

APLICAÇÃO DA TEORIA GREY E FMEA – ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS NA PRIORIZAÇÃO DE RISCOS DE PROJETOS DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE PRODUTO

APPLICATION OF GRAY THEORY AND FMEA – FAILURE MODES AND EFFECTS ANALYSIS IN RISK PRIORITIZATION DURING SOFTWARE PRODUCT DEVELOPMENT

Roberto Carlos Bonanomi¹; Wesley Vieira da Silva²; Jansen Maia Del Corso³; Luiz Carlos Duclós⁴

¹Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Curitiba – Brasil

roberto.bonanomi@totvs.com.br

²Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Curitiba – Brasil

wesley.vieira@pucpr.br

³Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Curitiba – Brasil

del.corso@pucpr.br

⁴Pontifícia Universidade Católica do Paraná – PUCPR – Curitiba – Brasil

luiz.duclos@pucpr.br

Resumo

Este artigo propõe uma forma alternativa para priorização dos riscos em projetos de desenvolvimento de software produto. Uma das áreas prioritárias do gerenciamento de projetos é a área de gerenciamento de riscos. A forma mais rápida para fazer uma análise qualitativa conforme Pritchard, PMI, Wideman, Schuyler e Chapman; Ward é a multiplicação da probabilidade pelo impacto dos eventos de riscos. O resultado é uma lista ordenada, onde os maiores números representam os maiores riscos. Atualmente a indústria automobilística usa o FMEA para analisar seus projetos possibilitando o levantamento, análise e a priorização das causas de falhas. Outro método analítico de avaliar fatores incerteza é a teoria Grey, que analisa o grau de relação entre as variáveis e um padrão definido como ótimo. Este trabalho é um estudo de caso em uma organização que desenvolve software produto. Os riscos foram analisados levando em conta projetos já executados e a seqüência dos eventos. Foram usados o método tradicional da probabilidade versus impacto, o método FMEA e o grau de relação da teoria Grey. O resultado demonstrou que o cálculo da priorização de riscos usando probabilidade versus impacto obteve 21% de acerto, o FMEA obteve 25% de acerto e com a teoria Grey obteve 39% de acerto. Outros estudos são necessários objetivando comparações entre os métodos.

Palavras-chave: gerenciamento de riscos; FMEA; teoria Grey.

1. Introdução

O mercado de software está crescendo no Brasil. Conforme ABES (Associação Brasileira

das Empresas de *Software*), o mercado software foi avaliado como sendo o 12º colocado no mundo (ABES, 2008), totalizando R\$ 15 bilhões em produtos e serviços. 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 da indústria de software, conforme comprova a pesquisa da *Price Waterhouse Coopers* (abril/2009). Desta forma, estas organizações precisam inovar.

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. Isso remete a necessidade de se elaborar estratégias que direcionem as organizações neste tumultuado caminho para o sucesso.

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 se criar novos produtos e serviços, pode-se dizer que são ações da organização para atender as suas estratégias. Estas ações geram projetos que precisam ser gerenciados para que se obtenha sucesso.

As organizações, 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 brasileiro 8% não gerenciam 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, 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 ficando a dúvida se as organizações estão classificando adequadamente os riscos (ou eventos) certos. Esta priorização dos riscos está diretamente ligada à assertividade em investir tempo e dinheiro nos riscos certos e assim retornando este investimento em sucesso para os projetos.

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.

2 Referencial Teórico-Empírico

Gerenciar projetos é uma prática muito antiga. Conforme Vicentinho (1997) os projetos vêm sendo feitos há mais de 2700 A.C., pois as construções das pirâmides do Egito antigo era um empreendimento único e empregavam milhares de pessoas em suas realizações. Estes projetos geraram um empreendimento único e demoraram até 20 anos para sua construção.

O gerenciamento de projetos, enquanto disciplina mais formal, 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).

As técnicas de gerenciamento de projeto, 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 serem aplicadas às interações do negócio (KERZNER, 2002).

Na visão de Kerzner (2005), projeto é um empreendimento com objetivo claramente identificável, consumindo recursos e operando sob pressões de prazo, custo e qualidade. Para 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. Este caráter temporário indica que cada projeto possui um início e um fim bem definidos.

A indústria de *software*, valendo-se deste conhecimento, vem aplicando o conhecimento gerado em gerenciamento de projeto para produzir e entregar software dentro das pressões de mercado como prazo, custo e qualidade.

