerência de configuração;
 - plano de gerenciamento de tempo e custos;
 - plano de ambiente de desenvolvimento;
 - plano de qualidade;
 - plano de comunicação;
 - plano de riscos, contendo:

- plano de gerenciamento de Riscos;
- planilha de levantamento e acompanhamento dos riscos do projeto.

Todos estes planos e definições têm informações sobre a sua área de atuação no gerenciamento de projetos, foi evidenciado anteriormente, em função da subdivisão estabelecida, a área de gerenciamento de riscos, pois é objeto desta pesquisa.

3.3.2. Tratamento dos Dados

Com base na avaliação da documentação existente, são identificados os riscos que estão definidos e detalhados nas planilhas de acompanhamento de riscos. Como fonte adicional, todos os outros documentos são fontes de informação de problemas enfrentados (eventos de riscos não identificados) e avaliar quais foram as ações que foram tomadas. Os passos para o tratamento dos dados estão representados na Figura 10 de forma macro.

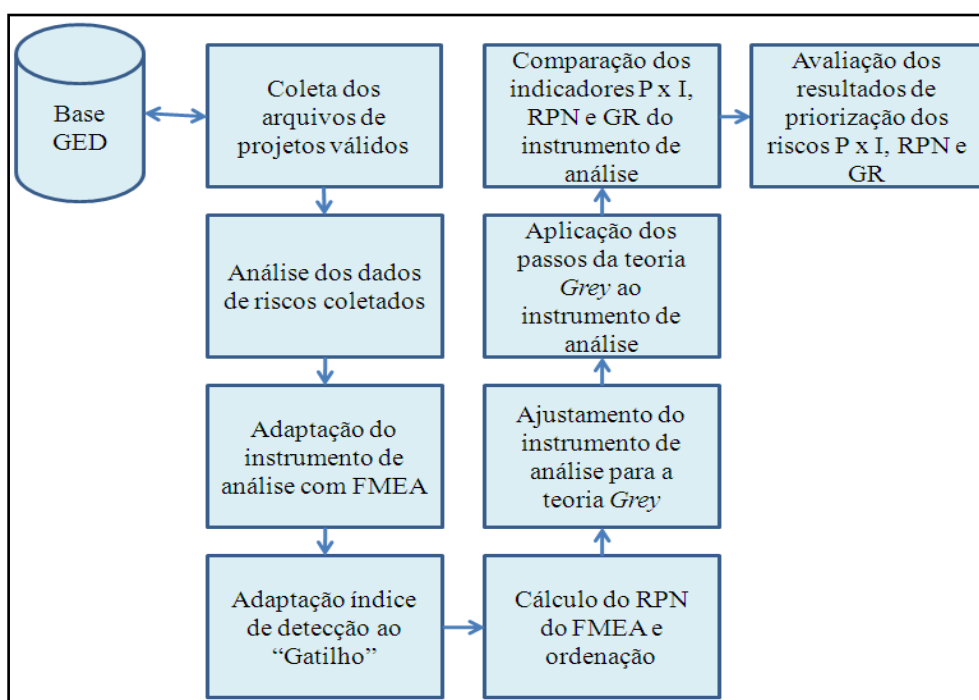


Figura 10 – Fluxo Macro do Tratamento dos Dados da Pesquisa

Fonte: Autor a Partir do Referencial Teórico

O macro fluxo denotado na Figura 10 será detalhado posteriormente numa planilha eletrônica visando realizar o tratamento da pesquisa proposta.

3.3.2.1. Coleta dos Arquivos dos Projetos Válidos

A rotina estabelecida para a coleta dos projetos é realizada conforme as seguintes definições:

- a. o projeto precisa ser de desenvolvimento de *software*, excluindo todos os outros projetos como, por exemplo, de implantação de ferramenta ou processos interno, mudanças de *layout*, etc.;
- b. o projeto deve ter sido iniciado em 2003, projetos em andamento nesta data que iniciaram em 2002, ou antes, não foram considerados neste levantamento;
- c. o projeto pode ainda não ter sido concluído em 2008, pois os dados que se quer obter não excluem projetos em andamento e nem interfere no resultado final;
- d. foram selecionados projetos que atendam à classificação de complexidade alta, que conforme tabela da empresa são projetos estimados inicialmente com mais de 400 AFP (Análise de Ponto de Função), o do inglês, *FPA (Function Point Analysis)*;
- e. com relação ao tipo de projeto são considerados os desenvolvimentos evolutivos (*software* já existente que tenham novos requisitos), não sendo selecionados projetos de novos desenvolvimentos.

3.3.2.2. Análise dos Dados dos Riscos Coletados

São analisados os dados de riscos coletados dos projetos para identificar alguma inconsistência eventual do gerente de projetos. Havendo inconsistências, o projeto será descartado. Estas inconsistências são da ordem de levantamentos com pouca ou nenhuma especificação dos eventos de risco que possam comprometer o resultado final.

Será criada uma planilha eletrônica, conforme Quadro 9, que irá ser utilizada com o objetivo de coletar os dados dos projetos a serem levantados da base de dados GED (Gerenciamento Eletrônico de Documentos), visando facilitar o entendimento e organização da pesquisa.

Id	Evento de Risco	Descrição do Impacto	Gatilhos do Risco	Índices (linha Base)			# P x I
				Probabilidade	Impacto	Exposição	
				P	I	P x I	
Exposição Total a Risco						$\Sigma P \times I$	

Quadro 9 – Planilha de Levantamento de Riscos

Fonte: Autor a Partir do Referencial Teórico

O Quadro 9 dispõe inicialmente somente os riscos levantados dos projetos válidos. Neste quadro, encontram-se os valores de probabilidade, índice de impacto e o cálculo da exposição ao risco. Depois de levantar os dados, deve-se ordenar os dados pela coluna “P x I”. Após esta ordenação, será preenchida a coluna “# P x I” de forma ordinal crescente, desta forma, priorizando os riscos por este método.

3.3.2.3. Adaptação do Instrumento de Análise com FMEA

Neste ponto, faz-se a adaptação do instrumento de coleta para conter dados para análise de riscos com uso do FMEA. Esta adaptação usa o Quadro 9, criado no passo anterior e será acrescido das informações relevantes para esta pesquisa advindas do Quadro 4, que consta no referencial teórico. O Quadro 10 é o resultante desta adaptação que visa facilitar o entendimento e adequações necessárias aos dados coletados.

				Índices (linha Base)				FMEA				
Id	Evento de Risco	Descrição do Impacto	Gatilhos do Risco	Probabilidade	Impacto	Exposição	# P x I	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	# FMEA
				P	I	P x I		O	S	D	O x S x D	
Exposição Total a Risco						Σ P x I						

Quadro 10 - Planilha de Levantamento dos Riscos Acrescido Itens do FMEA

Fonte: Autor a Partir do Referencial Teórico

No Quadro 10, foram acrescentadas as colunas Ocorrência, Severidade, Detecção, *RPN* e # FMEA. As quatro primeiras colunas são do Quadro 4 (FMEA) e seguirá a seguinte equalização:

- ocorrência: terá a mesma informação da coluna Probabilidade;
- severidade: informação virá da coluna Impacto;
- deteção: será adaptação do texto Gatilho, será detalhado a seguir.

O *RPN* – *Risk Priority Number* é o cálculo básico de riscos do FMEA conforme equação (2) do Referencial Teórico. Já a coluna # FMEA servirá aos propósitos desta pesquisa para efeito de análise final, ela será numerada em ordem crescente conforme a importância do risco com o cálculo do *RPN*, este tipo de cálculo e mais tarde será comparada sua ordenação com outros dois métodos de cálculo de priorização de riscos.

3.3.2.4. Adaptação do Índice de Detecção ao “Gatilho”

No Quadro 9, referente a Planilha de Levantamento de Riscos, é descrita, na coluna “Gatilho do Riscos”, a forma com que o risco pode ser detectado. Entretanto, como se encontra na forma de texto, além de dificultar a visualização rápida da detecção, não reflete na priorização dos riscos. Como os riscos definidos neste quadro podem ter a mesma exposição, disputam a necessidade de atenção. Desta forma, precisa-se ter uma forma de adaptar o que está descrito na coluna “Gatilho do Risco” ao índice do FMEA de

detecção, conforme levantamento descrito anteriormente do Quadro 10, transformando em um índice.

3.3.2.5. Cálculo do *RPN* do FMEA e Ordenação

Depois de se preencher o Quadro 10, será construída a equação (2) na coluna *RPN* (*Risk Priority Number*) para cada evento de risco levantado. Após o cálculo, são ordenadas de forma decrescente pela coluna *RPN*. Forma-se assim uma lista dos eventos de riscos priorizados do mais alto ao de menor risco. Conforme referencial teórico, depois de ordenado, estes primeiros são os riscos de mais importância e que precisam ser avaliados e tratados primeiro. Para facilitar a análise, a coluna #FMEA é numerada de forma ordinal crescente.

3.3.2.6. Ajustamento do Instrumento de Análise para a Teoria Grey

Neste passo, é acrescida a planilha eletrônica para a aplicação da teoria Grey. O formato desta planilha está descrito no Quadro 11, no qual a mesma contém oito (8) colunas adicionais para que se possa efetuar o seu cálculo conforme passo seguinte e ponto principal desta proposta.

												Teoria Grey									
ID	Evento de Risco	Descrição do Impacto	Gatilho do Risco	Índices (linha Base)		# P x I	FMEA				# FMEA	Diferença			Coeficiente de Relação			# GR	Ordem Real Acontecimento Riscos		
				Probabilidade	Impacto		Exposição	Ocorrência	Severidade	Deteção		RPN	OxSxD	Ocorrência	ΔSeveridade	ΔDeteção	Ocorrência			Severidade	Deteção
				P	I	PxI		O	S	D	OxSxD										
Exposição Total a Risco						Σ PxI															
												Coeficiente Relativo:			αo	αs	αD				
Valor de ε						0.5	Série Padrão					1	1	1							

Quadro 11 - Formulário de Análise e Cálculo Usando a Teoria Grey

Fonte: Autor a Partir do Referencial Teórico

Uma descrição detalhada dos valores que constam no Quadro 11 encontra-se definida nos próximos passos. Cabe ressaltar que foi incluída uma coluna na qual será informada a ordem real quando os riscos ocorreram, para que seja possível avaliar qual dos métodos foi o mais eficiente. Para efeitos desta pesquisa os riscos que não aconteceram não fizeram parte da lista final, visto que eles tinham probabilidade e (ou) impacto baixos.

3.3.2.7. Aplicação dos Passos da Teoria Grey ao Instrumento de Análise

Com auxílio da planilha eletrônica, conforme foi descrito no Quadro 11, são aplicados os seguintes passos para gerar o grau de relação (GR) da teoria Grey, conforme Chang *et al.* (2001), propõe a aplicação da métrica teoria Grey, com o uso dos índices: Ocorrência (O), Severidade (S) e Detecção (D). Estes três índices formam uma matriz conforme necessária para aplicação da teoria Grey de Julong Deng, em 1982. Os seguintes passos devem ser seguidos:

PASSO 1 – Estabelecer uma série comparativa: esta série é representada na forma de uma matriz, na qual “n” representa o total de eventos de riscos associados, conforme evidencia a equação (13).

$$\mathbf{X} = \begin{matrix} & \begin{matrix} O_1 & S_1 & D_1 \\ O_2 & S_2 & D_2 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ O_n & S_n & D_n \end{matrix} \\ \begin{matrix} \\ \\ \\ \end{matrix} & \begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix} \end{matrix} \quad (13)$$

PASSO 2 – Estabelecer uma série padrão: esta série padrão é formada a partir dos menores valores possíveis das variáveis dos índices do FMEA, que estão registrados nos Quadros 5, 6 e 7, respectivamente, descritos no referencial teórico. Representa os números de menor risco para os eventos que se deseja medir, tal como se encontra em (14).

$$\text{Série Padrão} = 1 \quad 1 \quad 1 \quad (14)$$

PASSO 3 – Obter a diferença entre a série comparativa e a série padrão: assim, será a diferença entre os eventos de risco do FMEA e a série padrão gera uma nova matriz. Por exemplo, $\Delta O_1 = O_1 - 1$ é calculado para cada índice e cada evento de risco, forma-se uma nova da matriz Δ com os dados do FMEA ajustados para teoria Grey, conforme mostra a equação (15).

$$\Delta = \begin{matrix} & \begin{matrix} \Delta O_1 & \Delta S_1 & \Delta D_1 \end{matrix} \\ \begin{matrix} \Delta O_2 \\ \Delta O_2 \\ \vdots \\ \Delta O_n \end{matrix} & \begin{matrix} \Delta S_2 \\ \Delta S_2 \\ \vdots \\ \Delta S_n \end{matrix} & \begin{matrix} \Delta D_2 \\ \Delta D_2 \\ \vdots \\ \Delta D_n \end{matrix} \end{matrix} \quad (15)$$

PASSO 4 – Obter os coeficientes de relação: os índices da matriz Δ , devem ser comparados com a série padrão. A máxima e a mínima diferença obtida no passo 3 devem ser registradas para obtenção do coeficiente de relação. Duas definições são necessárias. Calcular a constante β e os coeficientes γ , para cada índice da matriz FMEA e para cada evento de risco de 1 até “n”. A equação (16) é uma simplificação da equação (11) no referencial teórico:

$$\beta = \Delta_{\text{MIN}} + \varepsilon \times \Delta_{\text{MAX}} \quad (16)$$

Segundo Chang *et al.* (2001), o identificador ε pode assumir valores entre zero e um, geralmente assumindo o valor 0,5. Este identificador afeta apenas o valor relativo do risco, sem alterar a sua prioridade. O valor Δ_{MAX} é o maior valor de toda a matriz e o valor Δ_{MIN} assumindo o menor valor da matriz Δ . Cada indicador é aplicado conforme evidenciam as equações (17), (18) e (19), respectivamente:

$$\gamma O_i = \frac{\beta}{\Delta O_i + \varepsilon \times \Delta_{\text{MAX}}} \quad (17)$$

$$\gamma S_i = \frac{\beta}{\Delta S_i + \varepsilon \times \Delta_{\text{MAX}}} \quad (18)$$

$$\gamma D_i = \frac{\beta}{\Delta D_i + \varepsilon \times \Delta_{MAX}} \quad (19)$$

PASSO 5 – Determinar GR (Grau de Relação): Para determinar o grau de relação, é necessário definir os pesos relativos (α) a cada um dos índices da matriz Δ . As equações (20) e (21) são necessárias para o cálculo do GR.

$$\alpha_O + \alpha_S + \alpha_D = 1 \quad (20)$$

$$GR_i = \gamma O_i \times \alpha_O + \gamma S_i \times \alpha_S + \gamma D_i \times \alpha_D \quad (21)$$

Pode ser observado que no FMEA tradicional não há uma aplicação de pesos diferenciados para cada índice que compõe o *RPN*, conforme evidencia-se a equação (2), para Chang *et al.* (2001) esta possibilidade permite uma análise diferenciada do processo.

