

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RISCOS EM
PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS**

JANAÍNA BROCA KIEWER

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Paulista - UNIP, para obtenção do
Título de Mestre.

SÃO PAULO
2008

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO QUALITATIVA DE RISCOS EM
PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS**

JANAÍNA BROCA KLIEWER

Orientação: Prof. Dr. Antônio Roberto Pereira
Leite de Albuquerque.

Área de Concentração: Modelos e Ferramentas
para Gestão da Informação.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós
Graduação em Engenharia de Produção da
Universidade Paulista - UNIP, para obtenção do
Título de Mestre.

SÃO PAULO
2008

Kliewer, Janaina Broca

Avaliação qualitativa de riscos em projetos de novos produtos industriais./ Janaina Broca Kliewer. – São Paulo, 2008.

129 f.:il.

Dissertação (mestrado) - Apresentada ao Instituto de Ciências exatas e tecnológicas da Universidade Paulista, São Paulo, 2008.

Área de Concentração: Modelos e Ferramentas para Gestão da Informação.

“Orientação: Profº Drº Antônio Roberto Pereira Leite de Albuquerque”

“Co-orientação: Profº Drº José Benedito Sacomano”

1. Análise de riscos. 2. Gerenciamento de riscos. 3. Falhas de novos produtos. 4. Lógica paraconsistente. 5. Avaliação de criticidade I. Título.

DEDICATÓRIA

Ao meu companheiro amado Marcus Kliewer
pela compreensão, apoio e incentivo para seguir
em frente com esse desafio.

Aos meus queridos pais pelo incansável incentivo
em meus estudos.

Ao Mestre Antônio Albuquerque pela confiança
em mim depositada para desenvolvimento desse
trabalho.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente à Deus por me proporcionar mais essa oportunidade de realização pessoal e colocar em meu caminho amigos tão especiais que me apoiaram muito durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Antônio Roberto Pereira Leite de Albuquerque, pelas diretrizes, orientações e incentivo para a conclusão desta dissertação.

Ao Prof. Dr. Ivan Pérsio de Arruda Campos pelas sábias contribuições em etapas extremamente importantes deste trabalho.

Aos meus companheiros e colegas de trabalho, Adriano Gilio, Carlos Gomes, Ronaldo Ramalho, Mário Gil, Fabiano Abrahão, Marcos Faim, Marcos Coitinho, Sérgio Uechi, Maurício Alexandre Silva, Carlos Fredrigo, Glauco Menotti, Hermann Windisch, Rogério Ribeiro, Walter Gil, Walter Biazeti, Natanael Nardelli, e tantos outros aqui não mencionados, pela pró-atividade em contribuir diretamente com seus conhecimentos na pesquisa realizada.

Ao meu tutor Sílvio Luis Paschoal, que desde o início me incentivou muito e nunca colocou quaisquer obstáculos no processo, liberando-me do trabalho um dia durante a semana permitindo-me cumprir os créditos obrigatórios.

Aos amigos, Luiz Gonzaga Delfino Júnior, Ana Paula Teixeira e Ângela Neis pela constante preocupação em me ajudar no que fosse preciso e estivesse ao alcance deles.

À amiga Nadine Heintz, que mesmo depois de ter retornado à Alemanha, mantinha sempre seus “dedinhos cruzados” por mim.

Aos meus pais Maria Hilda Broca da Silva e Dercy Pedro da Silva pela compreensão e carinho, principalmente, nos momentos em que não pude estar com eles.

Ao meu irmão Rodrigo Broca da Silva, que mesmo com sua jovialidade, reconheceu carinhosamente minha dedicação aos estudos.

E um agradecimento muito especial ao meu marido Marcus Kliewer, pelas idéias, críticas, sugestões e opiniões em todos os momentos, mesmo nos momentos mais difíceis. Por sua compreensão e ajuda constantes. Pelas inúmeras longas noites e finais de semana que passamos em frente ao computador discutindo novos rumos para o trabalho, aceitos sempre por ele com muito amor e dedicação.

RESUMO

Kliewer, J. B. Avaliação Qualitativa de Riscos em Projetos de Novos Produtos Industriais. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, 2008.

Palavras-chave: avaliação de riscos, gerenciamento de riscos, desenvolvimento de novos produtos, análise de riscos de produto.

O presente estudo propõe um método, baseado na opinião de especialistas, para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais dos componentes críticos de novos projetos de produtos e apresenta um estudo de caso do produto caminhão, como exemplo de aplicação. Foi feita a avaliação de 57 componentes críticos e seus 107 respectivos modos de falhas potenciais em um projeto específico. Através da quantificação da criticidade dos seus modos de falhas potenciais é possível subsidiar o processo de tomada de decisão ao longo do desenvolvimento de novos produtos buscando tratar ou reagir aos riscos e incertezas do projeto. A Lógica Paraconsistente é associada à técnica de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) visando tratar as opiniões inconsistentes e incertas dos especialistas e mitigar a subjetividade da FMEA. Esta mescla de uma teoria (LPA) e uma técnica (FMEA) permite sugerir um número indicador do risco, que representa a importância de cada modo de falha na percepção do consumidor. Com isso, é possível direcionar a definição de planos de ação e contribuir para o sucesso do produto.

ABSTRACT

Kliewer, J. B. Qualitative Risks Evaluation of New Products Projects. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Paulista, 2008.

Key-Words: risks evaluation, risks management, development of new products, product risks analysis.

The present study proposes a method based on specialists opinion to evaluate the risks associated to the potential failures of the critical components of new products projects and presents a case study of the product truck as an application example carried through the evaluation of 57 critical components and its 107 respective potential failure modes of a specific project. Through the quantification of the potential critical failure modes it is possible to subsidize the decision process during the new products development process to treat or to react the project risks and uncertainness. The Paraconsistent Logic (PL) associated with the Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) has aimed to deal with the inconsistence and uncertain in specialists opinions and to mitigate the FMEA subjectivity. This mix of a theory (PL) and one technique (FMEA) allows to suggest an indicative risk index which represents each failure mode importance considering the customer perception. For this reason it is possible to manage the action plans definition and to contribute for the success of the product.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AIAG – *Automotive Industry Action Group*

FMEA – Análise dos Modos de Falha e Efeitos

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Industrial

ISO – *International Organization for Standardization*

LPA – Lógica Paraconsistente Anotada

NASA – *National Aeronautics and Space Administration*

OICA – *Organisation Internationale des Constructeurs d'Automobiles*

PDP – Processo de Desenvolvimento de Produto

PIB – Produto Interno Bruto

PL – *Paraconsistent Logic*

PMBOK – *Project Management Body of Knowledge*

PMI – *Project Management Institute*

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

QUPC – Quadro Unitário do Plano Cartesiano

WIPO – *World Intellectual Property Organization*

Lista de Figuras

Figura 1 – Três Dimensões dos Sistemas: Complexidade, Incerteza e Credibilidade (KLIR, 1995).....	27
Figura 2 – Cubo da incerteza (SABBAG, 1999).....	30
Figura 3 – Em função da complexidade e incerteza, há quatro categorias de projetos (MAXIMIANO, 2002)	30
Figura 4 – Integração das Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto.....	37
Figura 5 – Integração Interfuncional	38
Figura 6 – Integração e Sincronização do PDP	40
Figura 7 – Fatores de sucesso no desenvolvimento de novos produtos (BAXTER, 2003).....	43
Figura 8 – Formulário FMEA.....	71
Figura 9 – Quadro Unitário Plano Cartesiano (QUPC) – Estados Lógicos Extremos (CARVALHO, 2006)	78
Figura 10 – Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC) – Pontos de fronteira com estados lógicos extremos	79
Figura 11 – Escala com índices para classificação da Criticidade	98

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Panorama das Inovações Tecnológicas de produto	22
Tabela 2 – Fases do PDP – Conceito de diversos autores	35
Tabela 3 – Modelos de Gerenciamento de Riscos.....	60
Tabela 4 – Componentes potencialmente críticos do projeto selecionado.....	94
Tabela 5 – Componentes x Modos de Falha Potenciais	96
Tabela 6 – Critérios correlacionados com os índices para classificação da Criticidade	98
Tabela 7 – Questionário para avaliação de criticidade.....	99
Tabela 8 – Questionário para avaliação de criticidade.....	99
Tabela 9 – Índices resultantes de criticidade condizentes com os parâmetros estratégicos pré- definidos	100
Tabela 10 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Conservadora	101
Tabela 11 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Intermediária	102
Tabela 12 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Otimista	102
Tabela 13 – Avaliação Conservadora - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade	103
Tabela 14 – Avaliação Intermediária - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade	103
Tabela 15 – Avaliação Otimista - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade	104
Tabela 16 – Parâmetro Estratégico Conservador - Maior índice de criticidade entre cR e cR1	104
Tabela 17 – Parâmetro Estratégico Intermediário - Maior índice de criticidade entre cR e cR1	105
Tabela 18 – Parâmetro Estratégico Otimista - Maior índice de criticidade entre cR e cR1 ...	105
Tabela 19 – Parâmetro Estratégico Conservador – Alocação do grau de criticidade na escala adotada.....	106
Tabela 20 – Parâmetro Estratégico Intermediário – Alocação do grau de criticidade na escala adotada.....	106
Tabela 21 – Parâmetro Estratégico Otimista – Alocação do grau de criticidade na escala adotada.....	107
Tabela 22 – Quantidade de Modos de Falha avaliados x Convergência das Opiniões dos Especialistas considerando os três parâmetros estratégicos	108
Tabela 23 – Quantidade de Modos de Falha avaliados (<i>Coerentes</i>) x Índices de Criticidade	109
Tabela 24 – Índices de criticidade adotados pela empresa em estudo.....	111
Tabela 25 – Parâmetro Estratégico Conservador – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo	112
Tabela 26 – Parâmetro Estratégico Intermediário – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo	112
Tabela 27 – Parâmetro Estratégico Otimista – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo	113
Tabela 28 – Resultados da Comparação Método Proposto com outro Método	113

Lista de Diagramas

Diagrama 1 – Estrutura do Trabalho	23
Diagrama 2 – Escopo do método para avaliação de riscos.....	87

Lista de Gráficos

Gráfico 1– Risco em função da complexidade do sistema (HIGUERA e HAIMES, 1996)....29

Sumário

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	15
1.2. APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA.....	16
1.3. JUSTIFICATIVA DA PESQUISA	18
1.4. OBJETIVOS DA PESQUISA.....	18
1.5. MOTIVAÇÃO.....	20
1.6. ESTRUTURA DO TRABALHO.....	22
CAPÍTULO 2. O DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS E SUAS CARACTERÍSTICAS 24	
2.1. PROJETO DE PRODUTO	25
2.1.1. Conceitos	25
2.1.2. Características dos projetos.....	27
2.2. PROCESSO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS (PDP)	32
2.2.2. Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e a ..	32
2.2.2. Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e a ..	34
2.3. O PORQUÊ DE DESENVOLVER NOVOS PRODUTOS	45
2.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	46
CAPÍTULO 3. GERENCIAMENTO DE RISCOS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E SUA ORIGEM NA INOVAÇÃO.....	48
3.1. RISCO E SUAS DEFINIÇÕES	48
3.2. RISCO EM PROJETOS DE PRODUTO	51
3.3. GERENCIAMENTO DE RISCOS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E SUAS CARACTERÍSTICAS	53
3.4. CONTEXTO ATUAL DA ADOÇÃO DO GERENCIAMENTO DE RISCOS PELAS EMPRESAS	55
3.5. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	57
CAPÍTULO 4. AVALIAÇÃO DE RISCOS NO DESENVOLVIMENTO DE NOVOS PRODUTOS 59	
4.1. PROCESSOS DO GERENCIAMENTO DE RISCOS EM DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO E AÇÕES PARA GERENCIÁ-LOS	60
4.2. FALHAS DE NOVOS PRODUTOS E SEU GERENCIAMENTO COM A AVALIAÇÃO DE RISCOS.....	64
4.2.1. Falhas de novos produtos x Custos da Qualidade: justificativa para a necessidade de se avaliar riscos.....	65
4.2.2. Ferramenta para identificação de falhas de produto – FMEA de produto	
4.2.2. Ferramenta para identificação de falhas de produto – FMEA de produto	69
4.3. CONVERGÊNCIA DE OPINIÕES DE ESPECIALISTAS ACERCA DO RISCO ASSOCIADO ÀS FALHAS DE NOVOS PRODUTOS.....	74
4.3.1. Lógica Paraconsistente Anotada (LPA)	75
4.4. CONCLUSÃO DO CAPÍTULO	82
CAPÍTULO 5. PROPOSTA DE MODELO PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS DE NOVOS PRODUTOS 84	
5.1. CONTEXTUALIZAÇÃO.....	84
5.2. MÉTODO PROPOSTO PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS ASSOCIADOS ÀS FALHAS POTENCIAIS DE NOVOS PRODUTOS	85
CAPÍTULO 6. APLICAÇÃO DO MODELO	93

CAPÍTULO 7. APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS.....	108
CAPÍTULO 8. COMPARAÇÃO COM OUTRA METODOLOGIA PARA AVALIAÇÃO DE RISCOS, COM BASE NA CRITICIDADE DOS MODOS DE FALHA POTENCIAIS	110
CAPÍTULO 9. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	114
BIBLIOGRAFIA.....	119
APÊNDICE.....	129

CAPÍTULO 1. Introdução

1.1. Considerações iniciais

Competir é preciso e, portanto, é uma realidade que não se pode ignorar. Assim, todas as organizações buscam diferenciar-se de seus concorrentes para conquistar e manter clientes. Só que isto está se tornando cada vez mais difícil, pois o ambiente dos negócios, tanto nacional como internacional, está cada vez mais turbulento e imprevisível, obrigando as organizações a serem flexíveis e ágeis no aproveitamento das oportunidades e na defesa em relação às ameaças que despontam continuamente. O aumento da arena competitiva, representado pelas possibilidades de consumo e produção globalizadas, entre outros, impulsionam a necessidade de lançamentos mais freqüentes de novos produtos, os quais, em geral, terão ciclos de vida curtos. Além disso a mudança no perfil dos clientes, cada vez mais bem informados e exigentes, forçam as empresas a serem criativas, ágeis e flexíveis, mas também a aumentar a sua qualidade e confiabilidade. A manutenção da competitividade de qualquer empresa industrial no longo prazo depende basicamente do sucesso de sua capacidade de desenvolvimento de novos produtos. Isso traz consigo a possibilidade de ampliação na participação de mercado, novos lucros, crescimento, etc (KAMINSKI, 2000).

Parece evidente que considerando essa realidade um dos fatores diferenciais das empresas para competir é acelerar ao máximo o processo de inovação e, dessa forma, aumentar as chances de surpreender clientes, cada vez mais exigentes, através da oferta de novos produtos. Desse modo, desde o início dos anos 2000 vêm-se generalizar estratégias de inovação intensas e isso em numerosos setores, incluindo aí ambientes maduros, como os setores automotivo e aeronáutico. Para tanto, um grande número de opções de projeto de produtos precisa ser pensada continuamente, de modo que as melhores alternativas comerciais sejam selecionadas e colocadas nas mãos de equipes de projetos, visando realizar o necessário esforço de desenvolvimento. Temos aí a formação de um processo de desenvolvimento de produto permeado por inúmeros fatores de risco. Neste contexto, a adoção de processos de gerenciamento de riscos e métodos para minimizá-los tornam-se relevantes e fundamentais para o sucesso dos novos produtos já que, com o aumento do porte e da complexidade dos projetos, é necessário empregar novas ferramentas administrativas para garantir sua

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

qualidade, tendo em vista que a falha de um grande projeto pode provocar consequências que vão muito além do fato em si.

O objetivo deste estudo é descrever e validar um método para gerenciamento qualitativo dos riscos associados ao projeto de novos produtos, mais especificamente ao risco associado à ocorrência de falhas potenciais desses novos produtos, tendo como variável principal a criticidade associada às falhas potenciais.

1.2. Apresentação do Problema

Empresas adotam como estratégia o lançamento de novos produtos em busca de sua sobrevivência e seu sucesso. Segundo Gruenwald (1993) novos produtos são a chave para o crescimento das vendas de uma empresa.

De acordo com uma pesquisa da Booz, Allen & Hamilton (2007): “Apenas nos próximos três anos, cerca de 75% do crescimento no volume de vendas do país deve vir de novos produtos, incluindo novas marcas”. Esse estudo baseou-se na análise das 1.000 empresas de capital aberto que mais gastaram com P&D no ano de 2005, e traz à tona alguns fatos importantes sobre o tema inovação.

Em outras palavras, se incluirmos nessa análise de pequenas inovações a grandes quais, de acordo com Clark & Wheelwright (1992) têm se tornado o principal foco de competição.