Autores como Kerzner (2005), Heldman (2006), Cleland e Ireland (2002), Dinsmore (2003) e o PMBOK (2008) dividem o gerenciamento de projetos em áreas de conhecimento, tais como, escopo, tempo, custo, recursos humanos, qualidade, riscos, comunicação e aquisições. As empresas que usam estas áreas de conhecimento concluem os projetos com mais assertividade, conforme pesquisa da *The Standish Group* (2004).

Na área do conhecimento de gestão de projetos este trabalho analisa a gestão dos riscos de projetos de desenvolvimento de *software* produto. É importante salientar que a análise é focada no desenvolvimento como parte do ciclo de vida do software produto conforme definido por Duclós (1982) e referendado por Bohem (2002). Na área do conhecimento de gestão de riscos este trabalho prioriza uma lista de riscos de forma que a empresa aplique seus recursos minimizando os riscos mais danosos ao projeto.

Kerzner (2005) define risco como a medida da probabilidade e consequência de não se alcançar uma meta definida do projeto. Destaca-se 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 ou ameaças.

O gerenciamento de riscos do projeto inclui o procedimento que tratam da realização de identificação, análise, respostas, monitoramento e planejamento do gerenciamento de riscos em um projeto. A maioria desses procedimentos 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. 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 de projetos.

Segundo Pritchard (2005), PMBOK (2008), Wideman (1992), Chapman e Ward (1997) e Schuyler (2001) a análise de riscos possui três fatores principais:

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

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 evitar desastres, evitar retrabalho, evitar cancelamento de projetos e estimular uma situação de sucesso nos projetos de software produto.

2.1 Probabilidade versus impacto de eventos de risco

Conforme PMBOK (2008) a análise dos riscos pode ser subdividida em duas fases, qualitativa e quantitativa. Na análise qualitativa é feito uma avaliação subjetiva da lista de riscos, podendo, conforme cada organização ser uma matriz conforme representada pela Figura 1, escala numérica, ou usando letras, já que é uma análise subjetiva conforme apresentado na Figura 2 na forma de escala relativa.

A Figura 1 demonstra um exemplo de matriz de probabilidade *versus* impacto e considera uma escala para impacto de 0,05, 0,10, 0,20, 0,40 e 0,80 e para probabilidade de 0,1 a 0,9.

Figura 1 – Exemplo de Matriz *versus* Probabilidade (escala numérica)

		Ameaças					Oportunidade				
		0,90	0,70	0,50	0,30	0,10	0,90	0,70	0,50	0,30	0,10
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											

Fonte: Adaptado PMBOK (2008)

Na Figura 1 o uso da equação (1) definida a seguir, determina os valores da matriz, cada organização pode escolher os valores de impacto que melhor representam a escala. Para os valores da probabilidade, estes devem estar entre 0 e 1.

Já na Figura 2, podem-se usar letras para representar o fator de probabilidade e o impacto de forma relativa. A letra B seria um fator de probabilidade ou impacto baixo, a letra M um fator médio e a letra A um fator alto.

Figura 2 – Exemplo de Matriz *versus* Probabilidade (escala relativa)

Fator de Probab	A	AB	AM	AA
	M	MB	MM	MA
	B	BB	BM	BA
		B	M	A
Impacto				

Fonte: Dinsmore e Cavalieri (2003)

Nos dois exemplos descritos anteriormente, referentes a matriz de impacto *versus* probabilidade, vê-se que há a geração da exposição a risco que pode ser calculada usando-se a equação (1).

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

Onde:

E: exposição aos riscos;

P: probabilidade (ou fator de probabilidade) da ocorrência;

I: impacto nos objetivos do projeto.

A probabilidade multiplicada pelo impacto (valor da perda) dá-se o nome de exposição ao risco conforme designado na equação (1). Em projetos, um evento ou ação que é considerado um risco, deve-se ter uma perda associada, uma chance ou alguma escolha (CHARETTE, 1990), ou seja, o risco pode ser modificado por uma ação pensada e planejada. Para o efetivo gerenciamento dos riscos é associado algumas informações como descrição, um responsável, planos de ação e o

gatilho do risco, ou seja, como pode perceber que o risco está próximo ou prestes a acontecer.