PASSO 6 – Classificar as prioridades de riscos: a hierarquia é construída a partir do GR de cada evento. O GR denota a relação entre a pontuação da causa potencial e os valores ótimos dos fatores de decisão. Quanto maior o grau de relação (GR), menor o efeito da causa, ou seja, são priorizados os eventos de risco com os menores graus de relação.

3.3.2.8. Comparação dos Indicadores P x I, *RPN* e *GR* do Instrumento de Análise

Com auxílio da planilha eletrônica a ser criada, conforme se encontra evidenciado no Quadro 11, podem ser comparados os três indicadores de priorização de riscos. Pode-se fazer simulações nas quais, uma vez alterados os pesos (α) definidos para os índices do FMEA, com isso, pode-se priorizar algum dos índices considerados mais importantes a cada projeto. Pode-se, por exemplo, aumentar o peso do índice de impacto (ocorrência) para reavaliar o comportamento na priorização de riscos.

3.3.2.9. Avaliação dos Resultados de Priorização dos Riscos $P \times I$, *RPN* e *GR*

Com base nos cálculos e nas priorizações realizadas, pode-se fazer a comparação. Deve-se proceder à análise dos resultados, comparando-se estes três indicadores de prioridade. Ao se comparar estes indicadores levantados com a situação de risco real do *portfolio*, buscando-se evidenciar se esta nova forma de priorização pode direcionar os esforços e recursos em riscos mais danosos aos objetivos dos projetos. Obtêm-se assim, vantagem competitiva por atuar nos riscos de forma diferenciada.

3.4. DEFINIÇÃO OPERACIONAL (DO) E CONSTITUTIVA (DC) DAS VARIÁVEIS

3.4.1. Variável: Probabilidade

a) Definição Constitutiva:

O campo da probabilidade é muito amplo na literatura, contudo, para este trabalho, probabilidade é, conforme descrito em Popper (2002), como “uma crença que corresponde a um grau maior ou menor de certeza”.

b) Definição Operacional:

Refere-se à possibilidade de um evento ocorrer. É mensurada por meio de uma escala métrica que varia de zero até um na qual zero é a certeza que ele nunca ocorre e um é certeza absoluta que ele vai ocorrer.

3.4.2. Variável: Impacto

a) Definição Constitutiva:

Refere-se ao grau com que se pode alterar as consequências de um evento no resultado (PFLEEGER *et al.*, 2004).

b) Definição Operacional:

Nesta pesquisa o impacto é medido por meio de uma escala ordinal, na qual é atribuído um número que varia de 9 até 1, como está definido para a seguinte relação:

9 – Catastrófico	– Muito Alto
7 – Danoso	– Alto
5 – Expressivo	– Médio
3 – Considerável	– Baixo
1 – Insignificante	– Muito Baixo

3.4.3. Variável: Detecção

a) Definição Constitutiva:

Conforme Palady (2004), detecção é a possibilidade de se perceber a eminência de um evento de falha.

b) Definição Operacional:

A pesquisa irá operacionalizar este constructo tal como se encontra evidenciado no tópico 3.3.2.4.

3.4.4. Variável: RPN (Risk Priority Number)

a) Definição Constitutiva:

RPN é uma forma de priorização dos riscos usada pela metodologia FMEA, na qual se classifica os riscos de falhas (HELMAN; ANDREY; 1995).

b) Definição Operacional:

Esta variável é mensurada a partir do produto de três indicadores do FMEA, Ocorrência, Severidade e Detecção, conforme é definido na equação (2).

3.4.5. Variável: Exposição a Risco

a) Definição Constitutiva:

Conforme definição do PMBOK (2008), a exposição ao risco é o grau com que um determinado evento de risco fica suscetível a acontecimentos que impactam ou não nos objetivos do projeto.

b) Definição Operacional:

A forma de operacionalizar este construto se dá por meio do produto da probabilidade de um evento acontecer pelo seu respectivo impacto.

3.4.6. Variável: Grau de Relação

a) Definição Constitutiva:

Conforme Chang *et al.*(2001), corresponde a uma relação incerta entre coisas ou fatores de um sistema, ou quando o efeito do fator sobre o comportamento principal é obscuro. O grau de relação analisa e determina o grau de influência sobre os fatores ou simplesmente mensura sua contribuição dos fatores no comportamento principal analisado.

b) Definição Operacional:

Essa variável é mensurada levando-se em consideração a montagem da matriz de riscos, conforme se encontra descrito no tópico 3.3.2.6, observando-se a equação (11) denotada para a teoria Grey.

3.5. PERGUNTAS DE PESQUISA

As perguntas de pesquisa devem ser elaboradas uma vez que se pode delinear melhor o estudo visando responde-las. Assim, esta pesquisa procura responder às seguintes perguntas:

- a) É possível levantar e avaliar as principais causas de falhas potenciais no *portfolio* projetos de *software*?
- b) Pautando-se no uso da métrica FMEA, associada com a teoria *Grey*, pode-se fazer uma priorização de riscos de melhor resultado?
- c) É possível estabelecer uma comparação entre as metodologias existentes com a que está sendo proposta de usar a metodologia *Grey*, avaliando os pontos fortes e fracos de cada método analisado?

4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

Este capítulo apresenta as análises dos riscos projetos da organização Alpha que foram coletados e selecionados para esta pesquisa. Faz-se um comparativo das diversas formas de mensurar a exposição aos riscos dos projetos com o efetivo acontecimento dos riscos durante a execução destes. O objetivo é medir qual forma de cálculo pode melhorar o processo de seleção dos riscos a serem tratados mais rapidamente e quais podem ser postergados, considerando os diversos fatores levantados.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA ALPHA

A empresa Alpha foi fundada na década de 1970 para atender às necessidades de *software* da região de Joinville. Logo se tornou líder de mercado na região. Os anos 80 representaram a expansão para Sul e Sudeste do país. Com parcerias de fornecedores de ferramentas de desenvolvimento, logo se instalou por todo país. Ao final dos anos 90 já possuía clientes por todo o continente americano, chegando a um faturamento em R\$ 100 milhões. Ao final desta década chegou a ter perto de 500 funcionários trabalhando diretamente da produção de *software* e mais de 300 profissionais na venda e instalação do produto produzido.

No início do século 21, houve uma completa transformação na forma de organização da empresa, fazendo a separação em diversas fábricas de *software* totalmente autônomas (novas empresa), mas com contrato de exclusividade de produção de *software* para a empresa Alpha, que contratava o desenvolvimento a partir de projetos, com escopo, prazo e valores bem definidos. Esta mudança fez com que a empresa conseguisse dar um salto em seu faturamento, chegando a R\$ 400 milhões em 2008.

Para atender aos seus mais de 3.000 clientes, a empresa expandiu seu número de profissionais em desenvolvimento e manutenção de *software* para cerca de 1.400 pessoas. Desde o início de 2000, o gerenciamento de projetos tornou-se uma necessidade para o negócio desta organização, pois necessitava cada vez mais obter assertividade na contratação das funcionalidades a serem desenvolvidas. Neste momento, a organização iniciou uma série de capacitação, para formação de gerentes de projetos e disseminar o conhecimento dentro de toda a estrutura.

4.2. ANÁLISE EXPLORATÓRIA DOS PROJETOS

O levantamento dos dados de projetos da empresa Alpha contou com ferramenta de GED (Gerenciamento Eletrônico de Dados), que se trata de um *software* comercial da própria organização. Nesta ferramenta são armazenados os mais variados tipos de documentos. Assim, os documentos de gerenciamento dos projetos de desenvolvimento de *software* também são publicados nesta ferramenta, facilitando a comunicação e o uso das informações.

A Tabela 1 demonstra o número de projetos da organização, desde que a organização passou a controlar e gerenciar seus projetos mais efetivamente em 2002. A organização, no momento da pesquisa, possuía em seu *portfolio* 261 projetos de desenvolvimento de *software*. Diversos fatores influenciaram a decisão para seleção dos projetos que foram alvo desta pesquisa e são detalhados a seguir.

Tabela 1 – Número de Projetos da Organização Alpha

Situação Projeto	Número de Projetos	Percentual
Em Desenvolvimento	41	16%
Encerrados	195	75%
Cancelados	16	6%
Suspensos	9	3%

Fonte: Autor com Base nas Informações Disponibilizadas pela Organização

A Tabela 1 demonstra que atualmente 41 projetos estão em andamento e que a grande maioria deles já foi encerrada. Os dados foram levantados desde o ano de 2002, com isso, pode-se sugerir que há uma boa experiência em gerenciamento de projetos na organização. Isso não quer dizer que antes desta data não se gerenciassem projetos, mas sim que existiam outras formas de armazenamento da informação de projetos. Para efeitos dessa pesquisa, faz-se um corte em termos temporais. Estimou-se que 43 projetos sejam executados por ano na organização.

Como características básicas para esta pesquisa, os projetos selecionados possuem os seguintes fatores:

- a) possuir mais de 2.000 horas em desenvolvimento de *software*;
- b) ter como base desenvolvimento em alguma tecnologia nova, neste caso, serão usadas projetos com inovação tecnológica na interface com usuário e voltados para WEB (uso via internet).

Atualmente, este é o grande marco de inovação para produtos tipo *commodities* como são os ERP – *Enterprise Resource Planning*.

Neste sentido, foram selecionados 27 projetos, tal como se encontra demonstrado na Tabela 2, entre os que já foram encerrados, suspensos e aqueles que estão em fases de fechamento (mais de 75% do projeto concluído). Todos estes projetos são projetos de desenvolvimento de *software* para compor o produto *ERP (Enterprise Resource Planning)* não sendo considerados pacotes específicos ou algum projeto de ajuste para algum cliente. Estes projetos têm o objetivo comum de tratar a interface gráfica com nova tecnologia, usando como base o *ERP* já pré-existente.

Tabela 2 – Número de Projetos da Organização Alpha para a Pesquisa

Situação Projeto	Número de Projetos	Percentual
Em Desenvolvimento	3	11%
Encerrados	22	81%
Suspensos	2	7%

Fonte: Autor com Base nas Informações Disponibilizadas pela Organização

Desses 27 projetos, conforme pode ser observado na Tabela 2, a maioria dos projetos já está encerrada, 81%, sendo que 11% ainda estavam em andamento no momento desta pesquisa e 7% foram suspensos. Os 3 projetos em andamento, no momento da pesquisa, já haviam alcançado mais de 75% de sua conclusão, o que não impede a sua análise nesta pesquisa. Para os projetos suspensos, tem-se como motivos da suspensão a priorização de outros projetos com funcionalidades no *ERP* diferente. Mas, com a mesma característica citada anteriormente.

Com relação aos tamanhos em esforço dos projetos estudados, observa-se uma proporção mais centrada entre 3.000 e 4.999 horas com 67% dos projetos estudados. A Tabela 3 demonstra o número de projetos por seu respectivo tamanho em horas.

Tabela 3 – Tamanho dos Projetos em Hora

Esforço em Horas	Número de Projetos	Percentual
De 2.000 a 2.999	7	26%
Entre 3.000 e 3.999	12	45%
Entre 4.000 e 4.999	6	22%
Acima de 5.000	2	7%

Fonte: Autor com Base nas Informações disponibilizadas pela organização

A diferença de tamanho entre os projetos ocorre em função das funcionalidades desenvolvidas nos mesmos. Alguns projetos têm funcionalidades mais relacionadas às consultas, em outros as funcionalidades estão relacionadas à interação forte do usuário, como entrada de dados e integração entre módulos do sistema, desta forma, gerando mais horas de desenvolvimento.

No total, a soma das horas dos projetos selecionados chegou a 103.875 horas. O número de pessoas envolvidas diretamente no desenvolvimento destes projetos chegou a 48 e indiretamente, não computadas nas horas, mais 32 pessoas. Neste número de pessoas indiretas estão os gerentes e os diretores.

Outra consideração a ser feita refere-se ao uso da figura do Gerente de Projetos, ele é o responsável pela iniciação, planejamento, execução, controle e encerramento dos projetos. A empresa contou com nove (9) gerentes de projetos diferentes durante o período dos projetos selecionados, ou seja, um ou mais gerentes de projeto gerenciou mais de um projeto com estas características. Este fator além de ajudar no gerenciamento deste tipo de projeto, também ajuda no processo de identificação análise e resposta aos riscos encontrados.

4.3. DEFINIÇÕES INICIAIS PARA GERENCIAMENTO E PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS

Conforme Quadro 11, todo risco recebe uma identificação (ID), para que possa ser facilmente encontrado e referenciado. É informado o “Evento de Risco”, bem como se avalia descritivamente onde o risco poderá impactar nos objetivos do projeto. Para a coluna denominada de “Gatilhos do Risco”, avalia-se e descreve-se o que pode ser observado no projeto, de forma que indique que determinado risco está prestes a acontecer. A coluna “# P x I” serve aos propósitos desta pesquisa para efeito de análise final, esta coluna conterá números ordinais colocados números em ordem crescente. Neste caso, servirá para informar a importância do risco para este método de priorização, mais tarde será comparado com outros dois tipos, FMEA e *GREY*.

Na base do Quadro 11, o texto “Exposição Total a Riscos” refere-se ao somatório de todas as exposições individuais dos riscos do projeto, conforme o cálculo da equação (1), sendo uma linha de base, conforme título descrito anteriormente, portanto, não é modificado depois da primeira avaliação dos riscos do projeto.

Na Fundamentação Teórica, é citada a necessidade de um plano de gerenciamento de riscos. Nele são definidos os valores que irão compor as probabilidades, impactos e a matriz exposição. Para probabilidade os valores serão entre 0,10 a 0,99, visto que no caso de uma probabilidade 100% não é mais um evento de risco e sim um fato ou evento que já ocorreu e que precisa ser tratado.