Anualmente, segundo Kotler (2000), mais de 16 mil novos produtos são disponibilizados no mercado em geral. Porém, menos de 10% de todos os novos produtos são realmente inovadores e novos. Esses produtos envolvem um maior custo e risco, uma vez que são novos tanto para a empresa quanto para o mercado.

Sendo assim, a manutenção da competitividade de qualquer empresa industrial no longo prazo depende basicamente do sucesso de sua capacidade de desenvolvimento de novos produtos (KAMINSKI, 2000). Nesse contexto, o processo de desenvolvimento de novos produtos corresponde a uma série de atividades organizadas com o objetivo de transformar um conceito de produto em um produto acabado tangível que começa com a percepção de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

uma oportunidade de mercado e termina com a produção, venda e entrega do produto (ULRICH & EPPINGER, 2000).

A partir do século XX, iniciou-se a sistematização da concepção de produtos, com o surgimento de metodologias de projeto de produtos. Elas propiciam que o produto cumpra sua função da melhor forma possível (boa funcionalidade) e tenham custos e tempo de produção reduzidos. Porém, muitos produtos, mesmo os mais eficientes, expõem os usuários a riscos. Dessa forma é inevitável reconhecer que todos os novos produtos carregam algum risco, o qual pode levá-los à um fracasso comercial.

Dentre os diversos fatores de risco responsáveis pelo fracasso de um novo produto, serão focados nesse estudo com maior profundidade, as falhas ocorridas nos componentes do produto. Como, para um dado produto, há sempre um número finito de modos de falha que podem ter consequências drásticas para o consumidor, torna-se inevitável o emprego de métodos para a avaliação dos riscos associados a esses produtos. Isso porque, a falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, insatisfação ao consumidor. Os consumidores esperam que os produtos adquiridos funcionem como anunciados pelo fabricante. Falhas resultam na insatisfação dos consumidores e elevação de custos com modificações de projeto, processos de fabricação e subsequente aumento do custo de garantia, redução das vendas, danos à imagem corporativa, além dos custos adicionais de um *recall* para corrigi-las (HUSSAIN, 2003; PRIEST & SÁNCHEZ, 2001; LEECH, 1995). Além disso, cada vez mais são lançados produtos em que determinados modos de falhas podem gerar consequências drásticas para o consumidor.

Portanto, antecipar ou evitar uma provável falha é vital para o desenvolvimento de novos produtos (...) Assim, métodos para detecção e avaliação das falhas se tornam cada vez mais importantes e indispensáveis para gerenciamento dos riscos potenciais de novos produtos.

1.3. Justificativa da pesquisa

Apesar das definições de fatores de risco de um novo produto parecerem claras e concisas, a identificação e avaliação consistentes das falhas de componentes críticos do produto, ainda não se mostram maduras.

A necessidade de uma rápida identificação das falhas que ocorrem nos componentes de um dado produto vem aumentando constantemente, uma vez que o conhecimento das falhas existentes possibilita uma tomada de decisão rápida, ganhando-se em produtividade e redução de custos de manutenção. Esta rápida decisão só pode ser tomada com uma correta identificação da falha e esta só faz sentido se for, depois, corretamente avaliada. Com isso, podem ser formuladas algumas justificativas para desenvolvimento do presente trabalho, no sentido de evidenciar e apresentar alternativas de solução para o problema em questão.

A primeira delas é a de que a identificação das falhas potenciais dos componentes críticos de novos produtos contribuirá de forma significativa para a manutenabilidade da alta qualidade nas atividades técnicas ligadas ao desenvolvimento de novos produtos, buscando com isso antecipar e controlar as possíveis falhas futuras do produto. Antecipar uma provável falha é vital para o desenvolvimento de novos produtos.

A segunda, no que se refere à avaliação dos riscos associados às falhas potenciais, contribuirá para uma análise detalhada e individual de cada modo de falha potencial por parte dos gestores, possibilitando uma visão mais clara da importância de cada modo de falha, considerando sua criticidade, bem como, a definição de ações mais adequadas para minimizar os riscos associados ao componente e consequentemente, ao produto. Uma vez que risco é uma característica comum para todos os projetos, devido às peculiaridades associadas a eles e ao ambiente em que são executados, a avaliação de riscos de projetos torna-se necessária e incontestável, pois embora os riscos nunca possam ser eliminados completamente, muitos podem ser antecipados e controlados pró – ativamente.

1.4. Objetivos da pesquisa

O objetivo principal desse estudo é apresentar um método para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais dos componentes críticos de projetos de novos produtos e sua

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

aplicação para o produto caminhão, através da avaliação da criticidade dos seus modos de falhas potenciais, que subsidie o processo de tomada de decisão ao longo do desenvolvimento de novos produtos. Toda decisão é um julgamento que envolve risco e é através de bases sólidas de informação que se têm subsídios para tomar as decisões de como tratar ou reagir aos riscos e incertezas do projeto. Os índices resultantes de criticidade, avaliados por um grupo heterogêneo e multifuncional de especialistas, constituem a base de dados utilizada para operacionalização do método proposto.

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho delinearam-se os seguintes objetivos específicos:

- justificar a importância do processo de desenvolvimento de novos produtos (pg.32);
- apresentar a importância de se ter um processo de desenvolvimento de produto, cujas equipes multifuncionais de trabalho, destacando com isso a geração de sinergia no processo e obtenção de vantagens competitivas de novos produtos, bem como, minimização de riscos (pg.34);
- propor um modelo para integração e sincronização do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP), considerando as fases do PDP, estrutura interfuncional e equipes multifuncionais de trabalho (pg.39);
- demonstrar a importância de se propor um método para avaliação dos riscos que possa ser utilizado por qualquer empresa que desenvolva projetos e tenha preocupação em minimizar seus riscos potenciais (pg.53);
- definir, esclarecer e consolidar os conceitos fundamentais para a abordagem da avaliação de riscos de novos produtos, parte integrante do processo de gerenciamento de riscos (pg.59);
- conceituar as falhas potenciais de um novo produto, inserindo-nas no contexto da avaliação de riscos, justificando sua relevância por meio dos custos da qualidade (pg.64);
- propor um método para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais de novos produtos e para determinação da consistência da avaliação dos riscos associados às falhas potenciais, com base na convergência / concordância das opiniões expressas pelos grupos heterogêneos e multifuncionais de especialistas (pg.84);

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- inserir no contexto da avaliação de risco o direcionamento estratégico da empresa o qual representa o comportamento corporativo perante decisões estratégicas que envolvam riscos (pg.89);
- realizar uma pesquisa exploratória com especialistas cuja finalidade é avaliar a criticidade de cada modo de falha, não somente por um único especialista, mas por vários especialistas, bem como posterior ponderação das diferentes opiniões resultantes, o que conduz a uma maior objetividade na determinação dos impactos para o cliente em caso de ocorrência das falhas potenciais (pg.93);
- integrar no desenvolvimento do método ferramentas para análise e compilação da base de dados obtida por meio da pesquisa com especialistas (pgs. 69 e 75);
- comparar os resultados obtidos com a aplicação do método com os existentes atualmente na empresa em estudo (pg.110);

1.5. Motivação

Segundo estudos da OICA realizados em 2005 constata-se que a indústria automobilística é uma grande inovadora, investindo anualmente no mundo todo mais de 85 bilhões de dólares em pesquisa, desenvolvimento e produção. A cada ano, cerca de 60 milhões de veículos são produzidos no mundo, empregando cerca de 9 milhões de trabalhadores na produção direta dos veículos e cerca de 45 milhões de trabalhadores na produção e prestação de serviços indiretos (OICA, 2006).

Especificamente no Brasil, de acordo com estatísticas do ano de 2006, com um total de 39 fábricas, a indústria automobilística representa 14,5% do PIB industrial, gerando 93 mil empregos diretos e com capacidade de produção de 3,2 milhões de veículos por ano. A produção de caminhões representa cerca de 4% da produção total (ANFAVEA, 2006) - resultados significativos para um país de industrialização recente.

Tendo essa realidade como alavanca, a motivação de se estudar os riscos associados aos projetos de novos produtos do setor automotivo prende-se não somente ao peso econômico das indústrias automobilísticas, mas também a sua grande força difusora dentro do processo de inovação, pois este é um setor que recebe e transmite inovações tecnológicas e organizacionais em relação aos demais setores industriais.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

O desenvolvimento de novos produtos, sejam eles automotivos ou de qualquer outro segmento, é complexo, envolvendo diversas etapas que devem ser planejadas, implementadas e controladas de forma a minimizar os riscos de insucesso e, portanto, conforme Baxter (2003), deve ser baseado em informações consistentes e objetivos claramente definidos, os quais envolvem diversos interesses e habilidades, pois trata-se de um segmento promissor.

Uma inovação de produto é a introdução de um bem ou serviço novo ou significativamente melhorado no que concerne a suas características ou usos previstos. Incluem-se melhoramentos significativos em especificações técnicas, componentes e materiais, softwares incorporados, facilidade de uso ou outras características funcionais. Novos produtos são bens ou serviços que diferem significativamente em suas características ou usos previstos dos produtos previamente produzidos pela empresa (MANUAL DE OSLO, 1997).

Uma quantidade crescente de indicadores descreve o processo de inovação e logram captar aspectos relevantes do mesmo. Segundo Furtado e Queiroz (2000) o indicador mais comum de inovação tecnológica é a patente de invenção, seja o seu depósito, seja o seu registro, que ocorre vários anos depois. A patente mede, efetivamente, a invenção tecnológica.

Segundo relatório divulgado em 2007 pela *World Intellectual Property Organization* (WIPO) sobre patentes da organização houve um aumento médio de 4,7% ao ano no número de depósitos de patentes feitos em todo o mundo e o número de patentes concedidas somente naquele ano, em todo o mundo, aumentou em 3,6% se comparado com dados de 2004. O relatório analisa dados coletados em 2005.

A WIPO também considerou que o sistema de patentes tem crescido "notavelmente" nos últimos anos. Segundo a organização, mesmo a maior parte das patentes sendo depositadas pelos Estados Unidos e Japão (49% das 5,6 milhões em vigor) os novos dados mostram que os países industriais ou em desenvolvimento estão utilizando cada vez mais o sistema de patentes. "É um indicador que manifesta o nível de inventividade e de inovação do mundo que tem resultado no domínio daqueles que desenvolvem mais tecnologia", disse Kamil Idris, diretor geral da WIPO (WIPO, 2007).

Segundo o relatório, o Brasil está entre os 20 escritórios que mais concedem patentes no mundo, em 12º lugar. O Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) é o escritório que cuida da concessão de patentes no país. Segundo o INPI, em 2004 foram 18.847 pedidos dessa natureza, enquanto em 2005 houve uma pequena queda, para 18.258.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Furtado e Queiroz (2000) defendem que o mais importante indicador, derivado das pesquisas de inovação apoiadas no Manual de Oslo, é o da taxa de inovação. Esse indicador mede o número relativo de empresas que introduziram pelo menos uma inovação tecnológica em um determinado período, em geral de três anos, sobre o conjunto total de empresas. A Tabela a seguir mostra que as inovações tecnológicas de produto, de quase 30% das empresas inovadoras, representaram mais de 40% de suas vendas no mercado interno.

Tabela 1 – Panorama das Inovações Tecnológicas de produto

Participação das empresas inovadoras no total de empresas industriais (% do total)			
Tipo de inovação	Empresas inovadoras	Empresas inovadoras para o mercado nacional	Empresas responsáveis pela inovação só ou em cooperação
Produto	17,6	4,1	13,9
Processo	25,2	2,7	3,9
Impacto da inovação de produto nas vendas das indústrias inovadoras no mercado interno (2000)			
	Até 10% das vendas internas totais	De 10 a 40% das vendas totais internas	Mais de 40% das vendas totais internas
% das empresas que implementaram inovação de produto	21,2	48,9	29,9

Fonte: Pintec, 2000

Independente do indicador considerado, vale afirmar que o processo de inovação tem sido foco das estratégicas de desenvolvimento das empresas. Tendo essa realidade como pano de fundo, acredita-se que o método proposto, estruturado e validado, possa contribuir para o gerenciamento dos riscos associados aos projetos de novos produtos, durante seu processo de desenvolvimento.

1.6. Estrutura do Trabalho

O trabalho compõe-se de 09 capítulos, conforme descrito no diagrama a seguir:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIALIS

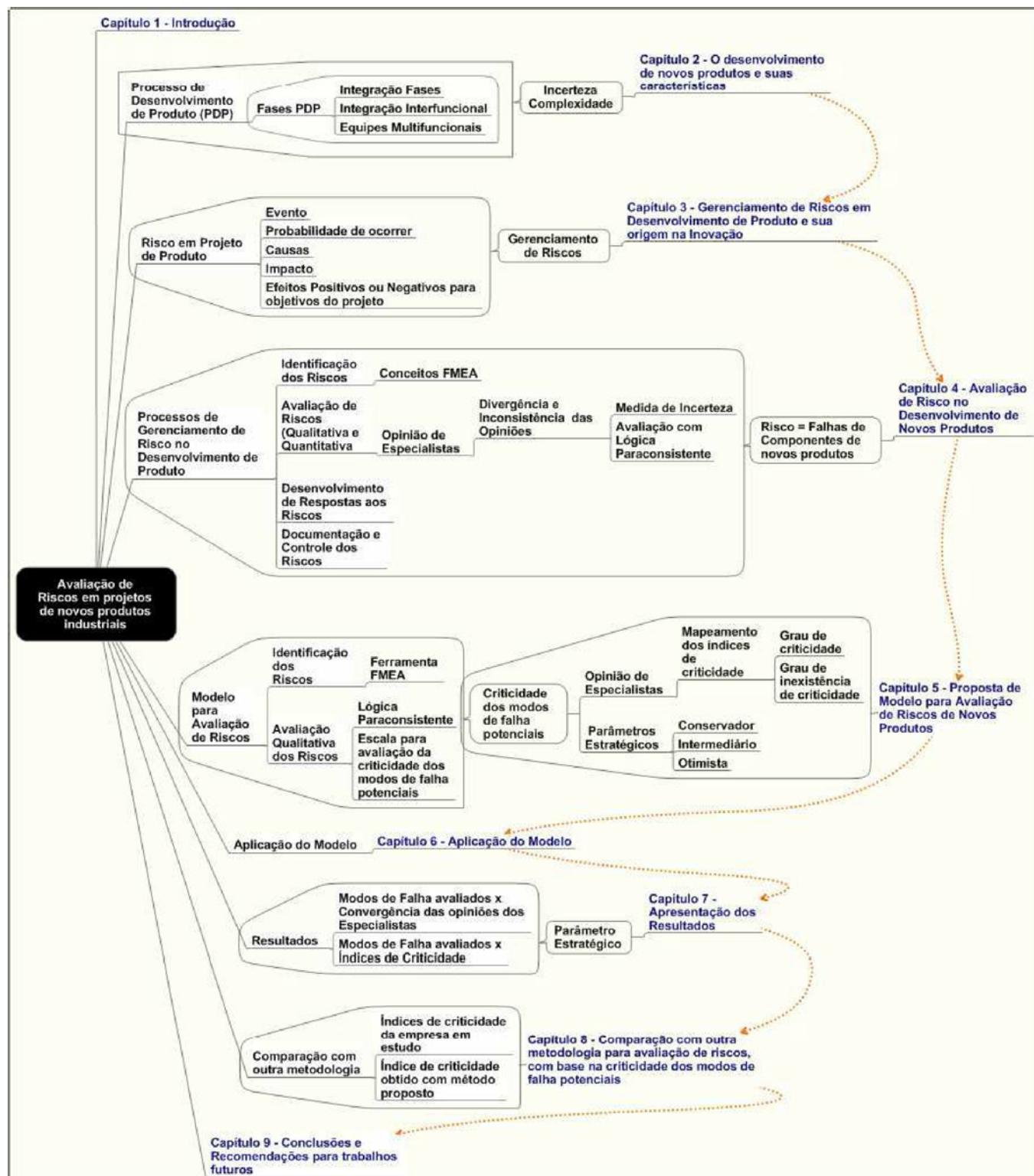
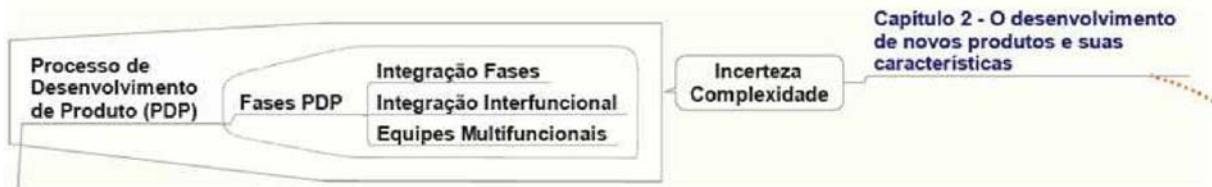


Diagrama 1 – Estrutura do Trabalho

CAPÍTULO 2. O desenvolvimento de novos produtos e suas características



Uma grande tendência do mundo nos dias atuais é a atração pela novidade, o que faz a mudança e a inovação ser uma rotina cada vez mais intensa na sociedade moderna. A inovação é resultado da soma da necessidade do mercado e das possibilidades que a empresa tem em aplicá-las em um processo dinâmico. Inovar é introduzir a novidade de tal forma a deixar explícito que alguma tecnologia, habilidade ou prática organizacional se tornou obsoleta.