Colocando-se os riscos em ordem decrescente de sua exposição, pode-se obter uma lista ordenada para a qual a organização deve focar sua atenção em qualificá-los, ou seja, tornando estas matrizes valores financeiros de impacto no projeto. Contudo, deve-se avaliar qual o esforço para tornar esta exposição um valor financeiro para o projeto.

O PMBOK (2008) recomenda que sejam usados alguns riscos classificados com alta exposição para então fazer uma análise quantitativa. Esta análise deve usar diversas técnicas de cálculo, tais como simulação de Monte Carlo, árvore de decisão e valor monetário esperado.

2.2 FMEA – Análise dos modos de falha e efeitos

Avaliando as formas de se classificar riscos, a literatura e a indústria, apresenta uma técnica chamada FMEA - *Failure Mode and Effect Analysis*. Esta técnica surgiu em 1949 para avaliar equipamentos no exercito americano e segundo Puento et al. (2001), no início da década de 60, durante o projeto Apollo, a NASA aprimorou a técnica inicial com método para identificar e classificar, de forma sistemática, as falhas potenciais em sistemas (produto ou processos) antes que as mesmas ocorressem. 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.

Atualmente, o FMEA é usado nas mais diversas atividades, desde 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), será usada aqui, para prevenção de riscos em projetos de desenvolvimento de software produto, prevenindo problemas com todas as fases de desenvolvimento do software produto.

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. Também 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 seqüência 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 freqüência como as mesmas ocorrerem (O) e, como

eventualmente poderiam ser detectadas (D), antes de chegarem às 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.

As variáveis acima citadas podem ser classificadas em tabelas conforme cada indústria ou projeto onde serão aplicadas. As Figuras de 3 a 5, respectivamente, demonstram estas classificação conforme padrão usado pela *Ford Motor Company*. A Severidade de um evento está demonstrada no Quadro 1.

Quadro 1 – Critério de Análise para Severidade das Falhas

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

Fonte: Adaptado da *FORD MOTOR COMPANY* (1988)

Este Quadro 1 representa a classificação da severidade de um risco onde número 1 é considerado muito baixo e o número 10 altamente perigo conforme critério. O Quadro 2 demonstrada as classificações para ocorrência da falha ou risco.

Quadro 2 – Critério de Análise para Índice de Ocorrência das Falhas

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
Moderada	1 em 80	6
	1 em 400	5
Baixa	1 em 2.000	4
	1 em 15.000	3
	1 em 150.000	2
Quase impossível	1 em 1.500.000	1

Fonte: Adaptado de *FORD MOTOR COMPANY* (1988)

No Quadro 2, percebe-se que a classificação da ocorrência de um risco pode ser representada por taxa de falhas onde 1 é considerado quase impossível e 10 extremamente provável que ocorra. Os critérios de classificação para Detecção das falhas estão listados no Quadro 3 mostrando os índices de falhas que varia de 1 até 10.

Quadro 3 – Critério de Análise para Índice de Detecção das Falhas

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

Fonte: Adaptado da *FORD MOTOR COMPANY* (1988).

Assim, o Quadro 3 evidencia a classificação sobre a possibilidade de detectar uma falha ou risco, variando de 1 quase certa (facilmente detectada) até 10 que será considerado quase impossível de ser detectada (difícil).

Um risco é considerado alto quando tiver um impacto significativo no produto ou no cliente, juntamente com uma ocorrência provável e uma baixa capacidade de ser detectado antes de seu efeito ser percebido pelo cliente. O procedimento mais utilizado para se medir o risco associado à 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 1000 pontos, sendo número 1 para baixíssimo risco e o número 1000 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 que pode ser mensurado por meio da expressão (2).

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

Onde:

RPN: Risk Priority Number,

O: ocorrência;

S: severidade;

D: detecção.

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 por parte da indústria.

Há uma série de autores que criticam a forma com que é calculado o *RPN*, tais como Franceschini e Galetto (2001), Gilchrist (1993), Bowles (1998) e Chin et al. (2007). 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 formas de cálculo do *RPN*, que não serão apresentadas neste estudo.

2.3 A 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. Neste trabalho, os atributos serão ocorrência, severidade e detecção os fornecidos pelo FMEA.