Para o Impacto, será avaliado conforme a definição operacional:

- 9 – Catastrófico – Muito Alto
- 7 – Danoso – Alto
- 5 – Expressivo – Médio
- 3 – Considerável – Baixo
- 1 – Insignificante – Muito Baixo

De acordo com as especificações de riscos mencionadas anteriormente, no plano de gerenciamento de riscos é montada a matriz que representa as combinações de probabilidade e impacto que levam à classificação dos riscos como de prioridade baixa, moderada ou alta. Cada organização define estas faixas de acordo com seu grau de tolerância a riscos. Para os propósitos desta pesquisa a prioridade baixa encontra-se situado entre 0,1 e 0,7, para a prioridade média os valores vão de 0,9 a 2,7 e a prioridade alta é de 3,5 a 8,1, conforme pode ser observado no Quadro 12 – Matriz de Probabilidade *versus* Impacto para a pesquisa.

Probabilidade	0,9	0,9	2,7	4,5	6,3	8,1
	0,7	0,7	2,1	3,5	4,9	6,3
	0,5	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
	0,3	0,3	0,9	1,5	2,1	2,7
	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
		1	3	5	7	9
Impacto						

Quadro 12 – Matriz de Probabilidade *versus* Impacto para a Pesquisa

Fonte: Autor com Base no Referencial Teórico

Esta matriz do Quadro 12 irá guiar o gerente do projeto na decisão sobre quais riscos ele precisa ter atenção para a organização e quais ele pode dar menos atenção. Para efeito desta pesquisa e necessidade de cálculo da ocorrência do FMEA, a probabilidade aqui definida será convertida no fator de ocorrência do FMEA com a multiplicação deste número por 10.

4.4. OPERACIONALIZAÇÃO DO INSTRUMENTO DE PRIORIZAÇÃO DOS RISCOS

Para a operacionalização do instrumento de pesquisa, poder-se-ia usar diversas formas, desde cálculos manuais em papel, até as mais sofisticadas formas de programas em computador com banco de dados. Contudo, é razoável e suficiente usar uma ferramenta que está ao alcance da maioria das organizações e dos meios acadêmicos, a planilha eletrônica. Para esta operacionalização foi usado o Microsoft Excel 2007 (MS Excel), pois é uma ferramenta de apoio ao mesmo tempo poderosa suficiente e de fácil compreensão.

4.4.1. Criar Instrumento de Pesquisa – Metodologia Probabilidade *versus* Impacto

Inicialmente, com a planilha eletrônica aberta, deve-se criar a estrutura para a primeira parte do levantamento de dados, conforme ilustra a Figura 11 – Operacionalização – Probabilidade *versus* Impacto. Nessa figura, tem-se uma planilha com as linhas e colunas preenchidas para os campos de ID, Evento de risco, Descrição do Impacto, Gatilho, Probabilidade, Impacto, Exposição a Riscos e # P x I. Abaixo da célula ID (célula B3), tem-se uma numeração sequencial e manual (incluir na célula B4 o número 1, na célula B5 o número 2 e assim sucessivamente) para cada risco encontrado no projeto ou no *portfolio*. Este será um identificador único para o risco, pode-se adotar outras estratégias como usar letras e números, exemplo “R01”, “R\$02” e assim por diante. Não se recomenda automatizar esse grupo de células inserindo fórmulas, pois no momento da ordenação dos riscos este campo será recalculado, perdendo sua rastreabilidade.

				Índices P x I			
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Probabilidade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I
Exposição total							0,0

Figura 11 – Operacionalização – Probabilidade *versus* Impacto

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Na Figura 11, o conjunto das células D, C e E, respectivamente, são as descrições do “Evento de risco”, “Descrição do Impacto” e “Gatilho”, que são descrições de cada Risco levantado. O Evento de Risco é uma descrição sucinta do risco em si, a Descrição do Impacto é uma análise sobre o que o risco pode causar ao projeto e o Gatilho indica como saberemos se o risco está próximo ou se já ocorreu.

As células F e G conterão, respectivamente, as informações de probabilidade (F) e Impacto (G) para cada evento de risco descrito na linha. Na coluna probabilidade (F4, F5,...) tem-se um número situado entre 0 e 1. Já o impacto (G4, G5,...), conforme definição anteriormente, poderá conter números situados de 1 a 9. Estes números serão a base para o cálculo de exposição a risco, na coluna H (H4, H5, ...).

A célula I será o indicador ordinal de posição de riscos na lista, mas este deverá ser preenchido após o levantamento de todos os riscos do projeto ou *portfolio*. Após a inclusão de todos dos riscos a planilha eletrônica calcula a exposição dos riscos conforme sua probabilidade e impacto (colunas F x H, conforme equação 1), para cada evento como e ao final pode-se fazer o somatório de todos os riscos.

Como exemplos, serão levantados alguns riscos de um projeto denominado de X1, para demonstrar todos os passos para operacionalizar o instrumento desta pesquisa. A Figura 12 – Operacionalização – Dados Projeto X1.

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices P x I			# P x I
				Probabilidade	Impacto	Exposição a Riscos	
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser desenvolvida	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, necessidade de treinamento	Tarefas começam a atrasar. Equipe não compreende as funções a ser desenvolvida	0,7	7	4,9	
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e perda de tempo.	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos de requisitos	0,7	9	6,3	
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes por pressões da chefia	Atraso nas entregas, equipe parada.	0,6	7	4,2	
4	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Architecture) é nova para empresa e para o mercado	Ferramentas com limitações, causa atraso no planejado, muitos "workaround" para construir funções	Equipe parada, problemas na ferramenta e demora no suporte da empresa fornecedora de solução RIA.	0,9	9	8,1	
5	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia empregada	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes	Atraso nas entregas, muitas consultas a equipe de suporte a tecnologia	0,8	7	5,6	
6	Baixo apoio da equipe do projeto ao gerente de projetos por conflitos no projeto atual ou em anteriores	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao envolvidos no projeto - conflitos e atrasos nas entregas	Equipe não aceita o GP. Há divergências quanto aos rumos do projeto e conflitos envolve Gerente Funcionais	0,3	5	1,5	
7	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para atender necessidades de MKT	Imposição de prazo considerado pequeno para o escopo apresentando. Estimativas não precisas por causa da nova tecnologia. Atrasos das entregas	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e esforço planejados já desde o início do projeto. Prazo irreal.	0,2	3	0,6	
Exposição total						31,2	

Figura 12 – Operacionalização – Dados do Projeto X1

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Os riscos levantados serão inseridos na planilha eletrônica, conforme fora demonstrado na Figura 9, identificando cada uma das informações de todos os riscos. Percebe-se que cada um dos riscos gera um número de exposição a riscos. Para que a equipe do projeto possa priorizar devidamente os riscos, é necessário organizar de forma decrescente pela coluna I, "Exposição a Risco". Isso pode ser feito usando as características da planilha eletrônica, conforme se pode observar mais detalhadamente adiante na Figura 12 (Operacionalização – Ordenando Exposição a Risco).

Na Figura 12, a coluna que conterá a numeração ordinal está em branco e será preenchida depois que forem feitos os passos para ordenar a "Exposição a Risco".

Os passos para ordenar uma determinada coluna estão descritos a seguir e são demonstrados no MS – Excel, conforme Figura 13 – Operacionalização – Ordenando Exposição a Risco:

- a) selecionar a área onde se encontram os riscos, B3 até J10, use a opção do menu “Início”, “Classificar e Filtrar” e depois “Personalização Classificação...”;
- b) na janela de classificação, há possibilidade de selecionar qual coluna deve ser classificada, neste caso, deve ser selecionada a coluna “Exposição a Risco”. Na opção “Ordem”, selecionar do “Maior para o Menor”, para que os números de exposição a riscos fiquem ordenados da maior exposição para a menor;
- c) depois de selecionar o botão OK a ordenação estará concluída, contudo, há necessidade de se incluir na coluna J4 e seguintes uma numeração para representar a posição ordinal do risco para este tipo de priorização. De 1 a 7 neste exemplo.

A Figura 13 demonstra em detalhes os passos a serem seguidos para obter a ordenação e priorização dos riscos na metodologia que usa probabilidade *versus* impacto. Após a ordenação da exposição, deverá ser preenchida a coluna I, a partir da célula I4, uma numeração ordinal de forma crescente iniciando em 1, priorizando assim, os riscos para este métodos.

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

4.4.2. Acrescentar Colunas da Metodologia FMEA ao Instrumento de Pesquisa

O próximo passo na construção do instrumento de pesquisa é a criação de colunas representativas do FMEA, Ocorrência (célula J3), Severidade (K3), Detecção (L3), *RPN - Risk Priority Number* (M3) e “# FMEA” (N3), que servirá como um numerador ordinal da prioridade do risco para esta metodologia. Na célula J2, será indicado que o grupo abaixo pertence a “Índices FMEA”.

A Figura 14 – Operacionalização – Índices FMEA – mostra como fica o preenchimento das colunas e as fórmulas para cálculo de ocorrência e *RPN – Risk Priority Number*.

Operacionalização_Instrumento_Análise_Risco.xlsx - Microsoft Excel

Início

Inserir

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibição

Desenvolvedor

J4

$$=ARREDONDAR.PARA.CIMA(G6*10;0)$$

$$=K4*L4*M4$$

1
2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

				Índices P x I			Índices FMEA				# FMEA	
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Prob-Idade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser desenvolvida	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, necessidade de treinamento	Tarefas começam a atrasar. Equipe não compreende as funções a ser desenvolvida	0,7	7	4,9	4	7	7	9	441	1
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes por pressões da chefia	Atraso nas entregas, equipe parada.	0,6	7	4,2	5	6	7	10	420	2
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e perda de tempo.	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos de requisitos	0,7	9	6,3	2	7	9	6	378	3
4	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Architecture) é nova para empresa e para o mercado	Ferramentas com limitações, causa atraso no planejado, muitos "workaround" para construir funções básicas	Equipe parada, problemas na ferramenta e demora no suporte da empresa fornecedora de solução RIA.	0,9	9	8,1	1	9	9	4	324	4
5	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia empregada	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes	Atraso nas entregas, muitas consultas a equipe de suporte a tecnologia	0,8	7	5,6	3	8	7	5	280	5
7	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para atender necessidades de MKT	Imposição de prazo considerado pequeno para o escopo apresentando. Estimativas não precisas por causa da nova	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e esforço planejados já desde o início do projeto. Prazo irreal.	0,2	3	0,6	7	2	3	7	42	6
6	Baixo apoio da equipe do projeto ao gerente de projetos por conflitos no projeto atual ou em anteriores	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao envolvidos no projeto - conflitos e atrasos nas entregas	Equipe não aceita o GP. Há divergências quanto aos rumos do projeto e conflitos envolve Gerente Funcionais	0,3	5	1,5	6	3	5	2	30	7
Exposição total				31,2								

Operacionalização(1)

Pronto

57%

Figura 14 – Operacionalização – Índices do FMEA

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Na Figura 14, observa-se que já foi ordenada e preenchida a priorização do “# P x I” (coluna I), da metodologia Probabilidade *versus* Impacto. Pode-se observar que o número de identificação do risco “ID”, que está na coluna B, não foi modificado em relação a cada risco, mas, ele mudou de posição na linha, por causa da ordenação da Exposição a Risco (H3).

Nessa mesma Figura 14, estão preenchidos os índices do FMEA. Estão destacadas duas fórmulas, primeiro a fórmula para “Ocorrência”, que no caso do FMEA e, de acordo com o referencial teórico, é um número entre 1 e 10. A segunda fórmula demonstra o cálculo do *RPN – Risk Priority Number*.

Para realizar este cálculo, estão sendo usadas as mesmas informações oriundas do método Probabilidade *versus* Impacto. Para a probabilidade é necessário fazer a multiplicação da coluna por 10, contudo, se houver alguma probabilidade que quando for multiplicada por 10 resultar em casas decimais, optou-se em usar uma função da planilha

eletrônica para arredondamento, “Arredondar.para.Cima()”. Para esta pesquisa, está sendo considerado que probabilidade e ocorrência representam a mesma possibilidade do evento ocorrer. Da mesma forma, a coluna severidade em relação à coluna denominado “impacto”, elas representam o fator de impacto no projeto de cada um dos riscos listados.

Mas, para a coluna “Detecção” (L), conforme foi detalhando anteriormente no referencial teórico refere-se a representação de quando fácil (1) ou quão difícil (10) saber se o risco está prestes a ocorrer ou for detectado. Assim, esta coluna trata de uma avaliação subjetiva da coluna “Gatilho” (E3), só que representado por um fator do FMEA chamado de “Detecção”.

Para o cálculo do *RPN – Risk Priority Number* (M3, ...) – deve-se construir a fórmula representada na Figura 14 (em destaque), multiplicando-se os fatores Ocorrência, Severidade e Detecção, tendo como resultado o *RPN*. Cada risco situado na coluna M deve ser preenchido com a fórmula supracitada. Desta forma, obtém-se uma nova avaliação de priorização dos riscos, agora com uso da metodologia FMEA, deve-se ordenar a coluna (M) do *RPN* para que os riscos sejam priorizados.

Usando os mesmos passos do item 4.3.1, Figura 13, pode-se agora ordenar a coluna *RPN*. Neste caso, a seleção para ordenação deve ser mais ampla, uma vez que se necessita serem selecionadas as células de B3 até N10, abrangendo as novas colunas adicionadas do FMEA. Os passos seguintes descrevem esta ordenação.

Na Figura 15 – Operacionalização – Ordenação dos Riscos –, percebe-se que, no momento da seleção, a área e os botões indicados no passo 4.3.1 é apresentada uma tela para a seleção com as opções *RPN* e Exposição a Riscos, bem como a forma de classificação que para estes dois métodos apresentados até agora deve ser do maior para o menor. Quanto mais elevada for a Exposição a Risco ou, de outra forma, quanto maior for a prioridade vista no *RPN*, maior será o risco. Portanto, mais danoso será o projeto ou *portfolio*.