O processo de desenvolvimento de novos produtos traz consigo incertezas, complexidade e subjetividade, entre outros aspectos, para a concepção de projetos de produtos inovadores. Esses aspectos são justificados pelo fato do desenvolvimento de novos produtos depender da assertividade e credibilidade das decisões tomadas, as quais, baseiam-se na maioria das vezes, na percepção ou experiência das pessoas envolvidas que estão à mercê de um futuro desconhecido. E essas características impulsionam o surgimento de riscos.

Neste capítulo pretende-se apresentar as características principais inerentes ao processo de desenvolvimento de novos produtos e a importância da integração de suas fases, das áreas funcionais da empresa e da adoção de equipes multifuncionais, as quais estão diretamente relacionadas aos riscos potenciais que o permeiam, por meio de uma fundamentação conceitual e teórica. Para isso serão apresentados os conceitos de produto e projeto, os aspectos gerais do projeto de novos produtos e a inserção destes no processo interfuncional e multifuncional de desenvolvimento de produtos, destacando sua relevância nas estratégias empresarias.

2.1. Projeto de Produto

2.1.1. Conceitos

Segundo Kaminski (2000) o projeto é a atividade principal de quem desenvolve produtos. Projetos têm sido discutidos como mecanismos de integração, possibilitando uma integração multifuncional (ANCONA; CALDWELL, 1990; FORD; RANDOLPH, 1992; GALBRAITH, 1973, apud ENGWALL, 2005), e, dentre outras coisas, como uma ferramenta efetiva na organização do desenvolvimento de produto (CLARK; WHEELWRIGHT, 1992; EISENHARDT; TABRIZI, 1995; LINDKVIST et. al., 1998, apud ENGWALL, 2005).

O conceito de projetos tem sido aprimorado nos últimos anos, visando estabelecer um entendimento comum nas organizações que trabalham com este tipo de empreendimento (RABECHINI JR.; CARVALHO, 1999). Existem várias definições de projeto disponíveis na literatura:

“Um projeto é uma organização de pessoas dedicadas que visam atingir um propósito e objetivo específicos. Projetos geralmente envolvem gastos, ações ou empreendimentos únicos de altos riscos e devem ser completados numa certa data por um montante de dinheiro, dentro de alguma expectativa de desempenho. No mínimo, todos os projetos necessitam de ter seus objetivos bem definidos e recursos suficientes para poderem desenvolver as tarefas requeridas” (TUMAN, 1983).

“Um processo único que consiste em um grupo de atividades coordenadas e controladas com datas para início e término empreendido para alcance de um objetivo conforme requisitos específicos, incluindo limitações de tempo, custo e recursos” (ISO 10006, 1997).

“Um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo” (PMI, 2004).

“O termo projeto (do inglês *project*) é usado para designar um empreendimento temporário, levado a efeito para criar um produto/serviço único e não repetitivo, de duração determinada, formalmente organizado e que congrega e aplica recursos visando o cumprimento de objetivos pré-estabelecidos. A denominação “único e não repetitivo” significa que o produto/serviço possui alguma diferença de todos os produtos/ serviços

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

similares. É usado na definição de projeto para reforçar a distinção em relação à produção em massa” (PRADO, 1998).

“Projeto é um empreendimento com o objetivo identificável, que consome recursos e opera sob pressões de prazos, custos e qualidade. São em geral consideradas atividades repetitivas baseadas em padrões históricos” (KERZNER, 2002).

“Projeto é uma seqüência única, complexa, de atividades conectadas, tendo um objetivo ou propósito que precisa ser completado em um tempo específico, dentro de um orçamento e de acordo com as especificações” (WYSOCKI e MCGARY, 2003).

“Projeto é uma seqüência única de atividades que tem um início, um resultado preciso e mensurável, que requer um esforço cooperativo de uma quantidade de pessoas durante um tempo, e que é gerenciado por uma pessoa” (HALL e HULETT, 2002).

O aspecto relevante que se apresenta em comum nessas definições é a concordância com relação à caracterização de projeto como sendo único, singular, que nunca foi feito por aquela equipe, naquelas condições, para aquele ambiente. Projeto não é de execução repetitiva e, portanto, é isto que o diferencia das rotinas operacionais.

O presente trabalho utilizar-se-á do conceito de projeto sugerido por Tuman (1983) e complementado pela definição de Prado (1998).

De forma geral, todas as organizações vivem de projetos, mesmo aquela cujo produto final não seja gerado por projeto. Nesta direção, sabe-se que as ditas atividades inteligentes de projeto são responsáveis por 25% do PIB mundial, o que representa algo em torno de US\$ 10 trilhões, segundo informações do Project Management Institute (PMI ®)(...) Estima-se que ao redor do mundo 16,5 milhões de trabalhadores estejam envolvidos com atividades de projetos. Sendo assim, executar projetos é fundamentalmente diferente da execução da rotina diária das operações de um setor de uma empresa, visto que está constantemente enfrentando situações inusitadas cujo futuro apresenta incertezas. A singularidade dos projetos também remete às incertezas ou riscos em potencial e são estas características que podem fazer com que ele fracasse.

Os riscos do fracasso rondam permanentemente a equipe executora. Assim, há que tomar todas as precauções necessárias para evitar o fracasso e, aqui, a falta de cuidados pode levar a situações desastrosas (PRADO, 1998). Nesse mesmo contexto Fiod (1993) ressalta que o projeto de produtos, para quem quer se manter competitivo, não deve ser desenvolvido como atividade intuitiva, empírica e de tentativa e erro, mas deve ser desenvolvido apoiado em método sistêmico com forte embasamento científico.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

2.1.2. Características dos projetos

Embora algumas características dos projetos tenham sido explícitas nas definições da seção 2.1.1, Klir (1995) enfatiza e destaca três dimensões advindas *da teoria geral dos sistemas* que caracterizam oportunamente os projetos. Visto que,

“Sistema é um todo com partes inter-relacionadas” (ACKOFF, 1974, p. 3).

“Sistema é um todo que funciona como um todo em virtude da interdependência de suas partes” (RAPOPORT, 1968, p. XXII).

“Um sistema é um todo percebido, cujos elementos se mantêm juntos porque afetam continuamente uns aos outros ao longo do tempo, e atuam para um propósito comum” (SENGE et al, 1995).

“Sistema é uma unidade global organizada de inter-relações entre elementos, ações ou indivíduos” (MORIN, 1977, p.100).

As três dimensões em questão são apresentadas na Figura 1:

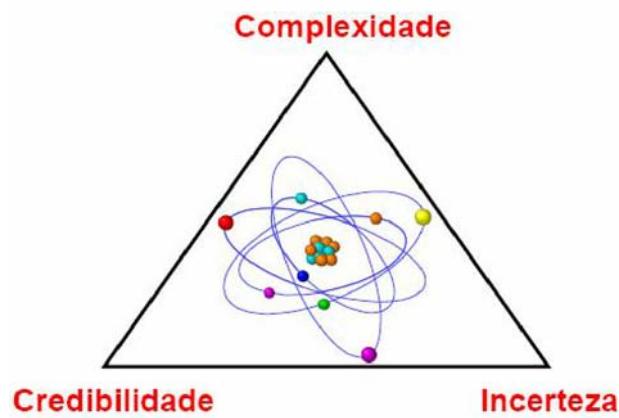


Figura 1 – Três Dimensões dos Sistemas: Complexidade, Incerteza e Credibilidade (KLIR, 1995)

Com o aumento da *complexidade* das organizações sociais, conforme apontou Bertalanffy (1975), entraram em cena inumeráveis macro problemas econômicos, sociais e políticos. Cidades e seus sistemas de transporte, sistemas de tráfego aéreo, escoamento de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

mercadorias, entre outros, passaram a requerer planejamento e organização. Assim, com o crescimento da *complexidade* das organizações humanas, cada vez mais engenheiros e administradores passaram a ser confrontados com situações complexas que envolvem um grande número de elementos. Segundo Zadeh (1973) à medida que a *complexidade* de um sistema aumenta, nossa habilidade de fazer afirmações precisas e que sejam significativas acerca deste sistema diminui até que um limiar seja atingido.

A outra dimensão em destaque é a *incerteza*. O ‘mundo real’ envolve a *complexidade* das interações do cotidiano, como citado anteriormente, onde existem *incertezas* na definição de metas e objetivos, múltiplos valores e interesses conduzindo a distintos julgamentos numa mesma situação problemática e a influência de aspectos históricos na geração e alteração da percepção (CHECKLAND, 1981).

Incerteza significa desconhecimento do resultado ou do caminho para chegar até ele, ou ambos. Quanto maior o desconhecimento, maiores a incerteza e o risco associado. Já a complexidade pode ser avaliada através da multidisciplinaridade necessária para a execução do projeto, diversidade e volume de informações a serem processadas, número de organizações envolvidas, entre outros aspectos (MAXIMIANO, 2002).

controle, que constituem *incertezas*. A *incerteza* em si é uma essência do futuro, até que possamos desenvolver uma bola de cristal. O fator *incerteza* pode trazer surpresas agradáveis ou desagradáveis, algumas de impacto significativo para o resultado dos projetos. Como a *incerteza* pode trazer impactos significativos para o resultado de projetos, como decorrência, cria, a condição de *risco* (BERNSTEIN, 1997).

Embora usualmente (mas não sempre) indesejável quando considerada isoladamente, a *incerteza* se torna muito útil quando considerada em conjunto com outras características de modelos de sistemas: em geral, admitir mais *incerteza* tende a reduzir a *complexidade* e aumentar a *credibilidade* do modelo resultante (KLIR, 1995). Eventos com alto nível de *incerteza* e tomada de decisões variadas e *complexas* demandam conquista da *credibilidade*, a qual se consolida e é reforçada através da dinâmica humana da confiança, e deve apresentar-se em todas as fases do gerenciamento de risco com a participação efetiva dos segmentos impactados.

Higuera & Haimes(1996) e Gogan, Fedorowicz & Rao (1999) observam que a necessidade de gerenciamento de risco aumenta com a complexidade do sistema, conforme apresentado no Gráfico 1.



Gráfico 1 – Risco em função da complexidade do sistema (HIGUERA e HAIMES, 1996)

Com isso é evidente que a realização de projetos depara-se com situações complexas, incertezas, as quais apóiam-se em resultados confiáveis, a fim de minimizar as consequências advindas dos riscos envolvidos nesse processo.

Como os projetos se caracterizam pela elaboração progressiva, de maneira geral o escopo descrito no início do projeto vai se tornando mais explícito e detalhado, conforme o projeto se desenvolve, gerando uma maior compreensão de seus objetivos. Quanto maior a *complexidade* e *incerteza* do projeto, maior a dificuldade de gerar uma boa compreensão dos objetivos logo no processo de inicialização, deixando evidente o caráter de elaboração progressiva dos projetos. Neste sentido, ter estratégias e recursos para minimizar as incertezas, ou seja, identificar e avaliar o que poderá acontecer no futuro, durante o andamento de um projeto, e poder optar ou decidir entre as várias alternativas complexas e incertas, é fundamental no gerenciamento de projetos.

Carvalho & Rabechini (2005) também apóiam-se nas dimensões anteriores e afirmam que a *incerteza* e a *complexidade* inerentes aos projetos são primordialmente questões fundamentais para compreender suas definições. Neste mesmo sentido, Maximiano (2002) e Sabbag (1999) apresentam modelos que incorporam estas características.

No modelo proposto por Sabbag (1999), estas características são tratadas no Cubo da Incerteza, composto por três variáveis, quais sejam: complexidade, singularidade e objetivos precisos, conforme Figura 2.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

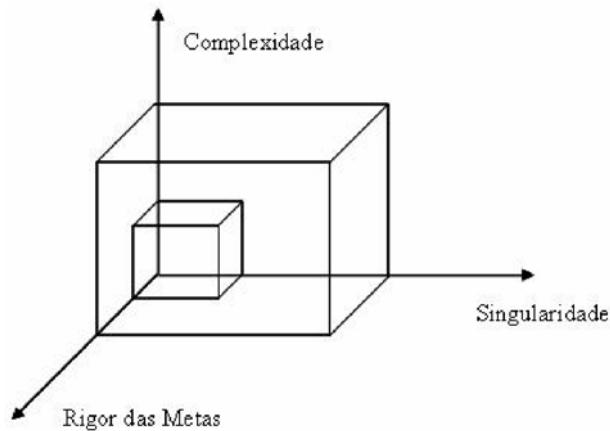


Figura 2 – Cubo da incerteza (SABBAG, 1999)

Já para Maximiano (2002) podem-se dividir os projetos em quatro grandes categorias segundo a incerteza e a complexidade, conforme ilustra a Figura 3.

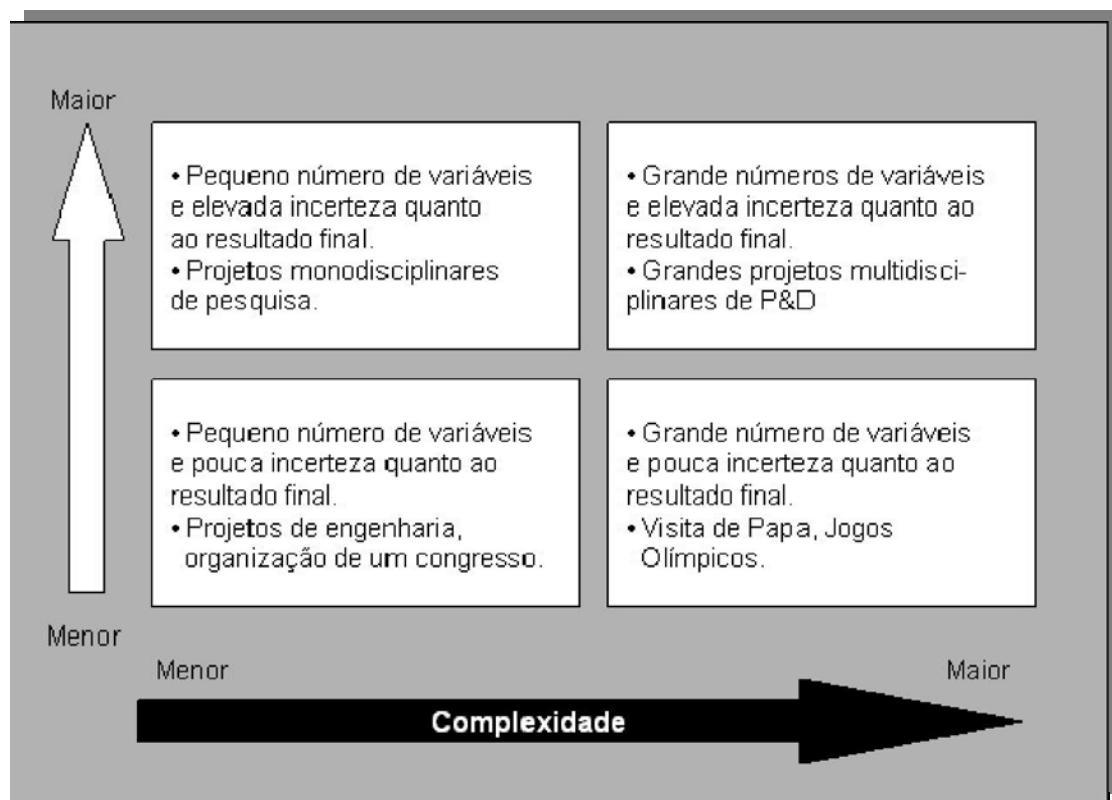


Figura 3 – Em função da complexidade e incerteza, há quatro categorias de projetos (MAXIMIANO, 2002)

Sob uma ótica mais estratégica Kaminski (2000) aborda as características gerais dos projetos, com base nos seguintes aspectos:

- *Necessidade*: o produto final deve ser a resposta ou a solução a uma necessidade, individual ou coletiva, que pode ser satisfeita pelos recursos humanos, tecnológicos e econômicos disponíveis naquele instante.
- *Exequibilidade física*: o produto e o processo para a sua obtenção devem ser factíveis.
- *Viabilidade econômica*: o produto deve ter para o cliente uma utilidade igual ou superior ao preço de venda.
- *Viabilidade financeira*: os custos de projeto, produção e distribuição devem ser financeiramente suportáveis pela instituição executora ou pagadora.
- *Otimização*: a escolha final de um projeto deve ser a melhor entre as várias alternativas disponíveis quando da execução do mesmo.
- *Critérios de projeto*: a otimização deve ser feita de acordo com um critério que representa o equilíbrio a ser conseguido pelo projetista entre vários requisitos, em geral conflitantes.
- *Subprojetos*: durante o desenvolvimento de um projeto, surgem continuamente novos problemas, de cuja solução depende o projeto, e que deverão ser resolvidos por subprojetos.
- *Aumento da confiança*: o projeto é uma atividade em que os conhecimentos produzidos durante o processo permitem a transição da incerteza para a certeza do sucesso de um produto, isto é, a cada etapa a confiança no sucesso deve aumentar. Se este não for o caso, o desenvolvimento deve ser interrompido, ou uma outra alternativa de solução deve ser procurada.
- *Custo da certeza*: o custo das atividades destinadas à obtenção de conhecimentos sobre o projeto deve corresponder proporcionalmente ao aumento da certeza quanto ao sucesso.
- *Apresentação*: o projeto é em essência a descrição de um produto ou processo, normalmente apresentado na forma de documentos, relatórios, desenhos, maquetes e/ou protótipos.