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. Ver trabalhos de Leephakpreeda (2008), Wang e Hsu (2008), Wei e Chung (2003) e também o trabalho de HE et al. (2008). Para WU (2002), a teoria relacional *Grey* tradicional inclui seguir seis passos:

a) construir uma matriz (X) de decisão inicial, conforme definida em (3). Assumindo que são n seqüências e são caracterizadas por m critérios, ou fatores. Assim, cada fator de decisão forma um vetor da matriz $\{x_1(1), x_1(2), \dots, x_1(m)\}$ que são as séries, neste trabalho x_1 representa os eventos de riscos ou falhas.

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

Onde $x_i(j)$, é uma entidade na i seqüência 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). Neste trabalho será usada a normalização $f2$, visto que quanto menor o fator melhor, pois os riscos podem ser considerados mais baixos.

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

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

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

Onde $x_{obj}(j)$ é o valor meta para o fator de j deve estar de acordo com a expressão (7).

$$\min_{i=1}^n [x_i(j)] \leq x_{obj}(j) \leq \max_{i=1}^n [x_i(j)] \quad (7)$$

Com o uso da normalização, todos os três tipos de critérios foram transformados em o melhor tipo para o problema a ser resolvido, onde 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 $x_0 = \{x_0(1), x_0(2), \dots, x_0(m)\} = \{1, 1, \dots, 1\}$;

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, tem-se as equações (8) e (9):

$$x' = \begin{bmatrix} x'_1(1) & x'_1(2) & \dots & x'_1(m) \\ x'_2(1) & x'_2(2) & \dots & x'_2(m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x'_n(1) & x'_n(2) & \dots & x'_n(m) \end{bmatrix} \quad (8)$$

$$x'_0 = x'_0(1), x'_0(2), \dots, x'_0(m) \quad (9)$$

Onde $x'_0(j)$ é o valor referência na relação para o fator j e foi determinada pela melhor normalização de cada fator. Isto é, $x'_n(j) = \max_{i=1}^n [x_i(j)]$. 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 (10) e (11), respectivamente:

$$\Delta_{0n}(j) = [x'_0(j) - x'_i(j)] \quad (10)$$

$$\Delta = \begin{bmatrix} \Delta_{01}(1) & \Delta_{01}(2) & \dots & \Delta_{01}(m) \\ \Delta_{02}(1) & \Delta_{02}(2) & \dots & \Delta_{02}(m) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Delta_{0n}(1) & \Delta_{0n}(2) & \dots & \Delta_{0n}(m) \end{bmatrix} \quad (11)$$

e) calcular o coeficiente relacional *Grey* para cada um dos itens dos fatores conforme equação (12):

$$\gamma_{oi}(j) = \frac{\Delta_i(\min) + \rho \times \Delta_i(\max)}{\Delta_{oi}(j) + \rho \times \Delta_i(\max)} \quad (12)$$

Onde:

$$\begin{aligned} \Delta_i(\min) &= \min_{i=1}^n \min_{j=1}^m \Delta_{oi}(j) \\ \Delta_i(\max) &= \max_{i=1}^n \max_{j=1}^m \Delta_{oi}(j) \end{aligned}$$

ρ ($0 \leq \rho \leq 1$) é conhecido como coeficiente de distinção. Quando 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 $\sum_{j=1}^m \alpha = 1$.

$$\tau_{oi} = \sum_{j=1}^m [\alpha(j) \times \gamma_{oi}(j)] \quad (13)$$

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

Grau relacional de *Grey* (r_{oi}) indica a magnitude da correlação, ou similaridade, medida entre a comparação das seqüências (ou seja, cada fator da série), e a seqüência de referência equação (9). Portanto, o grau relacional de *Grey* calculado, das séries definidas a matriz X da equação (10), 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, no qual pretende-se priorizar as falhas mais prejudiciais ao *portfolio* de projetos, quando menor o grau de correlação, mais distante ele está da seqüência da série ideal, sinalizando que se deve atuar primeiro nestes eventos potenciais.

3 Metodologia da pesquisa

Esta pesquisa visa realizar um levantamento dos principais riscos envolvidos em projetos de desenvolvimento de *software* produto na Empresa Alpha (*proxy* para empresa analisada) 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* produto, 92%, conforme pesquisa PMI (2007), que gerenciam riscos utiliza-se de uma forma clássica para se avaliar riscos atualmente, que leva em consideração a probabilidade de um evento ocorrer multiplicado pelo seu impacto, conforme visto na equação (1). Esta multiplicação gera o fator de exposição ao risco e por consequência a lista de risco a ser priorizada.