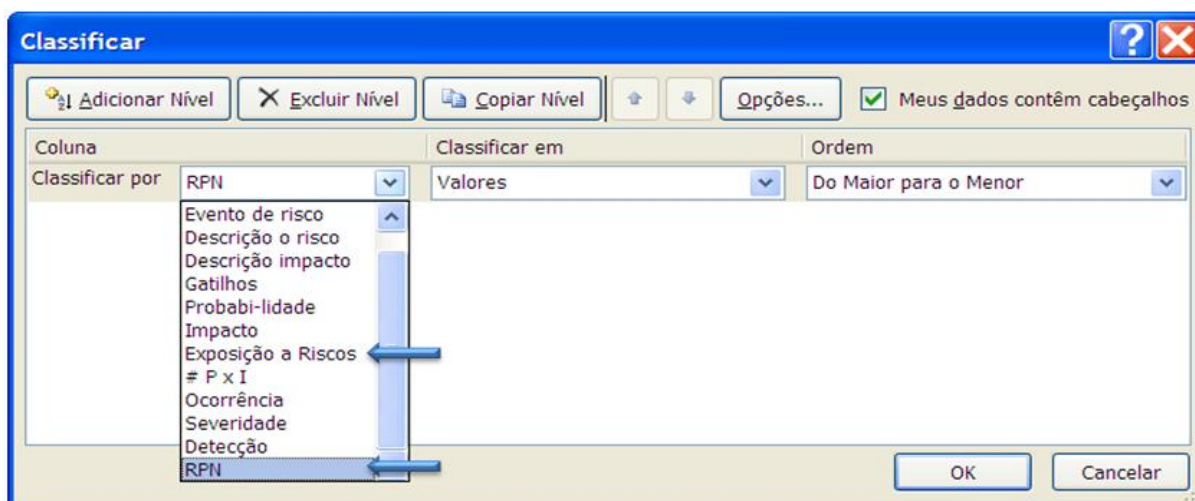


Figura 15 – Operacionalização – Ordenação dos Riscos

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Após a classificação da planilha pela ordem de *RPN*, do maior para o menor, foi colocado em ordem de priorização na coluna N4 até a N10. Esta numeração também segue o mesmo padrão de 1 até 7 (neste exemplo).

Desta forma, pode-se observar que a priorização da metodologia Probabilidade *versus* Impacto e a metodologia FMEA possuem diferenças em função da inclusão de um novo constructo no cálculo. Assim, por exemplo, o primeiro risco a ser tratado pelo FMEA é o de ID 1, mas, para a metodologia Probabilidade *versus* Impacto, o primeiro risco a ser tratado é do de ID 4.

Subsequentemente, visando operacionalizar o instrumento de pesquisa, são apresentados os passos para calcular a priorização dos riscos usando a teoria *Grey*.

4.4.3. Cálculo do Grau de Relação da Teoria *Grey* com Instrumento de Pesquisa

Para operacionalizar o instrumento de pesquisa na planilha eletrônica com o GR - Grau de Relação da teoria *Grey*, é necessária a criação de colunas extras para cálculos parciais das matrizes que serão suporte aos cálculos para chegar ao resultado final. Para uso futuro da metodologia, estas colunas não serão necessárias sua exibição por não representarem informações úteis na avaliação, somente para efeito de cálculo.

O capítulo referente a metodologia de pesquisa descreve os seis passos para aplicar a teoria *Grey*; estes passos são detalhados a seguir:

O primeiro passo trata do desenvolvimento da matriz (X), na qual se têm n sequências e m critérios. As sequências (n) estão representadas nesta pesquisa em função de cada risco encontrado, já os critérios (m) são os fatores de Ocorrência, Severidade e Detecção. Este primeiro passo já está completo no instrumento de pesquisa, representado pelas colunas J, K e L. Assim, estas colunas e linhas são a matriz (X).

No segundo passo, é necessário estabelecer uma série padrão. Para este caso são usados os menores valores dos critérios da tabela padrão do FMEA, ou seja, o número 1. Assim, é necessário, para efeito de cálculo, inserir estes valores no instrumento de pesquisa. Optou-se, neste exemplo, em usar as células da planilha O15, P15 e C15.

O terceiro passo requer a criação de uma matriz auxiliar que conterà a diferença entre os indicadores de cada elemento da matriz criada no passo um e a série padrão. Para efeito de visualização, está apresentado na Figura 16 – Operacionalização – Cálculo parcial, a matriz de diferença e as três fórmulas que devem ser replicadas para cada um dos riscos abaixo. O título na célula O2 se refere ao terceiro passo para a aplicação da teoria Grey. Este grupo de colunas não precisa ser demonstrado no resultado final. Para efeito de visualização as colunas C, D e E foram diminuídas para destacar a parte referente ao passo três.

Operacionalização_Instrumento_Análise_Risco.xlsx - Microsoft Exc...

Início

Inserir

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibição

Desenvolvedor

O4

fx

=J4-O\$15

fx

=K4-P\$15

fx

=L4-Q\$15

1

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

Teoria Grey Aplicada
Passo 3

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices P x I	Índices FMEA	# FMEA	Detecção	Severidade	Detecção	Severidade	Detecção				
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, necessidade de	Tarefas começam a atrasar. Equipe não compreende as	0,7	7	4,9	4	7	7	3	441	1	6	8	
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes	Atraso nas entregas, equipe parada.	0,6	7	4,2	5	6	7	10	420	2	5	9	
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e perda de tempo.	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos de	0,7	3	6,3	2	7	3	6	378	3	6	5	
4	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Architecture) é	Ferramentas com limitações, causa atraso no planejado,	Equipe parada, problemas na ferramenta e demora	0,3	3	8,1	1	3	3	4	324	4	8	3	
5	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia empregada.	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes.	Atraso nas entregas, muitas consultas a equipe de suporte a	0,8	7	5,6	3	8	7	5	280	5	7	4	
7	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para	Imposição de prazo considerado pequeno para o escopo	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e	0,2	3	0,6	7	2	3	7	42	6	1	6	
6	Baixo apoio da equipe do projeto ao gerente de projetos por conflitos no	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao	Equipe não aceita o GP. Há divergências quanto aos rumos do	0,3	5	1,5	6	3	5	2	30	7	2	4	1
Exposição total				31,2											

Série Padrão

1

1

1

Operacionalização

Pronto

57%

Figura 16 – Operacionalização – Cálculo Parcial

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Na Figura 16, pode-se observar que as fórmulas referem-se aos índices do FMEA e à série padrão. O símbolo \$ na frente do número de cada uma das células indicativas da série padrão visa facilitar a construção da tabela no sentido de fixar a linha no momento de se duplicarem as fórmulas. Quando a célula O4 for construída, ela pode ser copiada para baixo e para o lado que será mantido a linha 15 como base da fórmula.

O passo seguinte, referente ao de número 4, trata-se do cálculo dos coeficientes de relação para cada fator. Para isso, é calculada a constante β e definido o índice de distinção ε que pode variar entre 0 até 1. Quanto menor for ε , maior é a distinção entre os fatores. Na maioria das situações deve-se usar o valor igual a 0,5, que é uma distinção moderada, não afetando a priorização dos riscos a serem calculados. Neste caso, será usada a célula S13 para guardar o índice de distinção ε . Conforme encontra-se a equação (16) é necessário calcular o menor e o maior valor da matriz do passo três. Esta fórmula para calcular o maior e menor usará duas funções da ferramenta MS-Excel, chamada de MAIOR() e MENOR() e será mostrada na Figura 17 – Operacionalização – Cálculo do Coeficiente de Relação.

Operacionalização_Instrumento_Análise_Risco.xlsx - Microsoft Excel

Início

Inserir

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibição

Desenvolvedor

R4

$f_x = \$S12/(O4+\$S13*\$P\$13)$

$f_x = P12+S13*P13$

				Teoria Grey Aplicada											
				Índices P x I					Índices FMEA						
				Passo 3					Passo 4						
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Probabilidade	Impacto	Exposição a Riscos	P x I	Diferença	Severidade	Deteção	PPN	# FMEA	Diferença	Severidade	Deteção
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, necessidade de	Tarefas começam a atrasar. Equipe não compreende as	0,7	7	4,3	4	7	7	9	441	1	6	6	8
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e	Atraso nas entregas, equipe parada.	0,6	7	4,2	5	6	7	10	420	2	5	6	9
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos.	0,7	9	6,3	2	7	9	6	378	3	6	8	5
4	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Architecture) é	Ferramentas com limitações, causa atraso no planejamento	Equipe parada, problemas na ferramenta e demora	0,3	9	8,1	1	9	9	4	324	4	8	8	3
5	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e	Atraso nas entregas, muitas consultas a	0,8	7	5,6	3	8	7	5	280	5	7	6	4
7	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para	Imposição de prazo considerado pequeno para o projeto	Desmotivação da equipe por não atender os prazos	0,2	3	0,6	7	2	3	7	42	6	1	2	6
6	Baixo apoio da equipe do projeto ao gerente de	Perda de credibilidade e poder do gerente de	Equipe não aceita o GP. Há divergências	0,3	5	1,5	6	3	5	2	30	7	2	4	1

$f_x = \text{MENOR}(O4:Q10;1)$

Min 1

$\beta = 5,5$

$f_x = \text{MAIOR}(O4:Q10;1)$

Max 9

$\varepsilon = 0,5$

Serie Padrão 1 1 1 1

Operacionalização

Pronto

57%

Figura 17 – Operacionalização – Cálculo do Coeficiente de Relação

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Estão demonstradas na Figura 17, todas as fórmulas do quarto passo. Para o cálculo do β , são usados os cálculos das células P12 e P13, que são os menores e

maiores valores da matriz auxiliar referida no terceiro passo. O índice de distinção ε encontra-se na célula S13 com número 0,5. Os cálculos do coeficiente de relação para Ocorrência, Severidade e Detecção estão apresentados para a célula R4 (Ocorrência) que é a forma de representar a equação (17) e deve ser copiada para Severidade e Detecção.

Percebe-se que a fórmula possui o símbolo \$ em quase todas as referências das células. O símbolo \$ indica na ferramenta MS-Excel, que é uma referência fixa onde no momento de copiar as células para as outras colunas (S e T) e também para outras linhas (4 a 10), tornando possível a resolução das equações (18) e (19), respectivamente. Observa-se tanto nas equações, quanto nas fórmulas da ferramenta usada, que as únicas referências alteradas são as células relacionadas (matriz auxiliar) do terceiro passo (marcado em cinza na figura 17). Falta agora calcular o GR – Grau de Relação da Teoria Grey – que irá usar estes valores para o cálculo final da relação de cada evento de risco.

Para desenvolver o quinto passo, é necessário definir um local para armazenar os pesos da equação (20), $\alpha_o, \alpha_s, \alpha_d$, onde o somatório destes pesos não pode ultrapassar a unidade, conforme detalhado nos capítulos do referencial teórico e metodologia. Visando facilitar a avaliação dos resultados bem como a mudança dos pesos atribuídos, os seus valores foram inseridos na planilha nas células O16, P16 e Q16. Outra forma seria considerar estes números diretamente na célula de cálculo. Mas, se for feito desta forma, pode-se facilmente modificar e priorizar algum dos fatores em relação a outro. Para este exemplo, foi inserido os valores, 0,2, 0,5 e 0,3, respectivamente. Assim, neste exemplo, está sendo priorizada a Severidade (impacto), com peso 0,5. Se todos os fatores forem iguais (0,333, 0,333, 0,333), o resultado da priorização será a mesma do FMEA. Neste passo, é calculado o Grau de Relação conforme a equação (21), na qual cada um dos valores calculados no passo anterior é multiplicado com cada um dos pesos e somados. Na Figura 18 – Operacionalização – Grau de Relação –, demonstra as fórmulas para o cálculo do Grau de Relação para cada um dos eventos de riscos e a ordenação do indicador GR, conforme já foi apresentado. Consta também a ordenação dos riscos agora pela Teoria Grey que se refere ao passo seis.

A Figura 18 contempla todo o instrumento de pesquisa e faz a nova priorização dos riscos envolvidos neste exemplo.

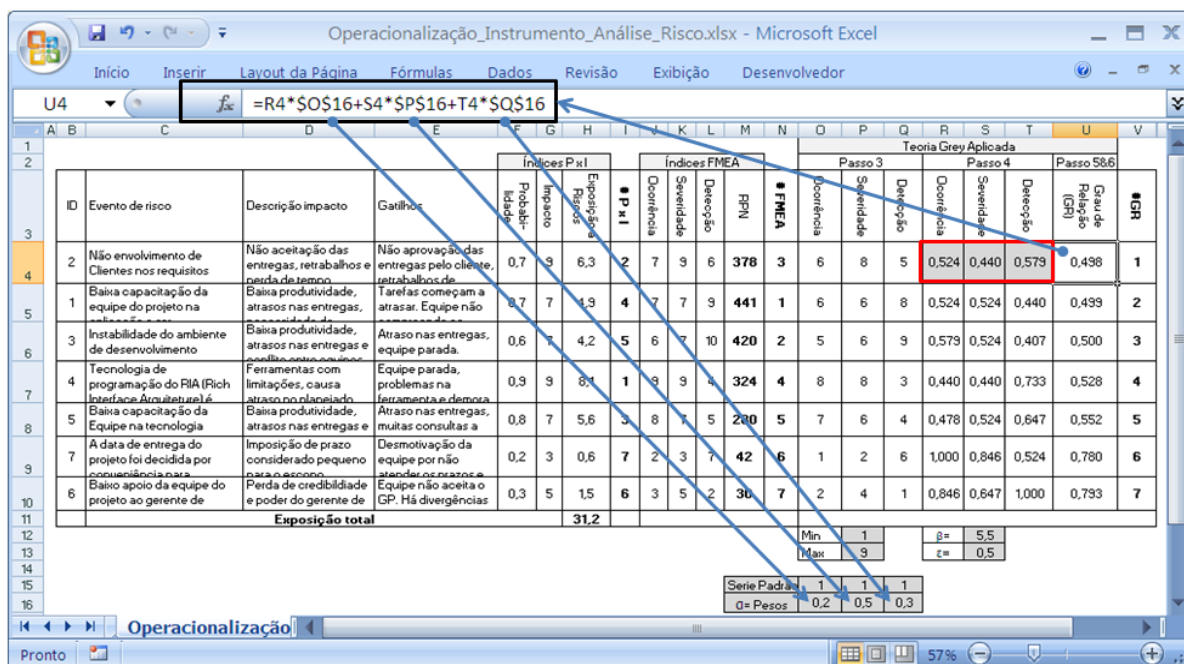


Figura 18 – Operacionalização – Grau de Relação

Fonte: Autor com Base na Fundamentação Teórico-Empírica e na Metodologia

Percebe-se que há mudança na priorização dos riscos entre os três métodos. O que diverge mais é o “P x I” em relação ao FMEA e ao Grau de Relação da teoria Grey. Pois, conforme fora demonstrado, os eventos de risco 2, 1 e 3, para o FMEA e Teoria Grey trocam de posição, enquanto para “P x I” o risco mais danoso de ID 4, pois tem “# P x I” maior de todos é somente o 4º evento risco a ser tratado tanto pelo FMEA, quanto pelo Grau de Relação da teoria Grey.