Considerando as características apresentadas, sendo elas intrínsecas aos projetos, bem como de cunho estratégico, é inevitável reconhecer que os projetos demandam tratamento

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

diferenciado no que concerne seu gerenciamento, habilidades, técnicas e ferramentas específicas, as quais procuram minimizar a incidência de imprevistos, e consequentemente, riscos potenciais ao longo de seu desenvolvimento.

2.2. Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP)

2.2.1. Contextualização

O desenvolvimento de produtos compreende as atividades através das quais a empresa irá conceber o produto, desenvolver as especificações técnicas do produto e do processo de fabricação e comercializá-lo. A necessidade de desenvolvimento desse produto pode surgir dos planos estratégicos da empresa, e deverá ser fortemente direcionado pelas necessidades do mercado e pelo ambiente tecnológico. Ele se caracteriza como um processo complexo e de elevada incerteza onde, além de apresentar inúmeras atividades interrelacionadas e interfaces técnicas, deve vincular seus processos e atividades aos diversos requisitos de mercado, aos requisitos internos da empresa e das demais partes da cadeia produtiva. Sendo assim, o desenvolvimento de novos produtos, que atenda às necessidades do mercado consumidor, é atividade estratégica para sustentabilidade das organizações. Diversos autores defendem essa concepção e ressaltam que o processo de desenvolvimento de produtos (PDP) é uma atividade estratégica ligada ao atendimento das necessidades do consumidor (BROWNING; FRICKE; NEGELE, 2006): identificar seus desejos e necessidades e responder com produtos inovadores, bem projetados e executados (KOUFTEROS; MARCOULIDES, 2006), com características de desempenho, custo e distribuição adequadas (MUNDIM et al., 2002), exige das empresas o uso de PDPs que integrem e alinhem seus recursos, de forma estruturada e única para as necessidades da organização, em que ferramentas e métodos distintos são utilizados (ROZENFELD; SCALICE; AMARAL, 2005).

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) pode ser definido como um conjunto de atividades envolvendo quase todos os departamentos da empresa, que tem como objetivo a transformação de necessidades de mercado em produtos ou serviços economicamente viáveis. Em linhas gerais, o PDP pode ser entendido como um conjunto de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

atividades realizadas em uma seqüência lógica com o objetivo de produzir um bem ou serviço que tem valor em um dado mercado específico.

O processo de desenvolvimento de produtos engloba desde o projeto do produto (fase principal) até a avaliação do produto pelo consumidor, passando pela fabricação (KAMINSKI, 2000). Segundo Prado (1998) esses projetos consistem na utilização de técnicas conhecidas para obtenção de um novo produto e vão até a geração da documentação técnica, a construção de um protótipo, de uma planta-piloto ou de um modelo em escala. Posteriormente, durante a execução definitiva, o projeto de engenharia se transforma num projeto de construção.

Norton e Kaplan (1997) defendem a idéia de que, no desenvolvimento de produtos, é preferível que um novo produto ou a extensão de um produto antigo represente uma melhoria radical das opções atuais, que capturem novos clientes e mercados, e não se limitem a substituir as vendas dos produtos existentes. Tal conceito complementa a afirmação de Baxter (2003) de que “deve-se estabelecer um compromisso entre os fatores que adicionam valor ao produto e aqueles que provocam aumento de custo”. O autor defende que o planejamento estratégico do desenvolvimento do produto deve indicar quais são os produtos a serem desenvolvidos para atender aos objetivos da empresa, tratando-se, portanto, de um dos componentes do planejamento corporativo. Já Peixoto (1998) afirma que a capacidade da organização responder satisfatoriamente às exigências que lhe são impostas pelo mercado competitivo é direta e fortemente influenciada pelo desenvolvimento de produtos. Complementando essa visão Silva (2001) cita que “a competitividade é fortemente relacionada ao desenvolvimento de produtos, embora não determinada exclusivamente por esse processo e que para ser fonte de competitividade, o processo de desenvolvimento de produtos precisa ser eficiente e eficaz, sendo necessário a utilização de metodologias e técnicas capazes de proporcionar tais atributos”. Clark e Wheelwright (1992) defendem que, por essa razão, muitas organizações têm buscado os benefícios provenientes das novas tecnologias, visando a geração de ambientes industriais integrados e flexíveis, mais preparados para a realidade atual. No entanto, Silva (2001) destaca que “tais mudanças e os próprios produtos, cada vez mais complexos, vêm provocando alterações de natureza organizacional e tecnológica, acrescentando complexidade ao processo de desenvolvimento”.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

2.2.2. Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) e a importância de sua integração

“A inovação é um dos processos mais interfuncionais” (VOSS, 2004).

Segundo Duncan (1996) cada fase do PDP normalmente inclui um conjunto de resultados de trabalhos específicos, projetados com o objetivo de estabelecer um controle gerencial desejado. As fases consistem em um conjunto de atividades por meio das quais busca-se, a partir das necessidades do mercado e das possibilidades e restrições tecnológicas, considerando as estratégias competitivas e de produto da empresa, chegar às especificações de um projeto de produto, para que a manufatura seja capaz de produzí-lo.

lógica de entradas e saídas, de acordo com a interdependência entre os diversos tipos de atividades. O final de uma fase e o início de outra é marcado por um *milestone*, onde são verificadas todas as atividades e resultados obtidos até então. Com base em critérios definidos e que consideram o que é relevante para a condução de um projeto de desenvolvimento de produtos, ocorrem decisões tanto no nível do projeto como no nível gerencial. O significado da aprovação de um *milestone* é que o processo está com maturidade suficiente para prosseguir para a próxima fase.

Existem diversas divisões de fases do PDP defendidas por diversos autores. Como pode ser visto na Tabela 2, não existem muitas diferenças em relação às fases:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 2 – Fases do PDP – Conceito de diversos autores

CLARK & WHEELRIGHT (1992)	BAXTER (2003)	MCGRATH et al (1992)	DUNCAN (1996)	ROZENFELD et al. (2006)
Desenvolvimento do conceito	Especificação do Projeto	Avaliação do conceito	Exploração	Criação e seleção de idéias
Planejamento do Produto	Projeto Conceitual	Planejamento e especificação	Conceitual e Definição	Projeto
Engenharia do Produto / Processo	Projeto da configuração	Desenvolvimento	Demonstração e Validação	Preparação da Manufatura
Produção Piloto / Aumento da Produção	Projeto Detalhado	Testes	Desenvolvimento de Engenharia e Fabricação	Lançamento
	Projeto para fabricação	Homologação do Produto	Produção	Retirada do produto do mercado
DIKSON (1997)	PAHL & BELTZ (1996)	CRAWFORD (2002)	KOTLER (1998)	KAMINSKI (2000)
Geração de Idéias	Especificação do Projeto	Identificação e Seleção de Oportunidades	Geração de Idéias	Especificação técnica das necessidades
Desenvolvimento e conceito	Projeto Conceitual	Geração de Conceito	Triagem de idéias	Estudo de viabilidade
Plano de Desenvolvimento	Projeto Preliminar	Avaliação de Conceito / Projeto	Desenvolvimento e teste de conceitos	Projeto Básico
Desenvolvimento e Teste	Projeto Detalhado	Desenvolvimento Técnico	Desenvolvimento e estratégia de Marketing	Projeto Executivo
Lançamento		Lançamento	Análise Comercial	Planejamento da produção
			Desenvolvimento do produto	Execução
			Testes de mercado	
			Comercialização	

Neste trabalho adotaremos a definição de fases de PDP proposta por Clark & Wheelright (1992), a qual foi especificamente desenvolvida na indústria automobilística, objeto do estudo de caso deste trabalho, em que:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

As duas primeiras fases, que compreendem o **desenvolvimento do conceito** e o **planejamento do produto**, incluem informações sobre as oportunidades de mercado, as possibilidades técnicas e os requisitos de produção. Considera-se aqui o projeto conceitual, o mercado alvo, os investimentos necessários e a viabilidade econômica. Para aprovação do programa de desenvolvimento do produto, o conceito deve ser validado através de testes e discussão com potenciais clientes. Dessa forma é evidente que as áreas funcionais de Marketing, Engenharia de Produto, Produção, Financeira e Pós-Vendas desempenham um papel fundamental para provisão de informações e atendimento aos requisitos dessas fases.

Com o conceito aprovado, parte-se para o detalhamento da **engenharia do produto e do processo de fabricação**. Esta fase envolve o desenvolvimento do projeto, a construção de protótipos e o desenvolvimento de ferramentas para a produção. O detalhamento de engenharia envolve o ciclo de projetar, construir e testar, até atingir a maturidade necessária para início da produção piloto. Nessa fase atuam novamente as áreas funcionais de Engenharia de Produto e Produção, além da Qualidade, a qual focar-se-á na análise da maturidade das peças dos protótipos, bem como de peças representativas para produção em série, do processo produtivo, entre outros.

A última fase compreende o **aumento de volume de produção**. Isso envolve o refinamento do processo de produção, com aumento gradativo do volume até que a organização e os fornecedores atinjam confiança no processo e estejam aptos a atingir as metas planejadas de produção, custos e qualidade. As áreas funcionais de Produção, Compras, Logística e Qualidade apresentam uma importância fundamental para alcançar os resultados previstos para essa fase.

Independente do conceito de fase adotado é evidente que as fases do PDP abrangem diversas áreas funcionais da empresa e as atividades necessárias para atendê-las demandam grande interação entre estas áreas funcionais. Segundo Clark e Fujimoto (1991) a eficiência entre as quatro macro fases que caracterizam o processo de desenvolvimento de novos produtos, estão largamente dependentes do grau de integração e cooperação entre as diversas áreas funcionais, de forma que as atividades ocorram simultaneamente e de maneira integrada, e não em seqüência linear. A Figura 4 ilustra a integração das etapas do PDP, conforme conceito adotado de Clark e Wheelright (1992):

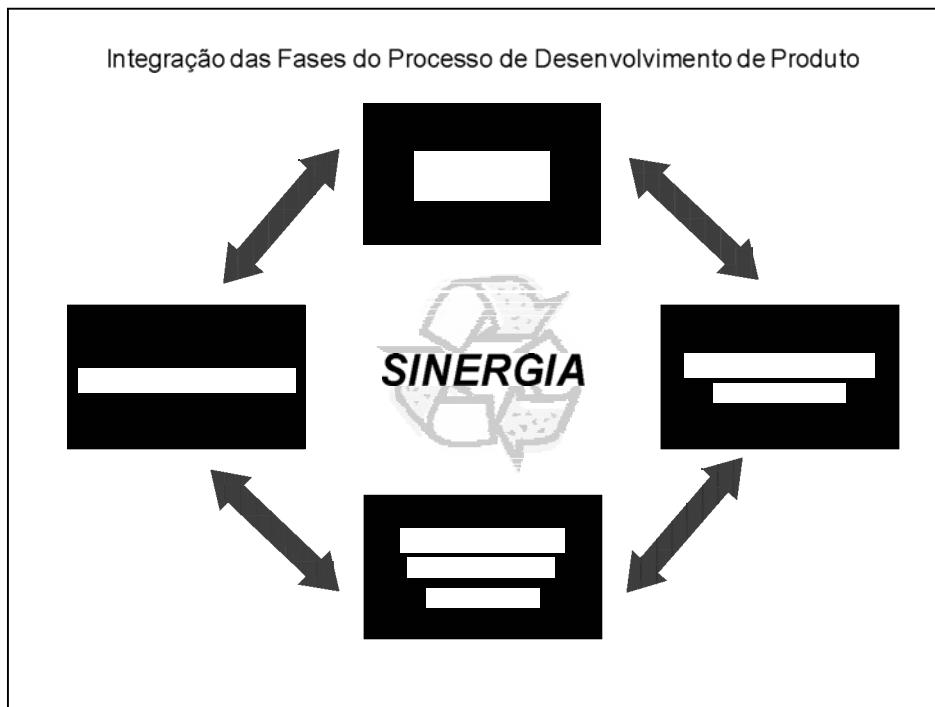


Figura 4 – Integração das Fases do Processo de Desenvolvimento de Produto

Para que o desenvolvimento de produtos torne-se efetivo e eficiente, as fases do PDP devem ser planejadas cuidadosamente e executadas sistematicamente. Portanto, são imprescindíveis a integração e otimização dos diferentes aspectos envolvidos no projeto, os quais podem ser sistematizados, tendo como base, o detalhamento das suas fases.

A necessidade de maior integração entre as áreas e funções da empresa durante o desenvolvimento de produtos é relativamente recente. Foi iniciada na década de 90 (ROZENFELD ET AL, 2006). A partir daí vários trabalhos apontam para o papel crucial da integração interfuncional como um dos antecedentes do sucesso de novos produtos no mercado (GATIGNON & XUEREB, 1997; SONG & PARRY, 1997; AYERS, DAHLSTROM & SKINNER, 1997). Wind & Mahajan (1997) afirmam: “O desenvolvimento de novos produtos requer o envolvimento da maioria das disciplinas administrativas, incluindo pesquisa e desenvolvimento, marketing, operações, recursos humanos e finanças. Integrar plenamente essas diversas perspectivas é um imperativo”.

Clark & Wheelwright (1993) afirmam que uma alta performance no desenvolvimento de produtos só será atingida se houver uma forte integração entre as diversas funções. Essa interação ocorre em vários níveis e é necessário que haja não só uma simples coordenação das atividades, mas também que as tarefas de cada função suportem e reforcem o trabalho de outras. Isso se torna ainda mais necessário quanto mais inovador for o projeto, quando a

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIALIS

tecnologia e o mercado forem mais dinâmicos e o tempo for um elemento crítico para a competição. Portanto, para que isso ocorra, a alta administração deve ser responsável por criar um ambiente que facilite a troca de informações e a resolução rápida dos problemas. A Figura 5 ilustra a integração funcional.

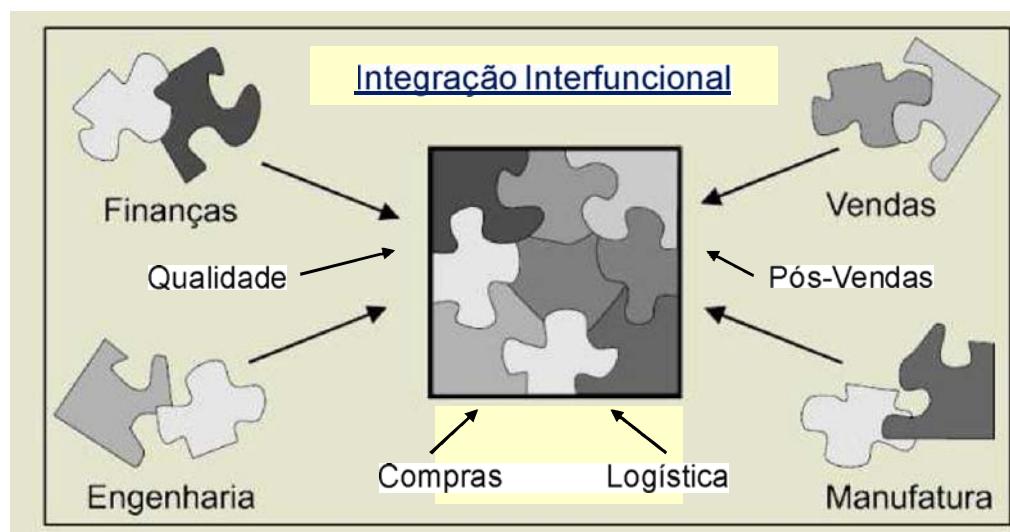


Figura 5 – Integração Interfuncional

Da Engenharia, por exemplo, é necessário um bom projeto, testes bem executados, qualidade de protótipos. Do Marketing, um bom posicionamento do produto, uma análise sólida dos clientes, e um planejamento de produto voltado para o mercado. Da Manufatura, processos capazes, estimativa precisa de custos, uma habilidosa produção piloto com capacidade para fazê-la em escala comercial (*ramp-up*). Produtos excelentes são alcançados quando todas as atividades funcionais trabalham juntas. Além de apresentar consistência nas suas atividades elas também devem reforçar, ou seja se ajudarem, mutuamente (CLARK & WHEELWRIGHT, 1995).