Para realização deste trabalho pode-se observar no Quadro 4, de forma resumida a metodologia usada.

Quadro 4 – Metodologia utilizada neste trabalho

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.

No Quadro 4, 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 serem utilizados em pesquisas exploratórias, quanto descritivas ou explicativas.

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.

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, onde são armazenados todos os tipos de documentos. Os documentos de gerenciamento dos projetos de desenvolvimento de *software* produto também são armazenados nesta ferramenta.

Com base na avaliação da documentação existente, são identificados os riscos que estão definidos e detalhados nas planilhas de acompanhamento de riscos. Adicionalmente, todos os outros documentos do projeto são fontes de informação de problemas enfrentados (eventos de riscos não identificados) e avaliar quais foram as ações tomadas.

Em uma planilha eletrônica, serão levantados todos os riscos existentes nos projetos selecionados. Com base na matriz de probabilidade *versus* impacto citada no referencial teórico será feito o cálculo de exposição a riscos de cada evento e a devida ordenação dos riscos por ordem de importância (do maior para o menor). Estes mesmos riscos serão avaliados conforme definição da técnica FMEA, onde será calculado o *RPN* para cada risco e da mesma forma ordenados do maior para o menor risco. Ainda com o uso de planilha eletrônica para seguir os passos indicados por WU (2002). Ao final, pretende-se comparar a ordenação das três formas de priorizar riscos com a ordem em que os riscos tornaram-se um fato, sendo necessárias ações para de alguma forma eliminar o problema ou diminuir o impacto gerado.

4 Apresentação e análise dos resultados

A empresa Alpha foi fundada na década de 70 para atender as necessidades de *software* da região de Joinville. Logo se tornando 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.

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* produto também estão disponíveis nesta ferramenta, facilitando a comunicação e o uso das informações.

A organização possuía em seu *portfolio* de projetos de desenvolvimento no momento da pesquisa 261 projetos. 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 gerenciava projetos, mas sim que existiam outras formas de armazenamento da informação de projetos. Para efeitos dessa pesquisa, faz-se um corte em termos temporais.

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

a) possuir mais de 2.000 horas em desenvolvimento de software produto;

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 encontra-se na Tabela 1, 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 produto 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 1: 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

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, a organização usa a definição operacional abaixo:

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 ($P \times I$) que levam à classificação dos riscos como de prioridade baixa, moderada ou alta. Conforme indicado na Figura 1, onde o gerente de projeto e a organização avaliam quais ações irão tomar para cada nível de exposição encontrada no levantamento.

Para cálculo do *RPN* do FMEA, conforme (2), esta pesquisa fez a seguinte equalização das variáveis entre os dois métodos de priorização de riscos. A probabilidade, citada no método tradicional, no FMEA será a Ocorrência, esta probabilidade para que seja adequada a tabela de Ocorrência citada será multiplicada por 10, para tornar este variável conforme Quadro 2.

A variável Impacto foi estimada por meio do FMEA e no caso da variável Severidade foram mantidos os valores inicialmente levantados inicialmente. Para o cálculo do *RPN* é necessário uma terceira variável que é a Detecção. Esta variável refere-se a análise dos dados originais levantados buscando-se na descrição do gatilho dos riscos, ou seja, o quanto é fácil ou difícil ser detectado antecipadamente, alocando em uma faixa de 1 até 10. Cada risco terá as três variáveis formando uma matriz que necessária para a etapa seguinte.

A etapa do cálculo da teoria *Grey*, utiliza-se a matriz gerada na etapa do FMEA, onde tem-se as variáveis de Severidade, Impacto e Detecção, gerando a matriz (3). O critério de peso α neste trabalho leva em conta a necessidade de se priorizar a variável severidade ou impacto. Estes pesos podem ser observados no apêndice A.

Para esta pesquisa foi criado um instrumento de pesquisa onde seriam inseridos todos os dados e seus respectivos cálculos, conforme as equações apresentadas no referencial teórico. O quadro completo com todos os 28 riscos levantamentos e que são relevantes para esta pesquisa estão descritos no Apêndice A. Com base neste instrumento de pesquisa é que são apresentados os dados resultantes da comparação.

Observa-se que para a ordenação do GR - Grau de Relação da teoria *Grey*, quanto menor o número, mais o resultado estão se afastando da série padrão {1,1,1}. Representando assim um risco maior que deve ser tratado primeiro.