Cabe salientar que o que deve ser comprovado é o fato da teoria Grey tem mais assertividade no momento de fazer o tratamento dos riscos. Se o evento de risco com ID 2 é o que tem que ser tratado primeiro em relação ao outros eventos de riscos, é onde se deve investir recursos humanos e financeiros para minimizar problemas nos objetivos do projeto.

4.5. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DE PROBABILIDADE VERSUS IMPACTO

Com base na documentação encontrada dos 27 projetos selecionados, chegou-se a uma lista inicial de 51 eventos de riscos que poderiam afetar o *portfolio*. Contudo, para

efeito deste estudo foram avaliados e trabalhados os mais danosos, chegando-se a 28 eventos de riscos a serem estudados.

Muitos destes riscos foram identificados durante a fase de planejamento do projeto. Há também nesta lista riscos identificados e classificados durante a execução destes projetos. A organização Alpha reúne os gerentes de projetos e gerentes de produto para acompanhamento quinzenal destes projetos. Assim, o conhecimento adquirido é transferido para todos os projetos em execução naquele momento.

Realizou-se a análise da documentação dos 27 projetos e avaliados os eventos de riscos, sendo que no uso do instrumento de pesquisa foi preenchida a coluna da ordem em que os riscos ocorreram. Esta ordem é importante visto que esta pesquisa trata de priorização dos riscos, assim, como está sendo avaliado que riscos deve-se priorizar e tratar esta informação parece ser importante.

Dos 28 riscos priorizados pelo método de Prioridade *versus* Impacto, conforme se pode observar no apêndice A, seis riscos aconteceram na ordem em que foram previstos, ou seja, 18% de acerto. A lista dos eventos de riscos está demonstrada na Figura 19 – Lista de Riscos P x I que tivera acertos quanto à ordem de priorização.

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices P x I			# P x I	Ordem Re- Acontecimen- tos de Risco
				Probabi- lidade	Impacto	Exposição a Riscos		
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser desenvolvida	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, troca de recursos da equipe ou necessidade de treinamento	As tarefas são executadas na sua maioria acima da estimativa atual, informações da equipe de desconhecimento na aplicação	0,70	9	6,30	2	2
7	Complexidade do projeto e impossível sub-divisão	Dificuldade em gerenciar o projeto, muitos participantes, atrasos e falta de controle	Muitas tarefas pendentes, perda de controle das entregas, conflitos internos e externos	0,60	7	4,20	6	6
11	Mudanças estruturais da organização	Mudanças de gerentes, coordenadores e diretores ligados aos projetos, causando	Avaliar se há mudanças das gerencias na organização, bem como mudanças de priorização	0,67	5	3,35	14	14
28	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para atender necessidades de MKT	O projeto prevê um tempo muito pequeno para o escopo apresentando. Estimativas não realistas causando atrasos nas entregas e desmotivação na	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e esforço planejados já desde o início do projeto. Prazo irreal.	0,35	5	1,75	23	23
26	Indisponibilidade de membros da equipe do projeto	Atrasos nas tarefas do projeto, necessidade de substituição/capacitação de	Saída de pessoal alocado ao projeto. Troca de pessoas no projeto causando problemas com	0,40	3		26	26
27	Baixa produtividade da equipe por conflitos externos (egos)	Produtividade baixa, atrasos nas entregas, conflitos internos e externos da equipe. Não aceitação de soluções entre as partes. Clima	Conflitos entre os integrantes da equipe e outras pessoas externas ao projeto, baixa produtividade, poucas idéias para solução dos	0,20	3	0,60	28	28

Figura 19 – Lista de Riscos P x I Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização

Autor: Com Base no Instrumento de Pesquisa

Na Figura 19, percebe-se que os eventos de riscos com ID 1 e ID 7 foram priorizados como o 2º e 6º riscos a serem tratados. Os outros riscos de ID 11, ID 28, ID 26 e ID 27 de menor impacto também foram corretos em sua priorização.

4.6. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DO FMEA

Para a priorização dos eventos de riscos a partir do método FMEA, há necessidade de se recordar que o fator Ocorrência é resultante da probabilidade multiplicado por 10 e arredondado para cima, bem como o fator Detecção é uma avaliação da coluna “Gatilho” que demonstra o quão fácil ou difícil é perceber que os riscos irão acontecer, para tentar assim, minimizar seu impacto nos objetivos do *portfolio*.

Avaliando a Figura 20 – Lista de Riscos do FMEA que tivera acertos quanto à ordem de priorização, percebe-se que houve sete acertos quanto a sua priorização, tendo 25% de acerto neste método de priorização de eventos de riscos.

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices FMEA				# FMEA	Ordem Rel. Acontecimentos de Risco
				Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN		
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito com equipes de	Atraso nas entregas, equipe parada.	8	7	5	280	4	4
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e perda de tempo.	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos de requisitos	8	9	3	216	10	10
4	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia empregada	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito na equipe e	Atraso nas entregas	7	7	4	196	13	13
23	Baixo apoio do patrocinador ao projeto	Projeto com pouco sucesso pela falta do principal apoio no projeto - descrito do projeto, desmotivação da equipe e baixa	Atrasos no projeto não são penalizados. Não há interesse do patrocinador em reuniões do projeto - há sempre um outro	4	5	8	160	19	19
25	Requisitos incompletos e instáveis	Mudanças constantes no projeto. Atrasos nas entregas planejadas. Indefinições quanto a direção do projeto por falta de	Muitas mudanças no projeto. Reclamações sobre definições incompletas ou não estão de acordo com informações dos	5	5	5	125	21	21
15	Baixo envolvimento da alta administração	Desmotivação das equipes dos projetos. O não cumprimento de prazos não acarreta consequências	Alta administração apática ao projeto, não motiva as equipes por não são avaliados seus	2	5	5	50	25	25
27	Baixa produtividade da equipe por conflitos externos (egos)	Produtividade baixa, atrasos nas entregas, conflitos internos e externos da equipe. Não aceitação de soluções entre as partes. Clima	Conflitos entre os integrantes da equipe e outras pessoas externas ao projeto, baixa produtividade, poucas idéias para solução dos	2	3	4	24	28	28

Figura 20 – Lista de Riscos do FMEA Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização

Fonte: Autor com Base no Instrumento de Pesquisa

Para esta Figura 20, tem-se como severidade (impacto) a destacar os eventos de riscos com ID 3, ID 2 e ID 4 que obtiveram a 4ª, 10ª e 13ª priorização, respectivamente.

Os outros eventos de risco com menor ocorrência (impacto) são os riscos com ID 23, ID 25, ID 15 e ID 27.

O evento de risco de ID 27 está presente no método de priorização P x I e no método de FMEA, já que eles foram o 28º colocado na priorização. Desta forma, para este evento de risco os dois métodos calcularam a mesma ordem.

4.7. ANÁLISE DOS RISCOS A PARTIR DA AVALIAÇÃO DA TEORIA GREY

A priorização dos eventos de riscos a partir da teoria Grey deve levar em conta as seguintes parametrizações realizadas nos pesos da equação (20), $\alpha_0, \alpha_s, \alpha_p$, foram respectivamente, 0,2, 0,6 e 0,2. Desta forma, fica priorizada a severidade (impacto) para este estudo. Conforme evidencia a Figura 21 – Lista de Riscos da Teoria Grey – que tivera acertos quanto à ordem de priorização, foram 11 os acertos na priorização de riscos em relação à ordem em que eles aconteceram na realidade, tendo 39% de acerto.

				Teoria Grey Aplicada						
				Passo 4			Passo 5&6			
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Ocorrência	Severidade	Deteção	Grau de Relação (GR)	# GR	Acon- tecimentos de Risco	Ordem R
5	Dificuldade de acesso aos fabricantes das ferramentas usadas no desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes internas e externas	Informações da equipe de desenvolvimento e demora no ajuste da ferramenta - avaliação	0,625	0,417	0,556	0,486	1	1	
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, troca de recursos da	As tarefas são executadas na sua maioria acima da estimativa	0,500	0,417	0,714	0,493	2	2	
6	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Arqitecture) é	Uso de ferramentas muito novas do mercado que contenham	Equipe parada problemas na ferramenta e demora no suporte	0,556	0,500	0,417	0,494	3	3	
17	Pouca autoridade destinada ao gerente de projeto, típico de	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao	A equipe do projeto não aceita o gerenciamento do projeto pelo	0,556	0,500	0,455	0,502	5	5	
8	Comprometimento da equipe com projeto	O baixo comprometimento com o projeto irá afetar as entregas,	Avaliação das entregas, comunicação com equipe,	0,556	0,500	0,556	0,522	8	8	
11	Mudanças estruturais da organização	Mudanças de gerentes, coordenadores e diretores ligados	Avaliar se há mudanças das gerências na organização, bem	0,500	0,625	0,500	0,575	14	14	
14	Conflitos com objetivos de outros projetos em andamento	A perda de recursos, humanos e financeiros faz com que as	Retirada ou substituição de recursos importantes do projeto,	0,556	0,625	0,500	0,586	16	16	
23	Baixo apoio do patrocinador ao projeto	Projeto com pouco sucesso pela falta do principal apoio no projeto - descreído do projeto,	Atrasos no projeto não são penalizados. Não há interesse do patrocinador em reuniões do	0,714	0,625	0,455	0,609	19	19	
25	Requisitos incompletos e instáveis	Mudanças constantes no projeto. Atrasos nas entregas planejadas.	Muitas mudanças no projeto. Reclamações sobre definições	0,625	0,625	0,625	0,625	21	21	
19	Exposição virus de computador	O ambiente de desenvolvimento pode ser afetado por virus de	Infecção de virus em alguma equipamento individual que pode	0,625	0,500	1,000	0,625	22	22	
21	Dificuldade de modelagem do produto	O desconhecimento do produto ou de técnicas de desenvolvimento de	Nível de solicitação de suporte a equipes de apoio aumentando.	0,500	0,833	0,714	0,743	26	26	

Figura 21 – Lista de Riscos da Teoria Grey Que Tiveram Acertos Quanto à Ordem de Priorização

Fonte: Autor com Base no Instrumento de Pesquisa

A Figura 21 mostra a lista dos 11 eventos de riscos em que a priorização feita por meio do uso da teoria Grey. Destacam-se as 5 primeiras priorizações em que a severidade (impacto) é maior (para o FMEA) e, neste caso, o coeficiente de relação é

menor que 0,5, que são os eventos de riscos dos IDs 5, 1, 6, 17 e 8. Os outros eventos de riscos de menor impacto, IDs 11, 14, 23, 25, 19 e 21, estão mais próximos de 1 que refere-se ao melhor Grau de Relação Grey. Sendo, neste caso, os menos danosos aos objetivos do projeto.

Observa-se pelas figuras apresentadas que as priorizações dos eventos de risco de ID 1 e ID 11 foram iguais para teoria Grey e para o método de Probabilidade *versus* Impacto. Dois outros eventos nos quais a teoria Grey e o método do FMEA priorizaram iguais foram os riscos com ID 23 e ID 25.

4.8. ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS DE PRIORIZAÇÃO AVALIADOS

Na Tabela 4 referente a análise comparativa dos métodos de priorização avaliados, onde mostra alguma vantagem para a priorização realizada pelo método, usando a teoria Grey. Mas, há de se destacar que em 32% dos eventos de riscos não houve acerto por nenhum dos métodos usados.

Tabela 4 – Análise Comparativa dos Métodos de Priorização Avaliados

Método de Priorização	Número Acertos	%
Probabilidade <i>versus</i> Impacto	6	21%
FMEA	7	25%
Grau de Relação Grey	11	39%
Não houve acerto	9	32%

Fonte: Autor com Base no Cálculo Usando o Instrumento de Pesquisa

O uso da teoria Grey para priorização de riscos, demonstrada nesta pesquisa, melhora em até 17% o acerto da priorização dos riscos e relação a priorização pelo método Probabilidade *versus* Impacto.

O uso da teoria Grey para fazer a priorização de riscos em projetos de desenvolvimento de *software* é novo e requer experiência no uso de ferramentas como planilha eletrônica e (ou) *softwares* especializados para os cálculos do GR – Grau de Relação –, o que pode ser um ponto fraco a ser destacado. Contudo, após o detalhamento para operacionalização deste método, pode-se dirimir muitas dúvidas. O entendimento da teoria Grey, bem como o cuidado no desenvolvimento da ferramenta é um ponto fundamental para a aplicação do método.

4.9. CONSIDERAÇÕES FINAIS DO CAPÍTULO

4.9.1. Resposta as Perguntas da Pesquisa

No que se refere a pergunta de pesquisa, “É possível levantar e avaliar as principais causas de falhas potenciais no *portfolio* de projetos de *software*?”, pode-se responder que sim, uma vez que a análise feita na documentação dos projetos avaliados e no apêndice A deste pesquisa. Contudo, deve-se tomar o cuidado na seleção de projetos com características similares como: tamanho, conhecimento da equipe, tipo de tecnologia a ser aplicada e equipe de gerenciamento devidamente preparada.

Com relação à pergunta de pesquisa, “Pautando-se no uso da métrica FMEA, associada com a teoria *Grey*, pode-se fazer uma priorização de riscos de melhor resultado?” o tópico 4.6 demonstra que a priorização de riscos usando fatores do FMEA em associação com a Teoria *Grey* leva a um melhor resultado no acerto da priorização dos riscos levantados e analisados nesta pesquisa. Considera-se que as equipes participantes dos projetos tenham o conhecimento e a experiências necessárias para fazer um bom levantamento, qualificação e quantificação dos riscos de cada projeto do *portfolio*.

Quanto à questão de se “É possível estabelecer uma comparação entre as metodologias existentes com a que está sendo proposta de usar a metodologia *Grey*, avaliando os pontos fortes e fracos de cada método analisado?”. Esta questão de pesquisa estabeleceu uma comparação entre as metodologias no que se refere- ao uso do instrumento de pesquisa, os três tipos de métodos de priorização de riscos foram comparados com uma base histórica de acontecimentos.

Com relação aos pontos fortes e fracos de cada método analisado podemos fazer um resumo conforme o Quadro 13 – Pontos positivos e negativos das metodologias.