Clark & Wheelwright (1995) salientam que quando áreas funcionais diferentes trabalham em conjunto na resolução de problemas de alguma das áreas, uma função de suporte à outra, facilitando o encontro da solução, o que acaba resultando em ganho de tempo no projeto.

Para que a integração interfuncional seja bem sucedida, a operacionalização das atividades relativas às fases de PDP deve ser feita por uma equipe multifuncional da empresa.

As equipes de trabalho são aquelas onde os integrantes buscam a sinergia, onde o resultado alcançado pela equipe como um todo pode ser maior do que a simples soma dos

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

resultados individuais de cada participante isoladamente em sua área de atuação. “(...) grupo cujos esforços individuais resultam em um desempenho, que é maior que a soma das contribuições de cada um dos indivíduos.” (ROBBINS, 2001). As equipes de trabalho multifuncionais podem ser um fator fundamental na busca de vantagens competitivas, pois a interação das pessoas em equipes pode se transformar num dos pilares de sustentação de qualquer organização. Na expressão de Katzenbach e Smith (2001) em relação às equipes de trabalho, “(...) elas são um elemento básico para o desempenho diante de um cenário de mudanças profundas.” Ainda, na visão desses autores “verdadeiras equipes aprendem a explorar as sobreposições de habilidades no grupo de modo que as pessoas possam ajudar umas às outras quando necessário”, ou seja, as equipes podem ser utilizadas como resposta às mudanças organizacionais vivenciadas no mundo atual, dinâmico e globalizado. E ainda corroborando com esta visão da necessidade de formação de equipes multifuncionais, citam que “(...) líderes em todas as organizações valorizam ainda mais as equipes”.

Com base neste contexto assume-se que o Processo de Desenvolvimento de Produto (PDP) é formado por um leque complexo de atividades, as quais estão agrupadas em fases, que dependem de uma adequada sincronização e sinergia para sedimentar o sucesso de sua execução, bem como, da participação ativa e também sincronizada dentro desse processo, das áreas funcionais da empresa e de suas equipes multifuncionais. Como cita Covey (2003) quando fala em sinergia, “Ela catalisa, unifica e libera os poderes existentes dentro das pessoas”, ou seja, através desta cooperação, o poder da equipe se eleva, causando uma sensível melhora no desempenho das tarefas. Com isso, podemos deduzir que a integração das fases de PDP, das áreas funcionais da empresa e de suas equipes multifuncionais, garante vantagens competitivas aos novos produtos e minimizam o risco inerente à esse processo (Figura 6).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

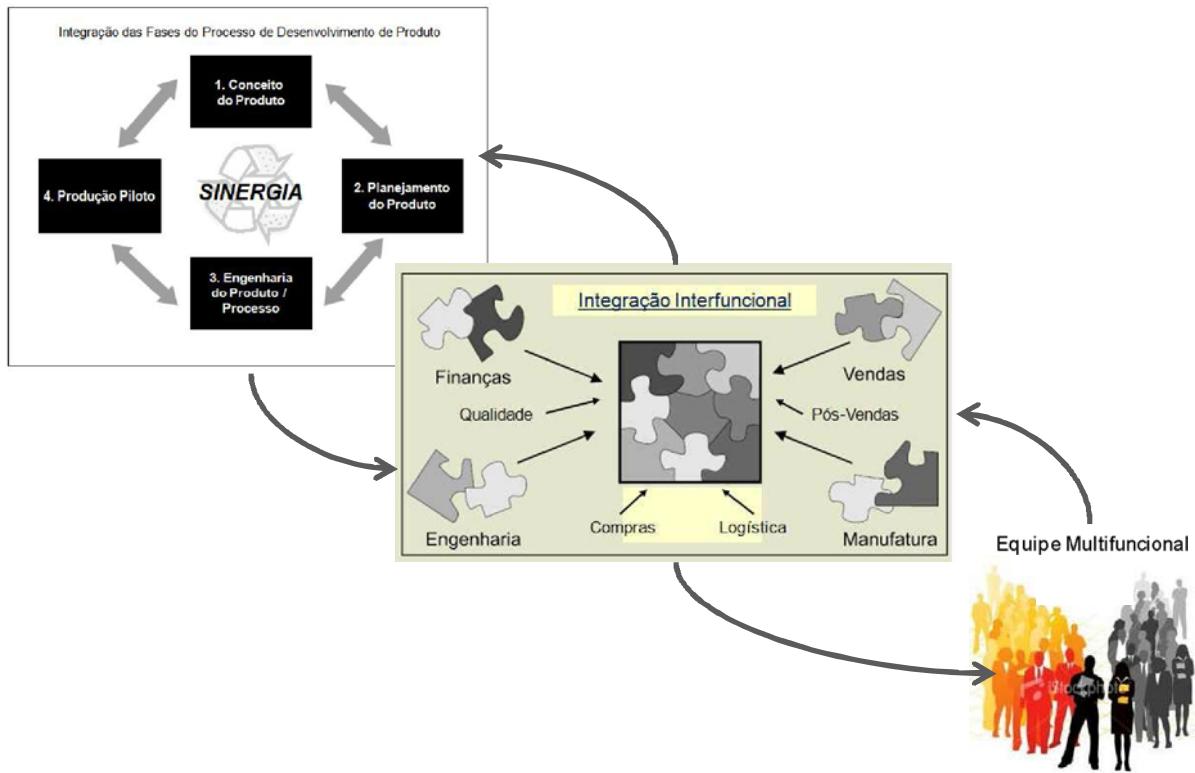


Figura 6 – Integração e Sincronização do PDP

2.2.2.1. Vantagens com a Integração das Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos

O modelo de Integração e Sincronização desenvolvido para este trabalho atende aos seguintes requisitos apresentados por diversos autores:

- redução de custos: Corrêa (1994) adverte que, embora uma primeira análise possa dar a impressão de que os custos aumentem quando se trabalha a partir de uma concepção integrada do processo de desenvolvimento de produtos, devido aos esforços maiores dos gestores de um projeto em seu início, um estudo mais cuidadoso revela o contrário. De forma geral, as negociações (*trade-offs*) e inclusões de premissas importantes em estágios preliminares do projeto tendem a minimizar o número de modificações “tardias”. E quanto mais “tardia” uma alteração, maior o custo envolvido para realizá-la. Portanto, maior a economia gerada ao antecipá-la;

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- melhoria da qualidade: Juran (1988) cita o envolvimento dos fornecedores e dos clientes no processo de desenvolvimento de produtos para se obter uma melhoria na qualidade de projeto. Obtém-se, também, a melhoria da qualidade de conformação, pois a redução de retrabalhos e modificações “tardias” aumentam a probabilidade de que o produto saia da manufatura com suas características definitivas logo no início da produção. Com o processo voltado para o cliente, envolvendo os fornecedores e sofrendo menos correções e adaptações, a qualidade do produto aumenta;
- redução do prazo de desenvolvimento: a redução do tempo parece, segundo Corrêa e Gianesi (1994), a principal consequência de se trabalhar a partir de uma concepção integrada do processo de desenvolvimento de produtos. As principais ações para a redução do prazo de desenvolvimento são as melhorias de comunicação, os melhores *trade-offs* em projeto, as reduções de retrabalhos e o desenvolvimento do projeto de processos simultâneo ao do produto. Em rigor, as atividades de desenvolvimento propriamente dito raramente terão prazos encurtados. Os estágios posteriores fluirão com mais facilidade e poderão ter início mais cedo do que na abordagem seqüencial, o que reduz o
- aumento da flexibilidade: Hauser e Clausing (1988) abordam o desenvolvimento de produtos, como sistema que, se realizado em um ambiente integrado e entrosado, confere “robustez” (capacidade de assimilar variações nas diferentes entradas de um sistema). Além disso, é provável que o entrosamento entre as pessoas, desenvolvendo produtos, permita-lhes responder rapidamente a mudanças nos projetos a partir das necessidades dos clientes. As informações fluem rapidamente, de forma que as demais funções também se reorientem agilmente;
- aumento da confiabilidade: segundo Tellis e Golder (1997), confiabilidade é a probabilidade de determinado sistema desempenhar sem falhas suas funções durante período determinado. Assim, aumentar a confiabilidade implica necessariamente prever as falhas e adotar medidas preventivas às mesmas, desde a etapa de elaboração do projeto. Com utilização de técnicas, pode-se abordar a confiabilidade sob dois aspectos: o do produto – em que a equipe busca de maneira sistemática todas as falhas potenciais nos projetos dos seus

produtos e processos de fabricação, antes que aconteçam; e o do projeto – em que o processo de desenvolvimento de produtos torna-se mais confiável, minimizando os riscos de fracasso e assegurando o cumprimento do cronograma estabelecido.

Considerando a realidade das diversas contribuições do PDP apresentadas, o método proposto pelo presente estudo estará direcionado em aumentar a confiabilidade do produto com a identificação de suas falhas potenciais e avaliação do impacto causado pelas mesmas em caso de ocorrência. Com essa avaliação, os gestores da empresa podem tomar decisões que minimizem os riscos de fracasso do produto, por meio da mitigação das falhas potenciais.

2.2.2.2. Desafios advindos da Integração das Fases do Processo de Desenvolvimento de Produtos

Segundo Kotler (2001) as empresas que não conseguem desenvolver novos produtos estão se colocando em grande risco. Apesar do desenvolvimento ser considerado um negócio arriscado, os produtos são vulneráveis às mudanças das necessidades e dos gostos dos clientes, às novas tecnologias, a menores ciclos de vida do produto, à maior concorrência nacional e estrangeira, como citado no início desse capítulo.

Várias pesquisas na área de desenvolvimento de novos produtos comprovam que as atividades, na grande maioria das empresas, são conduzidas de forma inadequada e que os produtos quando chegam ao mercado, não atingem o sucesso esperado. Segundo dados publicados por COOPER (1993), 46% dos recursos que as firmas norte-americanas empregam na concepção, desenvolvimento e lançamento de novos produtos são gastos em mercadorias que falham comercialmente ou que sequer são colocadas no mercado. E ainda, para cada quatro projetos iniciados, apenas um é bem sucedido. Tais fatos são preocupantes quando se considera a magnitude dos investimentos em recursos humanos e financeiros, geralmente empregados nas atividades de desenvolvimento.

Em 1997, foram lançados 25.261 novos produtos para consumo [...] Mas o número de produtos que fracassaram é igualmente espantoso [...] Estima-se que 80% dos produtos recentemente lançados não estejam mais disponíveis no mercado hoje (KOTLER, 2000). Dentre os diversos fatores responsáveis pelo fracasso de novos produtos, Kotler destaca os seguintes:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- O produto não ser bem projetado;
- A idéia do produto ser boa, mas o mercado ser superestimado;
- O produto ser incorretamente posicionado no mercado;
- Os custos de desenvolvimento ser maiores que o esperado;
- Os concorrentes reagirem de maneira mais dura que o esperado;

Baxter (2003) também ressalta que diversos fatores determinam a diferença entre sucesso e fracasso no lançamento de novos produtos. Segundo o autor, eles podem ser classificados em três grupos principais, conforme Figura 7.

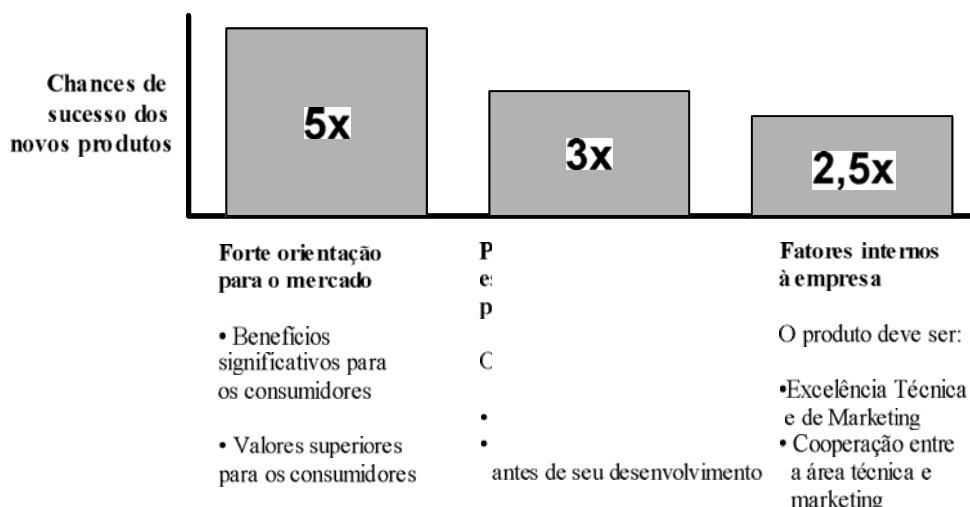


Figura 7 – Fatores de sucesso no desenvolvimento de novos produtos (BAXTER, 2003)

Dessa forma, o **fator orientação para o mercado** está relacionado à diferenciação do produto em relação aos seus concorrentes, bem como a apresentação de características valorizadas pelos consumidores. O fator **planejamento e especificação** destaca a importância de estudos de viabilidade técnica e econômica antes do desenvolvimento do novo produto. Nesse sentido o estudo de viabilidade técnica deve abranger a disponibilidade de materiais, componentes, processos produtivos e mão-de-obra qualificada, enquanto a viabilidade econômica refere-se às necessidades de investimentos, custos e retorno do capital. Além disso, produtos que eram bem especificados, em termos de funções, tamanhos, potências e outros aspectos, antes do desenvolvimento, tinham 3,3 vezes mais chances de sucesso, em relação aos que não tinham essas especificações. E finalmente os **fatores internos à empresa** dizem respeito à alta qualidade nas atividades técnicas ligadas ao

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

desenvolvimento de novos produtos, bem como um bom trabalho em conjunto das equipes de desenvolvimento, marketing e vendas. Esses fatores evidenciam a importância de um PDP com fases e equipes funcionais muito bem integradas.

Outros fatores podem ser considerados como desafiadores dentro desse processo:

- *Mercados fragmentados*: a forte concorrência está levando à fragmentação do mercado. As empresas precisam dirigir seus esforços a menores segmentos de mercado, e isso pode significar vendas e lucros menores para cada produto.
- *Restrições sociais e governamentais*: os novos produtos devem atender a requisitos ambientais e de segurança.
- *Custo do processo de desenvolvimento*: uma empresa normalmente precisa gerar muitas idéias para encontrar uma que valha a pena ser desenvolvida. Além disso, a empresa freqüentemente se depara com altos custos de P&D, de fabricação e de marketing.
- *Escassez de capital*: algumas empresas possuem boas idéias, mas não conseguem levantar os recursos necessários para pesquisá-las e lançá-las.
- *Necessidades de menor prazo para o desenvolvimento*: as empresas que não podem desenvolver novos produtos rapidamente ficarão em desvantagem. As empresas devem aprender a reduzir o tempo no desenvolvimento, utilizando técnicas acompanhadas por computador, parceiros estratégicos, testes antecipados da concepção do produto e planejamento avançado de marketing. As empresas ativas utilizam o desenvolvimento simultâneo de novos produtos, em que equipes interdepartamentais colaboram para desenvolver novos produtos e levá-los para o mercado.
- *Menores ciclos de vida dos produtos*: quando um novo produto é bem-sucedido, os rivais rapidamente o copiam. A redução dos ciclos de vida dos produtos (fenômeno verificado em praticamente todas as indústrias) trouxe ao Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) uma dimensão ainda mais estratégica, já que as vantagens competitivas trazidas por novos produtos de sucesso têm se mantido válidas por cada vez menos tempo.
- Outro importante fator de sucesso a ser considerado é o conceito de produto bem definido antes de seu desenvolvimento, a sinergia do marketing e da

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

tecnologia, a qualidade da execução em todas as etapas e a atratividade do mercado.