Os números de GR próximos de 1, são os mais próximos da série padrão não representando perigo imediato para análise. O uso de planilha eletrônica facilita o ajuste para projetos ou organizações que queiram priorizar outras variáveis como Detecção ou Ocorrência, o que não é permitido no método FMEA.

A Tabela 2 demonstra à análise comparativa dos métodos de priorização avaliados, mostra certa vantagem no acerto da priorização feita pelo método FMEA em relação a chamado método tradicional, 21% contra 25%. O uso da teoria *Grey*, representou 39% dos acertos na priorização dos riscos em relação ao que realmente aconteceu no *portfolio*. Mas, há de se destacar que em 32% dos eventos de riscos não houve acerto por nenhum dos métodos usados. Houve acertos comuns entre os métodos.

Tabela 2: Análise Comparativa dos Métodos de Priorização Avaliados

Método de Priorização	Número Acertos	% Acerto
Probabilidade <i>versus</i> Impacto	6	21%
FMEA	7	25%
Grau de Relação <i>Grey</i>	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 e resumida na Tabela 2, melhora em até 18% o acerto da priorização dos riscos e relação a priorização pelo método Probabilidade *versus* Impacto.

5. Considerações finais e recomendações

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. Melhorias nas ferramentas e na forma de priorizar e analisar riscos pode assegurar que o gerenciamento de riscos continuará a se desenvolver contribuindo para o sucesso dos projetos onde são efetivamente usados. Este trabalho se propôs a este fim.

O uso da teoria *Grey* aliada ao FMEA para fazer a priorização de riscos em projetos de desenvolvimento de software é novo e requer um uso mais intensivo. O estudo de caso apresentado foi um levantamento de dados ocorridos *ex-post fact*, analisando os riscos encontrados e refazendo

os cálculos de priorização. A aplicação deste método desde o início do gerenciamento do projeto pode contribuir para avaliar mais efetivamente os resultados encontrados.

Este estudo de caso mostrou que, usando o FMEA aliado a teoria *Grey* como ferramenta de priorização de riscos, obteve-se um ganho em termos de acerto na classificação dos riscos. O percentual de acerto 18% maior em relação ao modo chamado de tradicional na priorização de riscos de projetos de software produto é um avanço. As organizações precisam estar dispostas a inovar usando formas alternativas disponíveis para melhorar a sua assertividade no gerenciamento de riscos.

Como esta pesquisa foi realizada em uma única organização não há como fazer qualquer tipo de generalização em relação aos dados obtidos. Organizações têm graus de amadurecimento diferentes 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.

Este estudo pode ser aplicado a projetos de outras organizações de desenvolvimento de *software*. Estas organizações possuem níveis de amadurecimento diferentes e, portanto, resultados precisam levar em conta tal amadurecimento. Estes estudos podem validar ou não os resultados aqui obtidos.

Abstract

This article proposes an alternative way to prioritize risks in projects of software development product. One of the priority areas in project management is the risk management area. The fastest way to make a qualitative analysis according to Pritchard, PMI, Wideman, and Schuyler Chapman, Ward is the multiplication of the probability by the impact of risk events. The result is an ordered list, where the biggest numbers represent the highest risks. Currently the automotive industry uses the FMEA to analyze their designs enabling the assessment, analysis and prioritization of the causes of failures. Another analytical method to evaluate uncertainty factors is the Grey theory, which analyzes the relationship degree between variables and an established standard. This paper is a case study in an organization that develops software product. The risks were analyzed taking into account projects already executed and the sequence of events. It was used the traditional method of probability versus impact, the FMEA method and the relationship degree of Grey theory. The result showed that prioritization risk calculation using probability versus impact had 21% of accuracy, FMEA had 25% of accuracy and with the Grey theory had 39% of accuracy. Further studies are necessary to refine the comparisons between methods.

Key-words: risk management; FMEA; Grey theory.

Referências

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.



BOWLE, J. B.; BONNELL, R. D. Failure mode, effects, and criticality analysis (What It Is and How To Use It). Annual Reliability and Maintainability Symposium, 1998.

BOEHM, B. Software risk management: principles and practices. **IEEE Software**. v. 8, Jan. 1991, p. 32 – 41.