Metodologia	Pontos positivos	Pontos negativos
Impacto x Probabilidade	Fácil utilização; É de conhecimento dos profissionais envolvidos.	Priorização leva em conta somente dois fatores; Não leva em conta o relacionamento entre os fatores.
FMEA	Fácil utilização; Largo uso da indústria automobilística; Grande tempo de utilização;	Conhecimento de alguns profissionais; Forma de cálculo, apontadas no tópico 2.4;
Teoria Grey com FMEA	Inibe os problemas de cálculo do FMEA; Mais acertos na priorização dos riscos (neste estudo); Pode-se usar pesos diferenciados para cada fator analisado; Permite acrescentar novos fatores a matriz.	Difícil implantação; Recente utilização tanto na academia quanto nas organizações;

Quadro 13 – Pontos Positivos e Negativos das Metodologias

Fonte: Autor com Base na Pesquisa

O Quadro 13 representa um breve resumo dos pontos positivos e negativos das metodologias empregadas para priorização de riscos. Todas têm seu valor desde que usadas pelos profissionais e acadêmicos de forma racional, sistematizada, bem como o conhecimento tanto das técnicas, quanto da área de atuação dos projetos na qual elas podem ser usadas.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma extensa pesquisa na área acadêmica e uma larga aplicação pelas mais diversas organizações. Embora o gerenciamento de riscos tenha amadurecido dentro das mais diversas disciplinas, ele pode evoluir e desenvolver-se ainda mais. Esta pesquisa procurou contribuir para este amadurecimento.

A crescente preocupação com o gerenciamento de riscos tem um grande motivo, a globalização e competitividade entre organizações. Isto faz com que as pesquisas acadêmicas devam realizar estudos relevantes para aprimorar o gerenciamento de riscos.

As demandas do tema estão em diversas áreas e requerem o desenvolvimento contínuo. Para que seja dado um salto significativo de qualidade no gerenciamento de riscos é necessário produzir:

- a) Um conjunto de ferramentas e técnicas de gerenciamento de riscos que estaria plenamente integrado com o projeto e os processos de negócios e com o reconhecimento de que incertezas fazem parte de todos os níveis da organização. Estas ferramentas e técnicas envolvem:
 - melhorias nas técnicas de identificação dos riscos;
 - aproveitamento dos riscos identificados em projetos anteriores e similares;
 - melhores ferramentas de qualificação e quantificação dos riscos no projeto, bem como métodos de priorização que tenham assertividade maior;
- b) Melhorias nas análises dos efeitos dos riscos no projeto e no desempenho do negócio, endereçando seu impacto também em assuntos mais amplos do que tempo e custo. Aumentando a profundidade das análises, a amplitude da aplicação e cobrindo tanto ameaças como oportunidades.

A atenção a essas áreas podem assegurar que o gerenciamento de riscos continuará a se desenvolver. E, para que o gerenciamento de riscos contribua com o sucesso do projeto, é necessário e obrigatório ser uma ferramenta efetiva de gerenciamento.

O gerenciamento de riscos não deve manter-se estático. Ele precisa atender a seu potencial de contribuição significativa para o sucesso do projeto e dos negócios. Desta

forma, ele pode tomar seu lugar como uma indispensável e efetiva ferramenta de gerenciamento.

Esta pesquisa manteve seu foco na análise de métodos para priorizar os riscos identificados nos projetos ou *portfolio*. O estudo de métodos eficientes para priorizar riscos, ajuda desenvolver o gerenciamento de riscos, colocando a disposição informações para o uso nas organizações, construindo uma base de conhecimento, para que a academia possa evoluir cada ideia apresentada. Assim, se constrói o conhecimento.

A priorização de riscos pelo método de Probabilidade *versus* Impacto está disseminada e presente nas organizações conforme pesquisa PMI (Benchmarking Brasil, 2007). Ela é usada por diversas razões, desde sua fácil aplicação no dia a dia, quanto pelo resultado obtido. Existem algumas variações sobre a aplicação deste método, mas, no geral, o formato é o mesmo. Na comparação deste método na a pesquisa realizada com a ordem que realmente os riscos aconteceram representou um acerto de 21% na priorização dos riscos.

Para o método FMEA, muito aplicado na indústria, de modo geral, percebe-se a necessidade de um maior preparo nas informações. Estas informações são coletadas e transformadas em priorizações visando prevenir e resolver os defeitos nos produtos mais variados. Há algumas críticas apresentadas tanto pela academia, na sua forma de cálculo, quanto pelas organizações, que sentem dificuldade, não na sua forma de cálculo, mas na cultura para gerenciamento de riscos. Tanto para as organizações de serviço, quanto para academia, este método tem tido atenção por tornar-se uma “nova” ferramenta para gerenciamento de riscos. As organizações por estarem preocupadas em fortalecer o aspecto de gerenciamento de riscos e para academia por despertar necessidades de melhoria. A comparação deste método de priorizar riscos com a ordem que aconteceu estes riscos nos projetos foi de 25% de acertos. Contudo, há eventos de riscos priorizados nos dois métodos com a mesma ordem.

A teoria *Grey* de Julong Deng em 1982, como é demonstrada no Referencial Teórico-Empírico, tem despertado na academia diversos estudos. As organizações, dos mais diversos setores, estão se beneficiando destes estudos para buscarem a resolução de problemas relacionados com incertezas ou comportamentos obscuros em sistemas. Deste grande interesse surgiram diversos estudos usando este método.

O uso da teoria *Grey* com uma abordagem junto com o FMEA por Chang em 2001, foi um dos primeiros estudos desta natureza. Esta abordagem foi usada por Chang para permitir a indústria automobilística usar pesos diferentes para cada um dos fatores do FMEA e eliminar outras limitações descritas no referencial teórico. Nesta pesquisa, é

resgatado o estudo de Chang, focando a priorização dos riscos pelas organizações de serviços, mais precisamente projetos de desenvolvimento de *software*. O efeito da priorização dos riscos dos projetos de *software* com o uso do FMEA e com a aplicação do grau de relação da teoria Grey, teve um melhor resultado que os outros métodos em separado.

O uso da teoria Grey com uma abordagem com fatores do FMEA para riscos em gerenciamento de projetos de desenvolvimento de *software*, em termos de comparação da priorização deste método com relação à ordem dos riscos que aconteceu nos projetos gerou um percentual de 39% de acerto. Deve-se levar em conta que os acertos também foram nos riscos com maior impacto. Há de se considerar, contudo, que há certo grau de dificuldade de aplicar todos os passos da teoria Grey. Esta pesquisa mostrou em detalhes a operacionalização destes cálculos e contribui no sentido de facilitar o entendimento do método.

5.1. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Sabe-se que a natureza de todo trabalho científico é permeada por limitações, na qual se procura identificar os pontos fracos da pesquisa os quais não devem ser ignorados, uma vez que visam identificar as principais dificuldades enfrentadas, que são aceitáveis ou que necessitam de alguma resolução futuramente. O estudo feito, além das limitações já citadas no tópico 1.5, esta pesquisa está delimitada a uma organização de serviços e em projetos de desenvolvimento de *software*. Os projetos selecionados também são um fator limitador, visto que, por ser necessário elencar eventos de riscos de um *portfolio* com projetos similares foram deixados outros tipos de projetos fora desta pesquisa.

Como esta pesquisa foi realizada em uma única organização, não há como fazer qualquer tipo de generalização em relação aos dados obtidos. Organizações têm grau de amadurecimento em gerenciamento de projetos e mais especificamente em gerenciamento de riscos, assim, esta pesquisa está delimitada a uma organização que tem cerca de 10 anos de experiência em gerenciamento de projetos, mas, somente próximo de cinco anos em gerenciamento de riscos nos projetos.

5.2. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Este estudo pode ser aplicado a projetos de outras organizações de desenvolvimento de *software*. Desta forma, validam-se ou não os resultados aqui obtidos e fazem-se as comparações entre organizações. Este estudo apresentou detalhadamente a operacionalização para que possa ser repetido.

Como a teoria *Grey* permite uma gama de fatores, outra forma de se fazer a priorização de riscos seria abrir o fator severidade (impacto) que nesta pesquisa foi considerado geral (impacto para nos objetivos do projeto), para uma classificação de impactos de cada um dos fatores da tríplice restrição em projetos, sendo elas: impacto em escopo, impacto em tempo e impacto em custos. Dessa forma, a matriz não teria somente três fatores e sim cinco ou mais, dependendo da forma de criação das variáveis, possibilitando mostrar outros resultados com outros impactos.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, A. J.; SCHMITZ, E. A. **Análise de Risco em Gerência de Projetos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.
- AS/NZS NORMA 4360:2004 **Environmental Risk Management** – Principals and process.
- BEN-DAYA, M.; RAOUF, A. A revised failure mode and effects analysis model. **International Journal of Quality Reliability Management** v. 13, n. 1, 1993. p. 43-47.
- BERNSTEIN, Peter L.; **Desafio aos Deuses: a Fascinante História do Risco**. 20ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.
- BOEHM, Barry W. A spiral Model of *Software* Development and Enhancement, **IEEE Software**. v. 21, Mai. 1988, p. 61-72.
- BOEHM, Barry W. *Software* Risk Management: Principles and practices. **IEEE Software**. v. 8, Jan. 1991, p. 32 – 41.
- BOWLE, John B.; BONNELL, Ronald D. Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis (What It Is and How To Use It). **Annual Reliability and Maintainability Symposium**, 1998.
- British Standards Institution 2000 BS 6079-1:2000 Project management. **Guide to project management**. London: BSI.
- CHANG, C.; LIU, P.; WEI, C. Failure mode and effects analysis using *Grey* theory. **Integrated Manufacturing Systems**. v.12, n.3, 2001, p. 211-216.
- CHANG, C.; TSAI, C.; CHEN, L. Applying *Grey* Relational Analysis to the Decathlon Evaluation Model. Department of Industrial Engineering and Management. Ta-Hwa Institute of Technology. **International Journal of The Computer, The Internet and Management**. v. 11, n. 3, 2003, p. 54 – 62.
- CHAPMAN, C.; WARD, S. **Project Risk management: processes, techniques and insights**. New York: John Wiley & Sons, 1997.
- CHARETTE, R. **Application Strategies for Risk Analysis**. New York: MultiScience Press. 1990, p. 17-21.
- CHEN, C. N.; TING, S. C. A study using the *Grey* system theory to evaluate the importance of various service quality factors. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 19, n. 7, 2002. p. 211-216.
- CHIN, Kwai-Sang; *et al.* Failure mode and effects analysis using the evidential reasoning approach. **Manufacturing Engineering and Engineering Management**. 2007.
- CHITTISTER, C.; HAIMES, Y. Y. **Risk associated with Software Development: A Holistic Framework for Assessment and Management**, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics , v. 23, n 3 , mai–jun 1993, p. 710-732.

- CICCO, Francesco De; FANTAZZINI, Mario Luiz. *Tecnologias Consagradas de Gestão de Riscos*; **Série Risk Management**. São Paulo, 2003.
- CLELAND, David I.; IRELAND, Lewis R. **Gerência de projetos**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2002.
- COOPER, W. W.; CHARNES, C.; LEWIN A.Y.; SEIFORD, L.M. **Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology, and Application**. Kluwer Academic Publishers, 1996.
- COSTA, Hélio R.; BARROS, Marcio de O. TRAVASSOS, Guilherme H. Evaluating software project portfolio risks. **The Journal of Systems and Software**, New York, v. 80, n. 1, 2007, p. 16.
- CRAWFORD, J. K. **The Strategic Project Office: A Guide to Improving Organizational Performance**. New York: Marcel Dekker Inc, 2002.
- CROUHY, M.; MARK, R.; GALAI, D.; . **Gerenciamento de Risco**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Qualitymark. 2004.
- DANE, Francis. C. **Research methods**. Belmont, Thomson Brooks/Cole. 1990.
- DENG, Julong. *Grey system fundamental method*, **Huazhong Polytechnic University Press**, Wuhan, China. 1985.
- _____. Introduction to Grey system theory. **Journal of Grey System**. v. 1, n.1. 1989.
- _____. Control problems of Grey systems. **Systems and Control Letters**. v. 1, n. 5, 1982, p. 288.
- DINSMORE, P.; CAVALIERI A. **Como se tornar um profissional em Gerenciamento de Projeto**: livro-base de preparação para certificação PMP. Rio de Janeiro: QualityMark. 2003.
- Estudo de Benchmarking em Gerenciamento de Projetos Brasil - 2007, Project Management Institute – PMI, Chapters Brasileiros. Disponível em: <http://www.pmi.org.br>. Acesso em: 02 mai. 2008.
- FERNANDES, Aguinaldo A.; ABREU, Vladimir F. **Implantando a Governança de TI: Da Estratégia à Gestão dos Processos e Serviços**. 2. ed. Editora Brasport. 2006.
- FLYVBJERG, Bent. From Nobel Prize to Project Management: Getting Risks Right. **Project Management Journal**. v. 37, n. 3. Aug. 2006, p. 5-15.
- FORD MOTOR COMPANY. - **Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)** Reference Manual. 1988.
- FRANCESCHINI, Fiorenzo; GALETTO, Maurizio. A new approach for evaluation of risk priorities of failure modes in FMEA. **International Journal of Production Research**. v. 29, n. 13, 1991, p. 2991-3002.
- GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. São Paulo: Atlas. 2007.

- GILCHRIST, W. Modeling failure modes and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 10, n. 5, 1993, p. 16-23.
- GU, Jie.; AVYUB, Bilal M.; PECHT, Michael. Project Title : **Grey Prediction Method used in Failure Prognostics for Electronics**.
- GUIFANG, Y.; CHANGSHENG, H. HONGFU, Y. CHANG, L. On the Flood Disasters in the Lower Jingjiang Reaches: *Grey Prediction Model and Application*. China University of Geosciences. **Chinese Journal of Population**. China. v. 3, n. 3, 2005.
- HAMEL, Gary e PRAHALAD, C. K. **Competindo pelo Futuro**. Rio de Janeiro: Campus, 1996.
- HAN, Wen-Ming; HUANG, Sun-Jen. An empirical analysis of risk components and performance on *software* projects. **The Journal of Systems and Software**. v. 80, n. 1, 2007, p. 4.
- HE, S.; LI, Y.; WANG, R.Z. A new approach to performance analysis of ejector refrigeration system using *Grey* system theory. **Journal Applied Thermal Engineering**. Shanghai Jiao Tong University. Shanghai. 2008.
- HELDMAN, Kim. **Gerência de Projetos**: Guia para o exame oficial do PMI. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.
- HELMAN, H; ANDERY, Paulo R. P. As Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos. **Série Ferramentas da Qualidade** – v. 11. Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1995.
- HIGUERA, R. P.; GLUC, D. P.; DOROFÉ, A. J.; MURPH, R. L.; WALKE, J. A.; WILLIAM, R. C. **An Introduction to Team Risk Management**. (CMU/SEI-94-SR-01) *Software Engineering Institute*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, Pa., May 1994.
- HIGUERA, Ronald P.; HAIMES, Yacov Y. *Software Risk Management*. (CMU/SEI-96-TR-012, ADA 315789). **Software Engineering Institute**. Carnegie Mellon University. Pittsburgh. PA. 1996.
- HILL, Stephen; DINSDALE, Geoff. Uma base para o desenvolvimento de estratégias de aprendizagem para a gestão de riscos no serviço público. Traduzido por Luís Marcos B. L. de Vasconcelos, Brasília, ENAP, 2003 – 80p. (Cadernos ENAP,23).
- HUANG, Q.; SHI, J; MAK, K. L. Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) Over the WWW. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**. v. 16, n. 8, July 2000, p. 603-608.
- INWOOD, Clifford. Risk management can be risky business. **Computing Canada**. v. 21, n. 4, February 1995, p. 26.