Ao cruzarmos os fatores elencados pelos autores acima, os *fatores internos à empresa* e o um *mal projeto do produto e menores prazos para desenvolvimento*, podem ser considerados complementares, contribuindo para o fracasso de novos produtos. O fato do produto não ser bem projetado, muitas vezes devido à prazos curtos de desenvolvimento que contribuem para uma baixa qualidade técnica das atividades de desenvolvimento, executadas por diversas áreas de conhecimento, impulsionam o surgimento de falhas de novos produtos, o que torna possível a inserção nesse contexto do método de avaliação de riscos proposto pelo estudo.

2.3. O porquê de desenvolver novos produtos

A vantagem competitiva de uma empresa na economia globalizada está diretamente relacionada com sua capacidade de introduzir novos produtos no mercado e que estes produtos venham a atrair a atenção dos clientes, os quais remuneram os investimentos feitos pela empresa (QUINTELLA E ROCHA, 2006).

Dentro deste mesmo conceito Shulman (2003) cita que “novos produtos são o motor número um do crescimento da renda”, pois podem expandir a base de consumidores, atraindo novos clientes, ajudam a reter os atuais, aumentar a participação de mercado e a participação no negócio de cada cliente, proteger a empresa de avanços da competição, motivar empregados e partes envolvidas ao lidar com condições humanas que buscam a novidade.

Porter (1998) já destacava as empresas inovadoras como fundamentais no desenvolvimento econômico das nações mais competitivas, tanto em função de sua maior rentabilidade, quanto devido à natureza dos empregos que geram, que demandam maior qualificação, obtendo em contrapartida melhor remuneração. Gobe et al.(2004) complementa essa idéia e afirma que “a superação da expectativa dos consumidores, por meio de produtos e serviços inovadores, assegura vantagens competitivas e permite à empresa a ocupação de posições de liderança, em mercados altamente competitivos. Adverte que a constante mudança do mercado, impõem atenção redobrada nas questões relacionadas à

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

competitividade, e que neste cenário, as organizações devem ser dotadas de decisões criativas, sejam de nível estratégico ou operacional”.

Labin (2000) afirma que em empresas de sucesso, cerca de 40 a 60% do faturamento corresponde a produtos que há cinco anos inexistiam no mercado, evidenciando assim, a importância de integrar o estudo das inovações tecnológicas ao conjunto das ações de reflexão estratégica das empresas.

É perceptível a convergência das afirmações apresentadas pelos diversos autores. Kotler (2000) também compartilhada essa mesma filosofia e comenta que todas as empresas devem desenvolver novos produtos, pois é isso que definirá seu futuro. Produtos de reposição devem ser criados para manter ou aumentar as vendas. Os clientes querem produtos novos e os concorrentes farão o possível para fornecê-los.

Com isso, muitas evidências mostram que o desenvolvimento efetivo de novos produtos tem um impacto significativo nos custos, na qualidade, na satisfação dos clientes e na construção de vantagens competitivas significativas pelas empresas (CLARK & FUJIMOTO, 1991).

2.4. Conclusão do Capítulo

Além de ser um processo altamente interfuncional, o processo de desenvolvimento de produtos é também fundamental para toda e qualquer empresa. Isso porque é nele que são concretizadas as estratégias e ações da empresa que têm como foco sua relação com o cliente. E seu papel estratégico tem se tornado cada vez mais importante e complexo. Com a reestruturação do ambiente competitivo e o avanço tecnológico, o desenvolvimento de produtos vem sendo pressionado, de um lado, pela necessidade de atender às expectativas do cliente da melhor forma possível e, de outro, pela aceleração da dinâmica do mercado, que exige a inovação constante em ciclos de tempo cada vez mais comprimidos (COOPER, 1995).

O desenvolvimento e lançamento de novos produtos são condições essenciais àquelas empresas que pretendem se destacar junto aos seus mercados e que pretendem sobreviver ao longo do tempo. Toda a empresa, qualquer que seja o porte ou setor, precisa gerar produtos e serviços inovadores.

Novos produtos têm que demonstrar não apenas alto nível de qualidade técnica e custo competitivo, mas, principalmente, vantagens superiores aos produtos concorrentes nos

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

mercados globais. Nesse ambiente de inovação, a inter funcionalidade do processo torna-se ainda mais relevante, pois, como afirma Voss (1994), “a inovação é um dos processos mais inter funcionais”. A estruturação de equipes multifuncionais para o desenvolvimento de produtos vem, justamente, atender a essa configuração interfuncional que o ambiente competitivo e de mercado exigem.

Considerando essa realidade características intrínsecas ao projeto de novos produtos são a incerteza e a complexidade. Sendo assim, podemos concluir que, o processo de desenvolvimento de novos produtos é complexo, lida com incertezas, as quais influenciam diretamente no sucesso do produto no mercado, tornando-o um conjunto desafiador e crítico de atividades. Ainda, para ser bem sucedido, depende de uma adequada sincronização e sinergia entre as fases de PDP, áreas funcionais e contam com equipes multifuncionais de trabalho.

CAPÍTULO 3. Gerenciamento de Riscos em Desenvolvimento de Produto e sua Origem na Inovação



“O risco passou de inimigo a oportunidade, e o futuro foi colocado a serviço do presente” (BERNSTEIN, 1997).

Devido à demanda crescente por produtos inovadores, as equipes de desenvolvimento de produtos têm se deparado com uma grande quantidade de situações novas e complexas que carregam consigo muitas incertezas, ressaltando com isso a necessidade de concentrar esforços em atividades de gerenciamento de riscos. A importância do gerenciamento de riscos está justamente associada à característica intrínseca presente em todos os projetos, que é a incerteza.

Este capítulo tem como principal objetivo apresentar uma breve contextualização teórica e conceitual do processo de gerenciamento de riscos, inserindo-o no desenvolvimento de novos produtos, bem como, destacando seus aspectos relevantes que justificam a proposição de métodos para avaliação de riscos. Isso porque a exposição ao risco é um dos maiores desafios à sobrevivência das organizações.

3.1. Risco e suas definições

A concepção moderna de risco tem suas raízes no sistema de numeração indo-árabico que alcançou o Ocidente há cerca de setecentos a oitocentos anos. Desde o início da história registrada, os jogos de azar – que em sua essência representam o próprio ato de correr riscos – têm sido um passatempo popular e, muitas vezes, um vício. Foi um desses jogos e não alguma pergunta profunda sobre a natureza do capitalismo ou visões do futuro que inspirou a incursão revolucionária de Pascal e Fermat pelas leis das probabilidades (BERNSTEIN, 1997).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Segundo Sheyin (1974) Pierre de Fermat, matemático francês, nasceu a 17 de agosto de 1601 em Beaumont-de-Lomagne, perto de Montauban a sudoeste da França e morreu em 12 de janeiro de 1665 em Castres, França. É um dos criadores da Teoria da Probabilidade. Fez contribuições fundamentais para a geometria analítica, teoria dos números, e geometria infinitesimal (o precursor do cálculo). Ele é mais conhecido pelo seu “Último Teorema” em teoria dos números: não há grandezas inteiras positivas para x, y, z , e n com $n > 2$ e que satisfaçam $x^n + y^n = z^n$.

Blaise Pascal nasceu em Clermon Ferrand, França em 1623 e morreu em 1662. Por causa das suas contribuições à ciência, matemática, religião e filosofia, ele é considerado uma das figuras mais importantes do pensamento ocidental. Pascal fez contribuições importantes à compreensão da pressão atmosférica e as propriedades dos fluídos e foi pioneiro na proposição de um método experimental rigoroso. Inventou a primeira máquina de somar mecânica em 1642 e contribuiu com a geometria infinitesimal (a precursora do cálculo). Pascal é considerado um dos pais da teoria matemática de probabilidade e estudou a ordem dos coeficientes binomiais que agora levam o seu nome (Triângulo de Pascal).

Pascal dedicou o final de sua vida à religião. A sua famosa aposta relativa à existência de Deus é essencialmente baseada em termos do valor esperado: os benefícios infinitos de acreditar na existência de Deus têm um valor esperado infinito, embora seja pequena a probabilidade de Sua existência.

A importância de Fermat na história da probabilidade deve-se à correspondência trocada com Blaise Pascal no problema dos pontos (determina a divisão do dinheiro apostado quando um jogo de azar entre jogadores com chances iguais estiver suspenso). Fermat deu uma solução baseada no cálculo de permutações. Esta correspondência é considerada por muitos como sendo o começo do desenvolvimento da teoria matemática das probabilidades.

Contudo, até aquele momento no decorrer da história, as pessoas se entregaram a esses jogos sem recorrer a nenhum dos sistemas de probabilidades que determinam nos dias de hoje as vitórias e derrotas. O ato de enfrentar riscos era livre, não sendo regido pela teoria da administração do risco (BERNSTEIN, 1997).

Mas o estudo sério do risco começou no Renascimento, quando as pessoas se libertaram das restrições do passado e desafiaram abertamente as crenças consagradas. Foi uma época em que grande parte do mundo seria descoberta e seus recursos explorados. Uma época de turbulência religiosa, de capitalismo nascente e de uma abordagem vigorosa da ciência e do futuro.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Definições usuais de risco traduzem-no por perigo, inconveniência, probabilidade de perigo. Mas algumas definições mais recentes remetem a outras definições aplicáveis tecnicamente, já sob a ótica do gerenciamento de riscos em projetos, o qual será abordado com maior detalhe na seção 3.3 deste capítulo.

Ainda segundo Bernstein (1997) a fronteira entre os tempos antigos e os modernos não é definida pelo progresso da ciência, da tecnologia ou do capitalismo, mas pela idéia de que é possível dominar o risco, ou seja, de que não estamos passíveis às vontades da natureza.

A palavra risco deriva do italiano antigo *risicare*, que significa ousar e no sentido de incerteza, é derivada do latim *risicu* e *riscu*. Nesse contexto, a palavra risco deve ser interpretada como um conjunto de incertezas encontradas quando ousamos fazer algo, e não apenas como problema. Essas definições e o próprio entendimento de que risco é uma incerteza nos indicam que as consequências desse evento não são, necessariamente ruins ou negativas. Incertezas podem ter consequências negativas, mas podem, igualmente, tê-las positivas. Isso configura uma natureza dupla do risco: impactos positivos ou negativos sobre os resultados do projeto (SALLER Jr. et al., 2007). Nesse mesmo sentido, a definição de riscos feita pelo PMI (Project Management Institute) comunica uma importante quebra de paradigma quando aborda riscos de efeitos negativos e positivos, ao ressaltar que “risco é um evento ou condição incerta que, se ocorrer, provocará um efeito positivo ou negativo nos objetivos do projeto, como tempo, custo, escopo ou qualidade” (PMI, 2004). Os eventos que originam resultados favoráveis são chamados de oportunidades e os eventos que originam resultados desfavoráveis são chamados de riscos (PINTO, 1998).

Raftery (1994) e Woiler e Mathias (1996) discutem a diferenciação entre risco e incerteza. Geralmente, diz-se que o risco possui atributos quantificáveis, ou seja, os estados futuros possíveis e suas respectivas probabilidades de ocorrência são conhecidos, enquanto a incerteza não possui atributos quantificáveis. Raftery (1994) afirma que, para objetivos práticos de tomada de decisão em gerenciamento de projetos, esta distinção tem pouca utilidade. Afinal, para aqueles que fazem a distinção, a única diferença entre risco e incerteza é o grau de conhecimento pessoal sobre um evento futuro. Woiler e Mathias (1996) citam que o risco faz parte da nossa vida e é impossível eliminá-lo, quer porque não é possível coletar todas as informações relevantes, quer porque não é possível prever o futuro.

Considerando as definições acima é válido afirmar que as incertezas consistem em um conjunto de eventos sobre o futuro, porém desconhecidos e que podem resultar em eventos favoráveis ou desfavoráveis, bem como, ameaças ou oportunidades para o projeto de produto.

Dentro dessa mesma realidade Bastias (1997) cita que risco é uma ou mais condições de uma variável que possua o potencial suficiente para degradar um sistema, seja interrompendo e/ou ocasionando o desvio das metas, em termos de produto, de maneira total ou parcial, e/ou aumentando os esforços programados em termos de pessoal, equipamentos, instalações, materiais, recursos financeiros, etc. Também salienta que todos os elementos de um sistema de produção apresentam um potencial de riscos que podem resultar na destruição do próprio sistema. Considerando esta definição, podemos inserir com clareza o contexto de risco associado às falhas potenciais dos componentes críticos de novos produtos, foco do presente estudo.

3.2. Risco em Projetos de Produto

A origem do risco reside nas incertezas presentes em todos os projetos, principalmente quando se trata de novos projetos. Uma primeira justificativa para essa afirmação apóia-se no fato de que os projetos são realizados por pessoas e cada pessoa reage de modo diferente ao mesmo estímulo ou a uma situação de risco. Essas reações vão impactar substancialmente as condições de desenvolvimento do projeto. As decisões empresariais apresentam uma complexidade de fatores, quando se trata de aversão ou susceptibilidade ao risco, porque os fatores relacionados à empresa se somam e misturam-se aos relacionados ao indivíduo (ou grupo de indivíduos) decisório na determinação do perfil de comportamento da organização frente ao risco. Wideman (1992) resume essa situação ao afirmar que risco de projeto é o efeito cumulativo das chances da ocorrência de uma incerteza adversa que afetará os objetivos do projeto.

As fontes de risco e incerteza são numerosas e originam-se da própria indústria ou do seu ambiente. Segundo Porter (1989), a maior parte dos observadores concordaria com a afirmativa de que a incerteza aumentou tremendamente nos últimos anos, em decorrência de fatores como preços flutuantes da matéria-prima, oscilações nos mercados financeiros e de moeda, a revolução eletrônica e o crescimento da concorrência internacional. De maneira complementar, Woiler e Mathias (1996) afirmam que a principal fonte de riscos em projetos é o alto volume de informações envolvido e a projeção para o futuro. Nestas condições, a análise do projeto é realizada sobre uma base variável: os dados coletados e processados não passam de estimativas, em sua grande maioria, e o futuro possivelmente não se comportará como o estimado.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Com relação às informações do projeto, pode-se dizer que existem duas classes de risco: aquele referente aos fatores internos ao projeto e às projeções, em geral sujeitas a um controle parcial (*fontes endógenas de risco*), e aquele externo sobre os quais não se tem controle (*fontes exógenas de risco*). Basicamente as *fontes endógenas de risco* são aquelas associadas às estimativas e/ou hipóteses internas adotadas. Sobre estes fatores a empresa pode exercer um maior grau de controle, tais como: volume de investimento, custo de produção, eficiência na operação, etc. As *fontes exógenas de risco* são aquelas sobre as quais a empresa tem pouco ou nenhum controle e estão associadas às estimativas e/ou hipóteses externas, tais como: situação econômica geral no país e no exterior, a situação econômica do setor (inclusive o tipo de competição), o ritmo de mudança tecnológica, as preferências dos consumidores, entre outros (WOILER e MATHIAS, 1996).

O PMI (2004) também caracteriza as duas classes de riscos de projetos identificando-os e organizando-os em categorias de risco. Ressalta que estas categorias devem ser bem definidas e devem refletir fontes comuns de risco para a indústria ou área de aplicação. Basicamente, os riscos de projetos são divididos em duas grandes categorias: riscos externos e internos ao projeto. Riscos externos são aqueles sobre os quais a empresa ou o gerente de projeto tem pouco ou nenhum controle. Já os riscos internos são aqueles associados às hipóteses e estimativas internas adotadas, sobre os quais a empresa tem maior grau de atuação e controle, estando sob a responsabilidade do gerente de projeto.

Para Kerzner (2002), risco de projeto deve ser entendido como uma combinação da probabilidade e da consequência de não se atingir um determinado objetivo do projeto. Considerando que um risco constitui a falta de conhecimento sobre os eventos que poderão ocorrer no futuro, ele sugere definir risco como um efeito acumulado que os eventos adversos poderiam ter sobre os objetivos do projeto. Segundo o autor, todo risco apresenta três principais componentes:

- Um **evento** (uma mudança inesperada);
- A **probabilidade** de ocorrência desse evento;
- O **Impacto** desse evento (o montante arriscado).

Além desses componentes, Kerzner (1998) aponta as **causas** dos eventos de risco como outro elemento fundamental de um risco, cujo conhecimento é essencial para o seu gerenciamento. Miguel (2002) complementa afirmando que “cada risco pode ser decomposto

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

numa causa e um efeito, sendo que a causa tem uma probabilidade e o efeito tem uma dimensão ou impacto". Enquanto Kerzner coloca a probabilidade de ocorrência do evento de risco como um dos componentes do risco, Miguel decompõe o risco em duas dimensões e atribui a probabilidade à causa do risco.