_____. Software engineering economics. In: BROY, M.; DENERT, E. (Org.) **Software pioneers: contributions to software engineering**. Berlin: Springer, 2002.

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.



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.

CLELAND, D. I.; IRELAND, L. R. **Gerência de projetos**. Rio de Janeiro: Reichmann & Affonso, 2002.

CRAWFORD, J. K. **The strategic project office: A Guide to Improving Organizational Performance**. New York: Marcel Dekker Inc, 2002.

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.

DUCLÓS, L. C. **Simulation cost model for the life-cycle of the software product: a quality assurance approach**. 1982. 251 f. Tese (Doutorado em Computer Applications in Industrial and Systems Engineering) USC - University of Southern California. Los Angeles. California. USA.

FORD MOTOR COMPANY. - **Potential failure mode and effects analysis (FMEA) Reference Manual**. 1988.

FRANCESCHINI, F.; GALETTO, M. 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.

GILCHRIST, W. Modeling failure modes and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 10, n. 5, 1993, p. 16-23.



HE, S. et al. 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, K. **Gerência de projetos: Guia para o exame oficial do PMI**. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2006.

KEMA. **International standard for ISO 13488**, KEMA Co. 1996.

KERZNER, H. **Gestão de projetos: as melhores práticas**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2005.

Mercado Brasileiro de Software. **Panorama e tendências**. Disponível em: <<http://www.abes.org.br/arquivos/MercadoBR-2009-ResumoExec.pdf>>. Acesso em: Abr. 2009.

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.

PALADY, P. **FMEA Análise dos Modos de Falha e Efeitos**. 3. ed. São Paulo: IMAM, 2004.

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.
- PORTER, M. E. **Competição: estratégias competitivas essenciais**. 13. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1999.
- PRAHALAD, C. K. A Competência essencial. **HSM Management**. p.6-11, Mar-Abr., 1997.
- 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.
- PRITCHARD, C. L. **Risk management, concepts and guidance**. 3. ed., Virginia, ESI International, 2005.
- PUENTE, J. et al. A decision support system for applying failure mode and effects analysis. **International Journal of Quality & Reliability Management**. v. 19, n 2, 2002, p. 137-150.
- 
- SCHUYLER, J. **Risk and decision analysis in projects**. Project Management Institute, 2ª ed. 2001.
- THE STANDISH GROUP. **Chaos report. 2004**. Disponível em: <<http://www.standishgroup.com>>. Acesso em: 02 ago. 2008.
- 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.
- VICENTINO, C. **História geral**. São Paulo: Scipione, 1997.
- 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.
- 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.
- WIDEMAN, R. M. **Project and program risk management: a guide to managing project risks and opportunities**. Upper Darby (USA): Project Management Institute, 1992.
- 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.

APÊNDICE A – LEVANTAMENTO DE RISCOS – DADOS COMPLETOS – ORGANIZADOS PELO METODO FMEA (GR)

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices P x I			Índices FMEA					Teoria Grey Aplicada						# GR	Acum- tecimentos de Risco	Ordem Real		
				Probabi- lidade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I	Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN	# FMEA	Passo 3			Passo 4					Grau de Relação (GR)	
													Ocorrência	Severidade	Detecção	Ocorrência	Severidade					Detecção
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	0,50	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	Baixa produtividade, atrasos nas entregas, troca de recursos da	As tarefas são executadas na sua maioria acima da estimativa atual,	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	Uso de ferramentas muito novas do mercado que contenham limitações	Equipe parada problemas na ferramenta e demora no suporte	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	Muitas tarefas pendentes, perda de controle das entregas, conflitos	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	Perda de credibilidade e poder do gerente de projetos perante ao envolvidos no projeto - conflitos e	A equipe do projeto não aceita o gerenciamento do projeto pelo gerente. Há divergências quanto	0,55	7	3,85	8	6	7	8	336	3	5	6	7	0,556	0,500	0,455	0,502	5	5	
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	10	
3	Instabilidade do ambiente de desenvolvimento	Baixa produtividade, atrasos nas entregas e conflito com equipes de	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,	Avaliação das entregas, comunicação com equipe,	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	Saída de pessoal alocado ao projeto para trabalhar em outros	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	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	13	
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	Parada de equipamentos mais do que o planejado. Necessidade de	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	Avaliar se há mudanças das gerencias na organização, bem	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	Dificuldade em desenvolver processos básicos e elementares	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	9	
14	Conflitos com objetivos de outros projetos em andamento	A perda de recursos, humanos e financeiros faz com que as entregas	Retirada ou substituição de recursos importantes do projeto,	0,55	5	2,75	18	6	5	7	210	12	5	4	6	0,556	0,625	0,500	0,586	16	16	
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	

Continua na próxima página...