- IRUP. IBM Rational Unified Process. Disponível em <http://www-01.ibm.com/software/br/rational>. Acessado em: 10 ago. 2008.
- ISO/IEC 15504: Information Technology - Process Assessment, 2003/2004.
- JIANG, James; KLEIN, Gary; MEANS, Thomas L. *Software project risk and development focus*. **Project Management Journal**. v. 32, n. 1, Mar. 2001, p. 4-9.
- JONES, Capers. **Assessment & control of software risks**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1994.
- JONES, Capers. **Patterns of software systems failure and success**. Boston: International Thomson Computer Press. 1996.
- JUNG, Carlos Fernando. **Metodologia para Pesquisa e Desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Axcel Books do Brasil, 2004.
- KAPLAN, Robert S. **Organização Orientada para Estratégia: Como as Empresas que Adotaram o Balanced Scorecard Prosperam no Novo Ambiente de Negócios**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campos, 2000.
- KATZENBACH, Jon R.; SMITH, Douglas K. The Discipline of Teams. **Harvard Business Review**. v. 72, n. 2. March-April 1993, p.211-216.
- KEMA, **International Standard for ISO 13488**, KEMA Co. 1996.
- KERZNER, Harold. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2005.
- KERZNER, Harold; WILEY, John & Sons . **Project Management – A Systems Approach to Planning, Scheduling and Controlling**. 8. ed. 2003.
- KLOMAN, H. F. Risk Management Agonists. **Risk Analysis**. v. 10, n. 2. June 1990, p. 201-205.
- KOTLER, P; ARMSTRONG G.; *Princípios de Marketing*. 1ª ed., Prentice-Hall, 2008.
- LEAL, F; PINHO, A.F.; ALMEIDA, D.A. Análise de falhas através da aplicação do FMEA e da Teoria Grey. **Revista Gestão Industrial**. v. 2, n. 1. Jan/Mar. 2006, p. 79-88.
- LEEPHAKPREEDA, T. Grey prediction on indoor comfort temperature for HVAC systems. **Journal Expert Systems with Applications**. Thammasat University. Thailand. v. 34, 2008, p. 2284–2289.
- LIN, Jin-Cherng; WU, Kuo-Chiang. Predication of defects in *software* developing process. **Journal of Information & Optimization Sciences**. v. 29, n. 4, Jul. 2008, p. 649.
- MABIN, Vicky; BALDERSTONE, ["A Review of Goldratt's Theory of Constraints - Lessons from the International Literature"](#). Operational Research Society of New Zealand. **33. Annual Conference** 1998, Auckland, p. 205-214

- MARTINS, L.; (2003) Gestão Profissional de Projetos. Disponível em <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/abrirPDF/83>. Acesso em: 01 jun. 2008.
- MCATEE, Mary V. Lessons Learned. **Quality**. v. 47, n. 6, Jun. 2008, p. 40-43.
- MEULBROEK, L. K.; **Integrated Risk Management for the Firm: A Senior Manager's Guide**. Boston: Harvard Business School, 2002.
- MOURA, C. Análise de Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA). **Manual de Referência**. SAE J-1739, 2000.
- MPS.BR – **Melhoria de Processo do Software Brasileiro** – Guia Geral (Versão 1.0), 2005.
- NEVES, Júlio C. S. Aplicação da Análise Envoltória de Dados (DEA) Para Avaliação de Fornecedores. Tese (Mestrado em Sistemas e Computação) – Instituto Militar de Engenharia. 2000.
- OLIVEIRA, Silvio Luiz. **Tratado de metodologia científica** – projetos de pesquisas, TGI, TCC, monografias, dissertações e teses. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- OLSSON, C. **Risk management in emerging markets: How to Survive and Prosper**. 1. ed. London: Prentice Hall, 2002.
- PALADY, Paul. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.
- PEMMARAJU, Kamesh. **The Quest for Software Quality**. Disponível em www.cigital.com/papers/download/sil-india-dec98-kp.doc. Acessado em: 01 out. 2008.
- PEREIRA, D. W. S.; BRANDÃO, H. OLIVEIRA, K. A.; OLIVEIRA, K. M. Análise Postmortem em Projetos de *Software*. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE 3., 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: Universidade Católica de Brasília, 2004.
- Pesquisa IDC** - Internacional Data Corporation de 2008. Divulgada pela agencias Reuters. http://www.estadao.com.br/tecnologia/not_tec185229,0.htm. Acesso em: 15 out, 2008.
- PFLEEGER, S.L.; FENTON N.; PAGE S. Evaluation *Software Engineering Standards*, **IEEE Computer**, v. 27, n. 9. Sep. 1994, p. 71-79.
- PILLAY, A.; JUNG, G.M.; KWON, Y.S.; LOUGHRAN, C.G.; ANSON, T.; WALL A.D.; RUXTON, T. Modified FMEA for Fishing Vessels: A Fuzzy Set and Grey Theory Approach. **Proceedings of the Eleventh. International Offshore and Polar Engineering Conference Stavanger**. Norway. 2001, p. 17-22.
- PIONEER Co. Implementation of FMEA and FTA. **Reliability Group of Pioneer Co Ltda**. Taiwam, 1980.

PMBOK - Project Management Institute. **A guide to the project management body of knowledge**. 4. ed. Newton Square, PA, US: Project Management Institute (PMI). 2008.

PMI – Project Management Institute. Disponível em: <http://www.pmi.org/AboutUs/Pages/Articles-of-Interest.aspx#project> . Acesso em: 27 Ago. 2008.

POPPER, K. **A Lógica da Pesquisa Científica**. São Paulo: Cultrix, 1934. Edição brasileira (2002)

PORTER, Michael E. **Competição: Estratégias Competitivas Essenciais**. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

Potential Failure Mode and Effects Analysis: Reference Manual, Chrysler Corp., Ford Motor Company, General Motors Corp., **Developed under the auspices of the Automotive Division of the American Society for Quality Control (ASQC) and the Automotive Industry Action Group (AIAG)**. 2. ed. Feb. 1995.

PRADO, Darci S. **Gerenciamento de projeto nas organizações**. 2. ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 2003.

PRAHALAD, C. K. A Competência Essencial. **HSM Management**. p. 6-11, Mar-Abr 1997.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software**. 6. ed. McGraw-Hill interamericana do Brasil, 2006.

PRICE WATERHOUSE COOPERS AUDITORES. **Fusões e Aquisições no Brasil**. 2009. Disponível em http://www.pwc.com/pt_BR/br/estudos-pesquisas/assets/rel-fusoes-aquisicoes-mai-09.pdf. Acesso em: 01 Jun, 2009.

PRIKLADNICKI, Rafael; GOMES, Geraldo; MAJDENBAUM, Azriel; ANTUNES, Dante; YAMAGUTI, Marcelo Hideki; OLIVEIRA, Silvia; AUDY, Jorge Luis Nicolas. Um Caso Prático de Implantação da Gerência de Risco em Ambientes de Desenvolvimento Distribuído de Software, baseado no Modelo CMMI. In: IV SBQS - SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DE SOFTWARE, 2005, Porto Alegre. IV Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software - **Anais**. Porto Alegre: CV Artes Gráficas, 2005. v. 1. Pag. 95-102.

PRITCHARD, Carl L. **Risk management, concepts and guidance**. 3. ed., Virginia, ESI International, 2005.

PUENTE, J; PINO R.; PRIORE P.; FUENTE D. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 19, n 2, 2002, p. 137-150.

RAFF, D. M. G.; **Risk Management in an Age of Change**. Philadelphia: Wharton School, University of Pennsylvania, 2000.

- RANGEL, L. A. D.; LINS, M. P. E.; GOMES, L. F. A. M. Agregação Parcial das Eficiências das Unidades de Decisão em Análise Envoltória de Dados.. In: **XXXI Simpósio da SOBRAPO - Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional**, 1999, Juiz de Fora - MG.
- REID, R Dan. FMEA-Something Old, Something New. *Quality Progress*, Vol 38, n 5. May/2005, p. 90-93.
- ROVAL, R. Leonardo. **Modelo Estruturado para Gestão de Riscos em Projetos**: Um Estudo de Caso Múltiplo. 2005. 364 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.
- ROYCE, Walker. **Software project management: A Unified Framework**. Massachusetts: Addison Wesley Longman, 1998.
- SAKURADA, E.Yuji. **As Técnicas de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos e Análise da Árvore de Falhas no desenvolvimento e na avaliação de produtos**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.
- SANKAR, Nune R.; PRABHU, Bantwal S. Modified approach for prioritization of failures in a system failure mode and Effects Analysis. **The International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 18, n. 3. 2001, p. 324.
- SANVICENTE, A. Z.; SANTOS, C. C. **Orçamento na Administração de Empresas**: planejamento e controle. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- SCHMIDT R.; LYYTINEN, K.; KEIL, M.; CULE, P. Identifying *Software* Project Risks: An International Delphi Study. **Journal of Management Information Systems**. v. 17, n. 4, 1999, p. 5-35.
- Schuyler, J. **Risk and decision Analysis in Projects**. Project Management Institute, 2ª ed. 2001.
- SCHWALBE, C. **Information Technology Project Management**. 3. ed. Boston, MA: Thomson Publishing, 2004.
- SCOY, Roger L. Van. **Software Development Risk: Oportunity, not Problem**, Techincal Report CMU/SEI-TR-012, 1996.
- SHAH, Sonali K.; CORLEY, Kevin G. Building Better Theory by Bridging the Quantitative-Qualitative Divide. **Journal of Management Studies**. v. 43. n. 8. December, 2006, p.1821-1835.
- SHEN, Vitor R. L.; CHUNG, Yu-Fang; CHEN, Tzer-Shyong. A novel application of Grey system theory to information security (part 1). **Computer Standards & Interfaces**. v. 31. N. 2. February, 2009.

SILVA, D. D.; RODRIGUES, Letícia L. C.; SILVA, A. A. As Habilidades Gerenciais em Projetos de Tecnologia. Mapeando e Experimentando a Aderência das Competências no Instituto de Pesquisas Energéticas Nucleares. In: XXVII ENANPAD, 2003, Atibaia. **Anais eletrônicos**. Atibaia.

SISK, T.; **History of Project Management**. 1998. Disponível em <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-30/sp800-30.pdf>. Acesso em 15 Jun, 2008.

SLOVIC, Paul. Perception of risk. **Science**. v. 236, p. 280-285, 17 April, 1987.

SOMMERVILLE Ian. **Software Engineering**. New York: Addison-Wesley, 1996.

STAMATIS, D. H. Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution. **American Society for Quality, Quality Press**. 2. ed, Milwaukee, Winsconsin. 2003, p. 496.

STONEBURNER, Gary; GOGUEN, Alice; FERINGA, Alexis (July 2002). **Risk Management Guide for Information Technology Systems**. Gaithersburg, MD: National Institute of Standards and Technology. Disponível em <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-30/sp800-30.pdf>. Acesso em: 25 ago, 2008.

SWEBOK - Software engineering body of knowledge. Disponível em <http://www2.computer.org/portal/web/csdl/doi/10.1109/ICSE>.2001.10001>. Acesso em: 19 ago, 2008.

THE GLOBAL COMPETITIVENESSE REPORT (CGI). 2007-2008. Disponível em <http://www.gcr.weforum.org>. Acesso em: 27 ago. 2008.

THE STANDISH GROUP. **Chaos Report**. 2004. Disponível em: <http://www.standishgroup.com>. Acesso em: 02 ago. 2008.

TUMER, I. Y.; STONE, R. B.; BELL, D. G.. **Requirements for a Failure Mode taxonomy for use in Conceptual Design**. In: International Conference on Engineering Design – ICED 03, 14th - 2003, Estocolmo - SUE. ICED 03 - Proceedings. Suécia: Design Society, Agosto de 2003.

VALERIANO, Dalton. **Moderno Gerenciamento de Projetos**. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

VANDENBRANDE, W. W. How to use FMEA to reduce the size of your quality toolbox. **Quality Progress**. v. 31, n.11,1998, p.1822-1835.

VARGAS, R. V. **Manual Prático do Plano de Projeto**. 3. ed. Rio de Janeiro: Brasport. 2007.

VASCONCELLOS, Eduardo. **Gerenciamento da tecnologia**: Um instrumento para a competitividade empresarial. São Paulo: Edgard Blücher, 1992.

VICENTINO, C. **História Geral**. São Paulo: Scipione, 1997.