Dentro desse mesmo raciocínio, diversos outros autores estabeleceram basicamente três elementos para caracterizar os riscos:

- **Probabilidade de ocorrência** do evento;
- **Impacto** em caso de ocorrência;
- e suas principais **Causas**.

O problema mais difícil, numa análise de risco, é justamente a estimativa das probabilidades. A probabilidade é, desta forma, uma medida de incerteza. Assim, mesmo que o problema seja novo para o gestor, ele sempre terá informações a respeito (sem informação alguma o problema fica realmente difícil), que lhe dão uma certa sensibilidade acerca da incerteza dos fatores envolvidos. Com um pouco de esforço de imaginação, ele pode quantificar o grau de certeza (ou incerteza) que tem sobre cada fator. Com isso, estará definindo, em termos numéricos, a probabilidade de ocorrência do fator que ele acha razoável.

Inserido neste contexto, o presente estudo apresenta diretrizes para a concepção de uma metodologia de avaliação do impacto causado pelos riscos em caso de ocorrência, através da avaliação da criticidade envolvida, com base em suas principais causas, as quais desencadeiam a identificação dos modos de falha associados, objetos da avaliação de criticidade.

3.3. Gerenciamento de Riscos em Desenvolvimento de Produto e suas características

Smith e Merritt (2002) descrevem resumidamente a complexidade do processo de gerenciar riscos:

Nos vários livros ou artigos sobre riscos, nós encontramos muita confusão sobre o gerenciamento de riscos, tendo como base diferentes interpretações dos vários termos envolvidos. Isto é compreensível, porque risco é uma palavra popular em nosso vocabulário do dia-a-dia. Entretanto, esta popularidade pode trabalhar contra

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

nós quando estamos falando de gerenciar riscos em projetos, onde temos que ser muito mais precisos sobre o que estamos pensando.

Tendo em vista essa consideração, é importante que, inicialmente, se estabeleça qual é o entendimento corrente sobre a definição de gerenciamento de riscos no contexto de projetos. Para isto, apresentam-se a seguir algumas definições para essa questão.

Gerenciamento de riscos é o processo que guia os gerentes de projeto pela ampla gama justamente associada à característica intrínseca presente em todos os projetos, que é a pois as decisões são, normalmente, tomadas com base em informações incompletas. (PEDROSO, 2007).

A Alta Administração das empresas tem a responsabilidade para fazer julgamentos e tomar decisões apropriadas que levarão a organização ao sucesso. O ideal seria que as decisões fossem tomadas sob condição de total certeza, em que todas as informações necessárias estivessem disponíveis e o grau de confiança nos resultados também fosse previsível. Na realidade, a maioria das decisões é tomada sem as informações necessárias e, portanto, com certo grau de incerteza nos resultados. Em alguns casos extremos de compulta falta de informação, nada é conhecido sobre o possível resultado da decisão e uma total incerteza prevalece (WIDEMAN, 1992).

Para Hall e Hulett (2002) “[...] Gerenciamento de risco é a arte e a ciência de planejamento, avaliação (identificação e análise), desenvolvimento e monitoração de ações sobre os eventos futuros para assegurar resultados favoráveis ao projeto”. O sentido de arte está relacionado ao gerenciamento de pessoas e o de ciência à utilização de processos e metodologias.

A finalidade do gerenciamento de riscos é identificar os fatores de riscos para o projeto e então estabelecer um plano de gerenciamento dos riscos para minimizar a probabilidade de os mesmos ocorrerem ou minimizar os impactos no projeto.

Kimura e Perera (2003) destacam a relevância do gerenciamento de riscos:

A questão da gestão de riscos vem apresentando crescente importância no contexto empresarial. Com o aumento da interdependência dos mercados, as empresas tornam-se mais vulneráveis aos diversos fatores de risco. Aspectos econômicos, financeiros e até mesmo movimentações competitivas propagam-se rapidamente, podendo afetar consideravelmente os resultados das empresas.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

De modo geral o gerenciamento de risco pode ser entendido como o processo de tomada de decisão que visa minimizar as consequências de possíveis eventos negativos no futuro, ou em outras situações, maximizar os benefícios de possíveis eventos positivos. Kerzner (1998) afirma que um gerenciamento de riscos apropriado implica em controlar possíveis eventos futuros, de maneira pró-ativa e não reativa.

Para Wideman (1992)

[...] de forma simples, os objetivos do gerenciamento de riscos são:

- Identificar os fatores que poderão causar impacto nos objetivos de Escopo, Qualidade, Prazo e Custo do projeto;
- Quantificar a probabilidade e o impacto de cada fator;
- Criar uma referência dos fatores não controláveis;
- Mitigar os impactos influenciando os fatores controláveis.

De acordo com essas definições, se observa que o gerenciamento de riscos tem forte relação com o processo de planejamento e controle, sendo, então, uma abordagem pró-ativa para identificar riscos potenciais, analisá-los e planejar as respostas necessárias (KAHKONEN e HUOVILLA, apud SAURIN, 2002). Quanto mais rápido os problemas forem identificados, mais efetivas serão as medidas corretivas visando o cumprimento do programa. O acompanhamento e controle realizado por meio de coleta e análise de dados, busca maior eficácia, garantindo que o planejamento seja executado a contento (TUBINO, 1997).

Como constatou Royer (2000) um dos fatores mais críticos que promovem o insucesso de um projeto é a falta de gerenciamento dos riscos e a não-mitigação dos mesmos. Sem mitigar os riscos, freqüentemente um projeto caminha para ter sérios problemas no seu gerenciamento. “Se você não tem tempo ou recursos para mitigar os riscos agora, tenha certeza absoluta de que você deverá ser ter tempo ou recursos para ataca-los quando se tornarem problemas” (HALL e HULETT, 2002).

3.4. Contexto atual da adoção do Gerenciamento de Riscos pelas empresas

Segundo Smith & Merritt (2002) poucos projetos de desenvolvimento de produtos praticam o gerenciamento de riscos de forma adequada. Perceberam que algumas empresas parecem lidar melhor com o risco do que outras e que dentro das próprias empresas encontram-se projetos muito bem sucedidos no gerenciamento dos riscos e outros nem tanto. Na verdade, quando procuraram analisar as causas destas discrepâncias, descobriram que não

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

existiam quaisquer processos para tomada de decisão perante os riscos e sim decisões baseadas no que as empresas podiam ou não suportar, o que, naturalmente, em algumas situações, levavam o projeto ao sucesso, em outras, levavam ao fracasso. Da mesma forma, Ferreira & Ogliari (2004) constataram por intermédio de um estudo de caso, realizado em uma empresa de grande porte, que a equipe de projeto somente identifica as eventuais ameaças que possam surgir durante o PDP de maneira bastante informal, intuitiva e sem a utilização de ferramentas apropriadas.

Kerzner (2002) afirma que empresas altamente qualificadas reconhecem que o gerenciamento de riscos é parte da cadeia de valor agregado. Segundo Santafé Jr. & Costa (2002), observa-se no panorama mundial que profissionais de diferentes áreas de atuação têm buscado o uso de métodos no âmbito da análise de riscos.

Nesse mesmo contexto Srhneier e Mirrolli (1998) mencionam que,

[...] os altos executivos vêm andando cada vez mais na corda bamba. Os investidores pagam um prêmio para a empresa que melhor souber lidar com o risco, mas correr esse risco pode fazê-la cair de joelhos, porque ele só se faz crescer com o mercado globalizado, que trouxe mais complexidade e aumentou as chances de as coisas darem errado.

Corrêa e GIANESI (1994), também advogam a necessidade de ações que minimizem as condições de risco, uma vez que é impossível eliminar todos os componentes incertos, ou seja, sempre existirá certo grau de incerteza afetando as variáveis envolvidas no processo.

Também, Raz & Michael (1999) verificaram em uma pesquisa realizada com 84 empresas em Israel que desenvolvem softwares e produtos de alta tecnologia, que as ferramentas e técnicas utilizadas por estas empresas na identificação de riscos são praticamente as mesmas, independente se o processo de gerenciamento de riscos ocorre de forma completa ou não. De acordo com os autores é relativamente fácil identificar os riscos de um projeto de forma informal, mas é necessário ter um processo de gerenciamento de riscos estruturado que utilize métodos, ferramentas e técnicas apropriados para tarefas mais complicadas como analisar, responder e controlar os riscos de um projeto, que permitam conferir ao projeto uma maior probabilidade de sucesso.

3.5. Conclusão do Capítulo

Risco é uma característica comum a todos os projetos. Todos os projetos têm algum grau de incerteza devido às suposições associadas a eles e ao ambiente em que são executados. Os projetos demandam tomada de decisão e toda decisão, seja ela espontânea ou refletida, envolve uma análise do risco de cada uma das alternativas que se apresentam.

Os projetos os quais têm um número elevado de riscos requerem um gerenciamento de risco mais rigoroso e a gerência deverá ficar mais focada nos mesmos. Embora os riscos não possam ser eliminados completamente, muitos podem ser antecipados e controlados proativamente. Com isso, se a adoção de estratégias corretas é o que define o futuro de uma organização, gerenciar adequadamente os riscos, minimizando a probabilidade de ocorrência de um dado evento e o impacto ocasionado pelos eventos, a que a empresa se expõe, significa contribuir para que a organização tenha um futuro promissor.

A palavra risco está associada à possibilidade de as coisas não ocorrerem como o previsto, acarretando efeitos positivos ou negativos aos objetivos do projeto. Dessa forma é possível observar as duas dimensões mais relevantes do risco, quais sejam, o risco visto como uma ameaça à sobrevivência da organização, e o risco visto como algo que, quando bem administrado, pode representar potencial de crescimento e oportunidades para o negócio. A importância deste entendimento é reforçada por Gilley et al. (2004) que defendem que a habilidade de operar a níveis mais baixos de risco está associada à “economia de escala e competências de negócio”.

Todo risco é caracterizado pelos seguintes fatores:

- as variações das métricas de controle do projeto) ou a incerteza sobre estimativas, que poderá afetar um ou mais objetivos do projeto;
- **Probabilidade deste Evento ocorrer:** é a medida da probabilidade de ocorrência do evento;
- **Impacto:** é a consequência sobre os objetivos do projeto se o evento ocorrer;

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- **Causas:** é o que determina a existência / ocorrência de um evento.

Segundo Kerzner (2006) **Risco** pode ser conceitualmente definido como a **função de probabilidade e impacto**:

$$\text{Risco} = f(\text{Probabilidade, Impacto})$$

Ou seja, o risco é dependente da probabilidade de ocorrer e do impacto por ele gerado. O estudo em questão vai utilizar-se dos parâmetros definidos pela ferramenta FMEA para a quantificação dessa probabilidade.

Assim sendo, a arte de gerenciar riscos de projeto busca resolver as incertezas potenciais com antecipação. É um conjunto de processos proativos que são acionados para eliminar ou minimizar os problemas antes que ocorram, maximizar as oportunidades e, consequentemente, aumentar a probabilidade de sucesso dos projetos. Não são todas as incidências que podem ser previstas, assim como alguns riscos potenciais que tem pouca probabilidade de ocorrência, podem de fato ocorrer. Entretanto, muitas incertezas podem ser antecipadas e deverão ser gerenciadas através de um processo pró-ativo de gerenciamento de riscos dentro do processo de desenvolvimento de produto.

CAPÍTULO 4. Avaliação de Riscos no Desenvolvimento de Novos Produtos



“Somente através do reconhecimento e apreciação integral dos riscos existentes, é possível compreender e tratar os potenciais problemas e dificuldades” (MIGUEL, 2002).

Como citado em capítulos anteriores, o risco está presente em todos os aspectos de nossas vidas, porém seu gerenciamento ao longo do desenvolvimento de novos produtos é, na maioria das vezes, um processo informal, desestruturado, baseado em senso comum, experiência própria e instinto. O mesmo vale para o gerenciamento de risco em projetos que apesar de ter sido desenvolvido nos últimos anos, ainda é visto como um complemento, ao invés de ser uma parte integrante da prática efetiva de gerenciamento de projetos. Ainda, apresenta um processo fundamental denominado avaliação de risco, por meio do qual é possível determinar as causas dos riscos, quantificar seu impacto, caso o mesmo efetivamente ocorra, objetivando a busca de ações corretas para mitigar as ameaças e/ou oportunidades potenciais.

Sendo assim, esse Capítulo tem como finalidade apresentar um breve resumo dos principais processos do gerenciamento de riscos em desenvolvimento de produto, enfatizar o processo “Avaliação de Riscos”, foco do método proposto pelo estudo e inserir as falhas de novos produtos no contexto de risco, mais especificamente, como um fator de risco, justificando-as também através dos custos de qualidade gerados pela ocorrência dessas falhas. Ressalta ainda a adoção da teoria Lógica Paraconsistente na redução das incertezas e subjetividade presentes na opinião dos especialistas que avaliam os riscos potenciais associados às falhas, no decorrer do processo de desenvolvimento de produtos, compilando-a de forma convergente.

4.1. Processos do Gerenciamento de Riscos em Desenvolvimento de Produto e ações para gerenciá-los

Não se pode omitir o fato de que a definição completa de um risco é obtida ao longo do seu processo de gerenciamento ao longo do desenvolvimento de produtos e para tal, vários modelos de gerenciamento de riscos estão disponíveis na literatura, sendo que de maneira geral, são bastante similares. A Tabela 3 apresenta alguns modelos de gerenciamento de risco com seus processos constituintes.

Tabela 3 – Modelos de Gerenciamento de Riscos

Autores	Processos de Gerenciamento de Riscos						
	Planejamento Gerenciamento dos Riscos	Identificação dos Riscos	Análise dos riscos (Qualitativa e Quantitativa)	Mapeamento e Priorização dos riscos	Desenvolvimento de respostas aos riscos	Documentação e controle do risco	Monitoramento dos riscos
Kerzner (2002)		x	x		x	x	
Pinto (1998)		x	x		x	x	
PMI (2004)	x	x	x	x	x		x
Valeriano (1998)	x		x		x		
Verzuh (2000)		x			x	x	
Smith & Merritt (2002)		x	x	x	x		x
Wideman (1992)		x	x		x	x	

Nota-se que a maioria dos processos de gerenciamento de riscos, propostos pelos diversos autores, apresentam claramente as etapas fundamentais.

Os processos de gerenciamento de riscos foram desenvolvidos para atender muito mais do que apenas identificar os riscos; eles também quantificam as consequências dos riscos em função do impacto que terão sobre os objetivos do projeto. A saída deste processo é um risco que pode ser aceitável ou inaceitável. A aceitação ou não aceitação de um risco é normalmente dependente do nível de tolerância ao risco pelos stakeholders (PEDROSO, 2007).

Ao propor os processos essenciais para gerenciamento dos riscos, Smith e Merritt (2002) definem cinco passos fundamentais:

1. **Identificação dos riscos** – identifica todos os possíveis riscos que poderiam ocorrer.
2. **Análise dos riscos** – determina quais as causas dos riscos, qual o montante arriscado e as possibilidades de ocorrência;

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

3. **Mapear e Priorizar os riscos** – determina quais riscos são prioritários no processo;
4. **Solucionar os riscos** – desenvolve respostas aos riscos prioritários;
5. **Monitorar os riscos** – regularmente monitora o que está acontecendo no projeto em termos dos riscos, se as respostas foram adequadas, se novos riscos surgiram, etc.

Seguindo um raciocínio similar, Wideman (1992) define o Gerenciamento de Riscos como um processo sistemático de identificação, análise, desenvolvimento de respostas e controle dos riscos de projetos, compreendendo os seguintes processos:

1. **Identificação dos riscos** – examinar a situação, identificar e classificar os riscos e suas causas;
2. **Análise dos riscos (Quantitativa e Qualitativa)** – efetuar a Análise Qualitativa dos Riscos para determinar os prioritários; calcular (Análise Quantitativa) a probabilidade de ocorrência, a consequência e o impacto dos riscos;
3. **Desenvolvimento de respostas aos riscos** – desenvolver, avaliar e implementar medidas para reduzir a probabilidade ou controlar os riscos, principalmente atuando sobre as causas;
4. **Controle dos riscos** – monitorar as causas e os riscos, assegurar a execução do plano de gerenciamento dos riscos e documentar as lições aprendidas.