ID	Evento de risco	Descrição impacto	Gatilhos	Índices P x I			Índices FMEA					Teoria Grey Aplicada						# GR	Acor- tecimentos de Risco	Ordem Real		
				Probabi- lidade	Impacto	Exposição a Riscos	# P x I	Ocorrência	Severidade	Detecção	RPN	# FMEA	Passo 3			Passo 4					Grau de Relação (GR)	
													Ocorrência	Severidade	Detecção	Ocorrência	Severidade					Detecção
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	Desmotivação da equipe por não atender os prazos e esforço planejados já desde o início do	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,	Atrasos no projeto não são penalizados. Não há interesse do patrocinador em reuniões do	0,32	5	1,60	24	4	5	8	160	19	3	4	7	0,714	0,625	0,455	0,609	19	19	
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-	O projeto pode ter como premissa o uso de ferramentas de desenvolvimento, mas no momento do uso destas ferramentas as mesmas não	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.	Muitas mudanças no projeto. Reclamações sobre definições	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	Infecção de virus em alguma equipamento individual que pode	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 consequências para equipes ou o projeto. Falta de interesse no cumprimento de prazo	Alta administração apática 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	A equipe do projeto não sabe o que fazer em determinado ponto do projeto (inspeções) ou foram	0,60	3	1,80	22	6	3	8	144	20	5	2	7	0,556	0,833	0,455	0,702	24	17	
24	Baixa produtividade da equipe por conflitos internos (egos)	Produtividade baixa, atrasos nas entregas, conflitos internos entre a equipe. Não aceitação de soluções	Conflitos entre os integrantes da equipe, baixa produtividade, poucas idéias para solução dos	0,30	5	1,50	25	3	5	3	45	26	2	4	2	0,833	0,625	0,833	0,708	25	27	
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.	0,70	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	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	2	3	4	24	27	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.	Saida de pessoal alocado ao projeto. Troca de pessoas no projeto causando problemas com conhecimento sobre o andamento	0,40	3	1,20	26	4	3	2	24	28	3	2	1	0,714	0,833	1,000	0,843	28	26	
Exposição total						90,84																
												β=	5	Min	1							
												α=	0,5	Max	8							
												Serie Padrão	1	1	1							
												α= Pesos	0,2	0,6	0,2							
													Oc	Sv	Det							

1,0

Dados dos autores:

Nome completo: **Wesley Vieira da Silva**

Filiação institucional: Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Departamento: Administração de Empresas

Função ou cargo ocupado: Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração da PUCPR.

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP):

Telefones para contato: (41) 3271-1476 ou (41) 3271-1634

e-mail: wesley.vieira@pucpr.br

Nome completo: **Jansen Maia Del Corso**

Filiação institucional: Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Departamento: Administração de Empresas

Função ou cargo ocupado: Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração da PUCPR.

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP):

Telefones para contato: (41) 3271-1476 ou (41) 3271-1634

e-mail: del.corso@pucpr.br

Nome completo: **Roberto Carlos Bonanomi**

Filiação institucional: Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Departamento: Administração de Empresas

Função ou cargo ocupado: Professor do Programa de Pós-Graduação Lato Sensu em Gerenciamento de Projetos da PUCPR.

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP):

Telefones para contato: (41) 3271-1476 ou (41) 3271-1634

e-mail: roberto.bonanomi@totvs.com.br

Nome completo: **Luiz Carlos Duclós**

Filiação institucional: Pontifícia Universidade Católica do Paraná

Departamento: Administração de Empresas

Função ou cargo ocupado: Professor do Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Administração da PUCPR.

Endereço completo para correspondência (bairro, cidade, estado, país e CEP): Rua Imaculada Conceição, 1155, Bloco Acadêmico, Mestrado/Doutorado em Administração, Curitiba-PR.

Telefones para contato: (41) 3271-1476 ou (41) 3271-1634

e-mail: luiz.duclos@pucpr.br

Recebido para publicação em: 25/09/2010

Aceito para publicação em: 28/11/2010