- WALLACE, L.; RAI, M.; KEIL, A. Understanding *software* project risk: a cluster analysis. **Information & Management**. v. 42, n. 1. Dec. 2004, p. 15-125.
- WANG, C; HSU, L. Using genetic algorithms *Grey* theory to forecast high technology industrial output. **Applied Mathematics and Computation**. n.195, 2008, p. 256–263.
- WANG, John; YAN, R.; HOLLISTER, K.; ZHU, D. A historic review of management science research in China. **Omega** – The international Journal of Management Science. v. 36. 2008, p. 919– 932.
- WARD, J. LeRoy: **Project Management Terms: A Working Glossary**, 2. ed. ESI International, 2000.
- WEI, C. H.; CHUNG, M. C. Grey Statistics Method Of Technologi Selecton For Adnanced Public Transportation Systems – The Experience of Taiwan. **National Science Council of Taiwan**. v. 27, n.2, 2003.
- WHITTEN, Neal. **Managing software development projects: formula for success**. John Wiley & Sons, Inc., 1995.
- WIDEMAN, R. Max. **Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities**. Upper Darby (USA): Project Management Institute, 1992.
- WILDAVSKY, A. No risk is the highest risk of all. **American Scientist**, v. 67, n. 1, 1979, p. 32-37.
- WU, H. H. A comparative study of using *Grey* relational analysis in multiple attribute decision making problems. **Quality Engineering**. v. 159, n.2, 2002, p 209–217.
- YIN, R. K. **Estudo de Caso: Planejamento e Métodos**. 3. ed., Porto Alegre: Bookman, 2005.
- ZANONI, R. **Modelo de Gerência de Projeto baseado no PMI para Ambiente de Desenvolvimento de Software Fisicamente Distribuído**. 2002. 131 f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Computação). Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.
- ZHAI, Lian-Yin; KHOO, Li-Pheng; WEI, Zao Z. Design concept evaluation in product development using rough sets and *Grey* relation analysis. **Journal Expert Systems with Applications**. v. 36. n. 3. p. 7072-7079, Singapore. 2009.
- ZMUD, R.W. Management of Large Software Development Efforts. **MIS Quarterly**. v. 4, n. 2, p. 45-55, 1980.

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE RISCOS – DADOS COMPLETOS – ORGANIZADO PELO # GR

				Índices P x I			Índices FMEA					Teoria Grey Aplicada									
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Probabi- lidade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I	Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN	# FMEA	Passo 3			Passo 4			Passo 5&6	# GR	Ordem Real Acontecimen- tos de Risco
													Ocorrência	Severidade	Detecção	Ocorrência	Severidade	Detecção	Relação (GR)		
5	Dificuldade de acesso aos fabricantes das ferramentas usadas no desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito entre equipes internas e externas	Informações da equipe de desenvolvimento e demora no ajuste da ferramenta - avaliação dos chamados aberto junto aos clientes	0,50	9	4,50	5	5	9	6	270	5	4	8	5	0,625	0,417	0,556	0,486	1	1
1	Baixa capacitação da equipe do projeto na aplicação a ser desenvolvida	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, troca de recursos da equipe ou necessidade de treinamento	As tarefas são executadas na sua maioria acima da estimativa atual, informações da equipe de desconhecimento na aplicação	0,70	9	6,30	2	7	9	4	252	6	6	8	3	0,500	0,417	0,714	0,493	2	2
6	Tecnologia de programação do RIA (Rich Interface Architecture) é nova para empresa e para o mercado	Uso de ferramentas muito novas do mercado que contenham limitações pode fazer com que o produto planejado atrase em função de necessidades de "workaround" para funções básicas destas	Equipe parada problemas na ferramenta e demora no suporte da empresa fornecedora de solução RIA.	0,52	7	3,64	12	6	7	9	378	1	5	6	8	0,556	0,500	0,417	0,494	3	3
7	Complexidade do projeto e impossível sub-divisão	Dificuldade em gerenciar o projeto, muitos participantes, atrasos e falta de controle	Muitas tarefas pendentes, perda de controle das entregas, conflitos internos e externos	0,60	7	4,20	6	6	7	8	336	2	5	6	7	0,556	0,500	0,455	0,502	4	6
17	Pouca autoridade destinada ao gerente de projeto, típico de organização com hierarquia funcional forte	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao envolvidos no projeto - conflitos e atrasos nas entregas	A equipe do projeto não aceita o gerenciamento do projeto pelo gerente. Há divergências quanto aos rumos do projeto e conflito entre a equipe o GP.	0,55	7	3,85	8	6	7	8	336	3	5	6	7	0,556	0,500	0,455	0,502	5	10
2	Não envolvimento de Clientes nos requisitos	Não aceitação das entregas, retrabalhos e perda de tempo.	Não aprovação das entregas pelo cliente, retrabalhos de requisitos	0,80	9	7,20	1	8	9	3	216	10	7	8	2	0,455	0,417	0,833	0,508	6	5
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito com equipes de apoio	Atraso nas entregas, equipe parada.	0,80	7	5,60	3	8	7	5	280	4	7	6	4	0,455	0,500	0,625	0,516	7	4
8	Comprometimento da equipe com projeto	O baixo comprometimento com o projeto irá afetar as entregas, produtividade e estouro das estimativas	Avaliação das entregas, comunicação com equipe, avaliação do cronograma e das entregas	0,58	7	4,06	7	6	7	6	252	7	5	6	5	0,556	0,500	0,556	0,522	8	8
22	Há concorrência de recursos com outros projetos em andamento	Interrupções no projeto por deslocamento de recursos para outros projetos sem a devida avaliação do impacto pelo GP e pela própria equipe. Conflitos, desmotivação, tempo de setup de outros projetos.	Saída de pessoal alocado ao projeto para trabalhar em outros projetos. Troca de pessoas no projeto causando problemas com conhecimento sobre o andamento do projeto.	0,40	7	2,80	17	4	7	9	252	8	3	6	8	0,714	0,500	0,417	0,526	9	18
4	Baixa capacitação da Equipe na tecnologia empregada	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito na equipe e com equipes de apoio	Atraso nas entregas	0,70	7	4,90	4	7	7	4	196	13	6	6	3	0,500	0,500	0,714	0,543	10	9
9	Falha nas ferramentas para acompanhamento do projeto	Impede acompanhamento, maior esforço por parte do gerente de projetos	Falhas nas ferramentas com muita frequência impactando no acompanhamento	0,55	7	3,85	9	6	7	4	168	16	5	6	3	0,556	0,500	0,714	0,554	11	7
10	Clareza na dependências do produto de outros sistemas	Retrabalho e dificuldade de desenvolvimento do projeto - atrasos nas entregas	Dificuldade em executar a definição interna, não aceitação do cliente, atrasos nas tarefas de detalhamento	0,54	7	3,78	10	6	7	4	168	17	5	6	3	0,556	0,500	0,714	0,554	12	11
16	Problemas nas Instalações Físicas	Paradas inesperadas nos servidores e por consequencia nos projetos e nos testes do produto. Aumento de custo, esforço e equipe desmotivada	Parada de equipamentos mais do que o planejado. Necessidade de recuperação de back-ups com mais frequências que o previsto - equipes paradas por falta de serviços de rede e/ou servidores.	0,53	7	3,71	11	6	7	4	168	18	5	6	3	0,556	0,500	0,714	0,554	13	24
11	Mudanças estruturais da organização	Mudanças de gerentes, coordenadores e diretores ligados aos projetos, causando instabilidade e stress na equipe do projeto	Avaliar se há mudanças das gerencias na organização, bem como mudanças de priorização nos projetos	0,67	5	3,35	14	7	5	7	245	9	6	4	6	0,500	0,625	0,500	0,575	14	14
12	Falta de objetos (estrutura básica) no "framework" de desenvolvimento	Dificuldade em desenvolver processos básicos e elementares que um Framework pode fazer - atrasos nas entregas por ter que gerar novo escopo, problemas de padronização do produto	Atrasos nas tarefas, conflito entre áreas, não entrega no prazo.	0,64	5	3,20	15	7	5	6	210	11	6	4	5	0,500	0,625	0,556	0,586	15	13
14	Conflitos com objetivos de outros projetos em andamento	A perda de recursos, humanos e financeiros faz com que as entregas sejam postergadas, ou entregues com baixa qualidade e consequente não aceitação dos clientes	Retirada ou substituição de recursos importantes do projeto, causando atrasos, baixa produtividade.	0,55	5	2,75	18	6	5	7	210	12	5	4	6	0,556	0,625	0,500	0,586	16	16

											Teoria Grey Aplicada										
				Índices P x I			Índices FMEA				Passo 3			Passo 4		Passo 5&6					
ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Probabi- lidade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN	# FMEA	Ocorrência	Severidade	Deteção	Ocorrência	Severidade	Deteção	Grau de Relação (GR)	# GR	Ordem Real
13	Pouca experiência do Gerente de Projetos em projetos similares	Controle do projeto, conflitos não resolvidos, problemas com planejamento e escalção de problemas	Equipe sem controle/conflitos	0,70	5	3,50	13	7	5	5	175	15	6	4	4	0,500	0,625	0,625	0,600	17	12
28	A data de entrega do projeto foi decidida por conveniência para tender necessidades de MKT	O projeto prevê um tempo muito pequeno para o escopo apresentando. Estimativas não realistas causando atrasos nas entregas e desmotivação na equipe. "Não há como atender o prazo estabelecido no escopo previsto" independete dos esforços empreendidos durante o horário normal	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e esforço planejados já desde o inicio do projeto. Prazo irreal.	0,35	5	1,75	23	4	5	9	180	14	3	4	8	0,714	0,625	0,417	0,601	18	23
23	Baixo apoio do patrocinador ao projeto	Projeto com pouco sucesso pela falta do principal apoio no projeto - descrédito do projeto, desmotivação da equipe e baixa produtividade e atrasos nas entregas - não há gestão de conqências, ou seja, atrasos não são penalizados.	Atrasos no projeto não são penalizados. Não há interesse do patrocinador em reuniões do projeto - há sempre um outro assunto mais importantes.	0,32	5	1,60	24	4	5	8	160	19	3	4	7	0,714	0,625	0,455	0,609	19	17
18	Disponibilidade de ferramentas de desenvolvimento	As ferramentas de produtividade do projeto não estão disponíveis no momento de sua utilização, causa problemas de entrega, conflitos e aumento frustração com projeto- esforço e entregas são diretamente afetados	O projeto pode ter como premissa o uso de ferramentas de desenvolvimento, mas no momento do uso destas ferramentas as mesmas não encontram-se instaladas ou desativadas. Outras situações são capacitação das equipes e suporte a manutenção.	0,35	7	2,45	20	4	7	3	84	22	3	6	2	0,714	0,500	0,833	0,610	20	15
25	Requisitos incompletos e instáveis	Mudanças constantes no projeto. Atrasos nas entregas planejadas. Indefinições quanto a direção do projeto por falta de esclarecimentos sobre os requisitos. Novos requisitos surgem a todo nomento aumentando o tamanho do projeto e consequentemente custo e prazo do mesmo	Muitas mudanças no projeto. Reclamações sobre definições incompletas ou não estão de acordo com informações dos clientes. Conflito de opiniões sobre a direção do projeto.	0,50	5	2,50	19	5	5	5	125	21	4	4	4	0,625	0,625	0,625	0,625	21	21
19	Exposição virus de computador	O ambiente de desenvolvimento pode ser afetado por virus de computador, causando problemas de paradas de servidores, estações de trabalho. Necessitando de retorno de back-ups, atrasos nas entregas, aborrecimento para funcionamento do produto e/ou testes. Falta de confiança no ambiente da organização.	Infecção de virus em alguma equipamento individual que pode afetar outros computadores via rede. Infecção de virus em servidores que são usados pelo desenvolvimento, causado problemas de atrasos nos testes e no desenvolvimento.	0,45	7	3,15	16	5	7	2	70	24	4	6	1	0,625	0,500	1,000	0,625	22	22
15	Baixo envolvimento da alta administração	Desmotivação das equipes dos projetos. O não cumprimento de prazos não acarreta consequencias para equipes ou o projeto. Falta de interesse no cumprimento de prazo e qualidade.	Alta administração apatica ao projeto, não motiva as equipes por não são avaliados seus resultados e andamento	0,20	5	1,00	27	2	5	5	50	25	1	4	4	1,000	0,625	0,625	0,700	23	25
20	Processo de desenvolvimento não está maduro	Para o desenvolvimento do produto, o processo a ser seguido não esta claro, há pouca informação a equipe. Mudanças ou processos novos são implantados durante o desenvolvimento do projeto. Reprovações pela equipe da qualidade podem atrasar as entregas e afetar a produtividade /	A equipe do projeto não sabe o que fazer em determinado ponto do projeto (inspeções) ou foram de desenvolvimento que sejam padronizados. Há informações da área de Garantia da Qualidade sobre problemas em seguir o processo de desenvolvimento causando não conformidades de	0,60	3	1,80	22	6	3	8	144	20	5	2	7	0,556	0,833	0,455	0,702	24	19
24	Baixa produtividade da equipe por conflitos internos (egos)	Produtividade baixa, atrasos nas entregas, conflitos internos entre a equipe. Não aceitação de soluções entre as partes. Clima de trabalho desmotivante e tentativas de impor idéias e solução de um ou de outra pessoa do projeto.	Conflitos entre os integrantes da equipe, baixa produtividade, poucas idéias para solução dos problemas. O que importa é que uma idéia prevaleça sobre outra, não beneficiando o projeto. Desmotivação na equipe.	0,30	5	1,50	25	3	5	3	45	26	2	4	2	0,833	0,625	0,833	0,708	25	26
21	Dificuldade de modelagem do produto	O desconhecimento do produto ou de técnicas de desenvolvimento de modelagem aumentam o prazo de entrega, caso o GP e equipe não estejam preparadas para usar novas ferramentas e eventualmente não tenham conhecimento da tecnologia envolvida.	Nível de solicitação de suporte a equipes de apoio aumentando. Dificuldades na aplicação das tecnicas de modelagem do produto.	0,70	3	2,10	21	7	3	4	84	23	6	2	3	0,500	0,833	0,714	0,743	26	26
27	Baixa produtividade da equipe por conflitos externos (egos)	Produtividade baixa, atrasos nas entregas, conflitos internos e externos da equipe. Não aceitação de soluções entre as partes. Clima de trabalho desmotivante e tentativas de impor idéias e solução de um ou de outra pessoa do projeto.	Conflitos entre os integrantes da equipe e outras pessoas externas ao projeto, baixa produtividade, poucas idéias para solução dos problemas. O que importa é que uma idéia prevaleça sobre a outra. Não beneficiando o projeto. Desmotivação na equipe por sufocamento e imposição de soluções.	0,20	3	0,60	28	2	3	4	24	28	1	2	3	1,000	0,833	0,714	0,843	27	28
26	Indisponibilidade de membros da equipe do projeto	Atrasos nas tarefas do projeto, necessidade de substituição/capacitação de pessoal.	Saída de pessoal alocado ao projeto. Troca de pessoas no projeto causando problemas com conhecimento sobre o andamento do projeto. O planejamento de alocação de pessoas não é seguido por indisponibilidade de pessoas previamente acordadas.	0,40	3	1,20	26	4	3	2	24	27	3	2	1	0,714	0,833	1,000	0,843	28	27