O autor comenta que o processo de gerenciamento de riscos depende do desenvolvimento do modelo matemático que tenha foco sobre os atributos críticos do risco, principalmente as causas. O desenvolvimento desse modelo deve atender a dois importantes objetivos. O primeiro é o de ajudar na quantificação do impacto contra outros riscos e seus planos de respostas e assim decidir quais merecem atenção. O segundo é o de mostrar todas as causas prioritárias que poderão desencadear os riscos para que sejam formulados planos efetivos de ataque.

No momento da elaboração desse modelo de risco de projeto, Wideman (1992) aponta algumas premissas básicas para sua construção, que devem ser consideradas para que o gerenciamento de riscos possa ser executado em harmonia com estratégia da organização:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

1. **Riscos e Oportunidades são interdependentes.** Normalmente, em um projeto, o que é ameaça para um acionista é oportunidade para outro. Portanto, deve-se ter um esforço sistêmico e contínuo na identificação dos riscos para que no momento da decisão sobre as alternativas tenha-se o conhecimento dos que precisam ser evitados;
2. **Evoluem ao longo do tempo e em cada fase demandam respostas distintas.** Riscos novos aparecem, riscos desaparecem, o impacto do risco não foi o esperado, as causas se modificaram; portanto, quanto mais cedo forem identificados e controlados, o seu gerenciamento terá mais opções e será mais eficaz;
3. **A percepção e a aceitação dos riscos variam entre organizações e pessoas.** Para tanto, é necessário que se conheçam as técnicas e a política de tomada de decisão da organização e seu comportamento perante o risco.

Para efeito deste trabalho, será adotado o modelo de Wideman (1992) como representativo do processo de gerenciamento de riscos em projetos de desenvolvimento de produto, a fim de apoiar a proposição de uma metodologia de avaliação de riscos, por meio dos seguintes processos:

1. Identificação dos riscos
2. Avaliação ou Análise dos riscos:
 - 2.1 Análise qualitativa de riscos;

O objetivo do processo ***Identificação dos riscos*** é gerar uma lista refinada daqueles que podem ameaçar ou gerar oportunidades em relação aos objetivos do projeto (HILSON, 2001). Segundo Sales Jr. et al. (2007) a identificação pode ser desenvolvida em três etapas distintas e complementares:

- a) Analogia com projetos anteriores;
- b) Identificação de novos riscos;
- c) Desenvolvimento de uma lista de riscos do projeto e sua categorização.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

A analogia refere-se ao esforço em buscar informações históricas e conhecimento acumulado em projetos de natureza semelhante que porventura tenham sido realizados anteriormente, tanto internamente, na própria organização, quanto com relação a referências externas, que mantenham históricos de riscos em projetos. A analogia está associada ao fato de que nenhum projeto novo significa uma lista de riscos inteiramente nova. Projetos de mesma característica tendem a ter um número bastante grande de riscos típicos, portanto podem se repetir em projetos subseqüentes.

Segundo o PMI (2004) a *Identificação dos Riscos* é o processo pelo qual se procura determinar quais deles poderão afetar o projeto e documentar suas características, além de classificá-los de acordo com suas causas. Procura transformar as incertezas do projeto em riscos bem definidos (tangíveis), que podem ser descritos e medidos (PEDROSO, 2007). Trata-se de um processo iterativo, porque novos riscos podem surgir durante o ciclo de vida do projeto. A freqüência das iterações e de quem deve participar de cada ciclo varia caso a caso. A equipe do projeto deve estar envolvida de forma a desenvolver um senso de responsabilidade pelos riscos e tomar as ações necessárias. Os riscos identificados formam uma base para o inicio das atividades de gerenciamento de riscos.

De fato, identificar riscos é responder à seguinte questão: “O que pode dar errado?”.

Vesper (2005) cita que para reduzir os riscos, é necessário “ter um melhor entendimento deles, como identificá-los, mensurá-los e, quando apropriado, os métodos mais adequados para controlá-los”. Conforme Brasiliano (2003), após a identificação e descrição dos processos e recursos, há a necessidade de descobrir os riscos que podem afetar o desempenho dos respectivos processos. Para isso, é necessário o conhecimento de cada tipo de risco, sua probabilidade de ocorrer e seu impacto.

Assim, a *Avaliação ou Análise dos Riscos* é necessária para se determinar a importância relativa de cada risco identificado. As informações geradas a partir da análise dos riscos objetivam a redução do impacto negativo e o aumento potencial dos benefícios decorrentes nos riscos positivos (oportunidades) do projeto.

A *Análise Qualitativa do Risco* é o processo avalia a prioridade dos riscos identificados, usando sua *probabilidade de ocorrência* e o *impacto* correspondente nos objetivos do projeto, se os riscos ocorrerem. As definições dos níveis de probabilidade e de impacto, as entrevistas com peritos e a avaliação da qualidade da informação disponível no projeto podem ajudar a corrigir as polarizações, que estão freqüentemente presentes nos dados

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

usados neste processo. A análise qualitativa do risco deve ser revista durante o ciclo de vida do projeto, para ficar atualizada de acordo com as mudanças nos riscos do projeto.

Os principais objetivos da *Avaliação de Riscos* são: prevenir, prever falhas, minimizar técnico-científico pelo qual o risco previsto em um sistema é modelado e quantificado, dependendo de fatores incontroláveis ou pouco conhecidos, os quais estão sujeitos à incerteza do comportamento futuro de várias variáveis (AYYUB e BENDER, 1999).

O gerenciamento de riscos precisa estar integrado ao processo de desenvolvimento de produto (PDP), onde as iterações são planejadas e em uma abordagem iterativa, os riscos são mitigados mais cedo, porque os elementos são integrados progressivamente. Uma vez que cada iteração exerce muitos aspectos do projeto, torna-se mais fácil descobrir até que ponto os riscos percebidos estão se materializando, como também descobrir novos e insuspeitos riscos.

4.2. Falhas de Novos Produtos e seu Gerenciamento com a Avaliação de Riscos

Dentre os diversos fatores de risco que permeiam o processo de desenvolvimento de novos produtos destacam-se nesse estudo as falhas de produtos, mais especificamente, as falhas ocorridas nos sistemas / componentes dos produtos.

De acordo com Rausand e Oien (1996), a falha representa um conceito fundamental para a análise de confiabilidade, sendo a falha definida como o término da habilidade de um item para o desempenho de uma requerida função. A qualidade de uma análise de confiabilidade depende fortemente da habilidade do analista em identificar todas as funções desempenhadas pelos componentes e as possíveis falhas com potencial de ocorrência.

Falha pode ser definida como uma alteração prejudicial nos atributos ou na estrutura de um sistema. Trata-se de um evento do qual não se pode prever com exatidão o momento em que acontecerá. As falhas em um sistema usualmente são antecedidas por um conjunto de fatores e condições de risco que expressam a predisposição à desorganização. As situações, ao serem analisadas e avaliadas, podem demonstrar que a origem da falha está na não observação, não análise e não avaliação dos aspectos e fatores que a antecedem.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Jackson e Carter (1992) conceituam risco sempre em termos de probabilidade à possibilidade de um sistema falhar. Contudo não trabalham com a probabilidade de falha visto que preferem trabalhar com a possibilidade, pois consideram que a visão probabilística apenas se preocupa com a ocorrência de um evento dentro de uma população de amostras, ao inverso da possibilidade que enfoca um evento em particular.

A falha de um produto, mesmo que prontamente reparada pelo serviço de assistência técnica e totalmente coberta por termos de garantia, causa, no mínimo, insatisfação ao consumidor. Isso porque, os consumidores esperam que os produtos adquiridos funcionem como anunciado pelo fabricante. Falhas resultam na insatisfação dos consumidores e elevação de custos com modificações de projeto, processos de fabricação, reparos e subsequente aumento dos custos de garantia, redução das vendas e danos à imagem corporativa (PRIEST e SÁNCHEZ, 2001).

O presente estudo focar-se-á nas falhas potenciais de componentes de novos produtos. Uma falha de componente de um produto pode ser entendida como qualquer tipo de mau funcionamento que leve à perda de desempenho não aceitável na realização de determinadas tarefas. Falhas podem ocorrer de modo abrupto, as quais geralmente causam a parada do componente afetado, e de modo lento. Estas ocorrem de modo gradual, ocasionando perda de desempenho no sistema e fadiga dos componentes sobrecarregados.

4.2.1. Falhas de novos produtos x Custos da Qualidade: justificativa para a necessidade de se avaliar riscos

Na seção anterior destacaram-se as falhas potenciais de novos produtos como um fator de risco para o desenvolvimento de novos produtos. Essas falhas por sua vez, além de contribuírem para a degradação da imagem do produto, geram, entre outros, significativos custos de garantia para a empresa, a qual é responsável por corrigir o problema apresentado,

garantia estão inseridos no contexto de custos da qualidade e devido à sua relevância, tornaram-se mais um dos fatores que motivou a escolha desse contexto no desenvolvimento desse estudo. Sendo assim, é importante destacar a interdependência existente entre falhas de produtos e os custos da qualidade.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

As diversas definições de custos da qualidade variam de acordo com a definição de qualidade adotada pelas empresas, o que leva a diferentes aplicações e interpretações.

conformação aos requisitos do produto. Assim, se a qualidade pode ser associada à conformação, deduz-se que os problemas de conformação e as medidas que visem evitá-los acarretam um custo. Então, o custo da qualidade seria formado pelos custos de manter a conformidade adicionados aos custos da não-conformidade. Ou seja, falta da qualidade gera prejuízo, pois quando um produto apresenta defeitos haverá um gasto adicional por parte da empresa para correção dos defeitos ou a produção de uma nova peça.

Juran (1992), por sua vez, afirma que custos da qualidade são aqueles que não deveriam existir se o produto fosse fabricado perfeitamente logo da primeira vez, ou seja, se não houvesse falhas na produção e no projeto do produto, que levam a retrabalhos, desperdícios e perdas da produtividade. Feigenbaum (1994) também inseri os custos com falhas nos requisitos de produção e projeto no contexto de custos da qualidade, depois que o produto já se encontra nas mãos do cliente. O autor classifica os custos da qualidade em quatro categorias: Prevenção e Avaliação, que são Custos de Controle (ou da Qualidade); e Falhas Internas e Externas, que são Custos das Falhas de Controle (ou da Não-Qualidade). Vale ressaltar que esta classificação de Feigenbaum tem sido utilizada, até o momento, pela maioria dos autores que aplicam e discutem os conceitos de custos da qualidade.

Dentro dessa mesma linha de raciocínio Sakurai (1997) diz que custo da qualidade pode ser definido como o custo incorrido por causa da existência, ou da possibilidade de existência, de uma baixa qualidade. Por essa visão o custo da qualidade é o custo de se fazer as coisas de modo errado. O autor segrega os custos da qualidade em três tipos: custos incorridos para delinear um ambiente em que os funcionários possam trabalhar eficientemente; custos incorridos pela expectativa de falhas, que abarcaria os custos de prevenção e de inspeção ou avaliação; custos incorridos por falhas ocorridas (custos das falhas internas e externas). Classificam ainda os custos de prevenção e de avaliação como custos voluntários, pois podem ser controlados por decisão da empresa e os custos de falhas internas e externas como custos involuntários.

Resta que, mesmo com algumas distinções entre os autores citados, as classificações dos custos da qualidade encontradas na literatura tendem a se resumirem em custos de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

prevenção, custos da avaliação e custos das falhas internas e externas. Cabe, então, conceituá-las convenientemente (WERNKE e BORNIA, 2000).

Segundo Feigenbaum (1994):

Os *custos de prevenção* são todos os custos incorridos para evitar que falhas aconteçam. Tais custos têm como objetivo controlar a qualidade dos produtos, de forma a evitar gastos provenientes de erros no sistema produtivo. Como custos de prevenção classificam-se: planejamento da qualidade, revisão de novos produtos, treinamento, controle de processo, análise e aquisição de dados, relatórios de qualidade, planejamento e administração dos sistemas de qualidade, controle do projeto, obtenção das medidas de qualidade e controle dos equipamentos, suporte aos recursos humanos, manutenção do sistema de qualidade, custos da qualidade, gerenciamento da qualidade, estudos de processos, informação da qualidade e outros.

Os *custos de avaliação* são os gastos com atividades desenvolvidas na identificação de unidades ou componentes defeituosos antes da remessa para os clientes internos ou externos. Classificam-se como custos de avaliação: equipamentos e suprimentos utilizados nos testes e inspeções, avaliação de protótipos, novos materiais, testes e inspeções nos materiais comprados, testes e inspeções nos componentes fabricados, métodos e processos, inspeções nos produtos fabricados, verificações efetuadas por laboratórios e organizações externas, mensurações visando ao controle de qualidade do processo, auditoria nos estoques de produtos acabados, avaliação da deterioração das matérias primas e componentes em estoque, custo da área de inspeção, depreciação dos equipamentos de testes, testes de confiança e outros.

Os *custos das falhas externas* são os associados com atividades decorrentes de falhas fora do ambiente fabril. Como falhas externas, classificam-se os custos gerados por problemas acontecidos após a entrega do produto ao cliente como atendimento de reclamações, custos associados ao manuseio e substituição do produto devolvido, reparos dos produtos devolvidos, substituição dos produtos dentro do prazo de garantia, atendimento a defeitos de fabricação, custos do departamento de assistência técnica, refaturamento, multas por entregas fora do prazo contratual, gastos com expedição e recepção, vendas perdidas, insatisfação dos clientes e outros.

Relativamente aos *custos das falhas internas*, podem ser definidos como aqueles custos gerados por defeitos que são identificados antes que o produto ou serviço chegue até o

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

cliente (OSTRENGA et al., 1993). Ou seja, são os custos incorridos devido a algum erro do processo produtivo, seja por falha humana ou falha funcional. Quanto antes forem detectados, menores serão os custos envolvidos para sua correção. Inserem-se neste segmento a perda de material e trabalho resultante da rejeição de um produto por ter sido classificado como refugo ou sucata, correção das unidades defeituosas, retrabalho, custo do material utilizado na recuperação de atrasos, custo financeiro do estoque adicional de suprir falhas, perdas oriundas de material fornecido com defeito, tempo perdido devido à deficiência de projeto, paradas de produção, tempo de espera e outros (FEIGENBAUM, 1994).

Por sua vez, JURAN e GRYNA (1991) citam três principais objetivos que levam as empresas à avaliação dos custos da qualidade. O primeiro seria quantificar o tamanho do problema da qualidade em uma linguagem que tenha impacto sobre a administração superior, argumentando que a linguagem do dinheiro é inteligível a todos os níveis hierárquicos. Outro objetivo seria identificar as principais oportunidades para redução dos custos da má qualidade, tendo em vista que, encontrada a origem em alguma causa específica, torna-se mais fácil tentar eliminar ou minimizar estes custos. Mencionam ainda a possibilidade de identificar as oportunidades para diminuição da insatisfação dos consumidores e as respectivas ameaças às vendas. Dizem que alguns custos da má qualidade surgem somente após a venda e que parcela desses custos é paga pelo fabricante na forma de despesas de garantia, reclamações, etc. O fabricante, arcando ou não com esses defeitos, elevam os custos para o consumidor em virtude de tempo fora de uso ou outros inconvenientes. A análise dos custos do fabricante complementada pela pesquisa de mercado sobre os custos da má qualidade para o consumidor pode evidenciar áreas vitais dos custos, levando à identificação do problema.

Considerando os conceitos e definições acima apresentados, o método proposto pelo estudo em questão funciona como uma ferramenta para otimizar o dispêndio de *custos de avaliação*, por meio da otimização de testes funcionais e de durabilidade dos componentes de novos produtos, bem como da quantidade de protótipos necessários; de *custos das falhas externas*, os quais na maioria das vezes necessitam ser cobertos como garantia e ainda de *custos das falhas internas* originados pelo não atendimento das especificações do projeto do produto durante o processo de desenvolvimento do produto. Se o produto não satisfizer às especificações, significa que situa-se abaixo do critério mínimo para seu sucesso comercial.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Através do método apresenta-se com clareza a inter relação existente entre as falhas de novos produtos e a geração de custos de qualidade, o que torna essencial a adoção de métodos para avaliação dos riscos associados à esse contexto.

4.2.2. Ferramenta para identificação de falhas de produto – FMEA de produto

Conforme citado anteriormente, para que possamos avaliar a criticidade das possíveis falhas dos componentes, é necessário primeiramente, identificá-las e posteriormente gerir de uma forma mais ampla os riscos associados a tais falhas. Para que isso seja possível, o presente estudo adotou a ferramenta FMEA de produto (*Failure Mode and Effects Analysis*).

A ferramenta FMEA (*Análise dos Modos de Falha e Efeitos*) surgiu por volta de 1949 e destinava-se às análises de falhas em sistemas e equipamentos do exército americano, onde era avaliada a sua eficiência baseando-se no impacto sobre uma missão ou no sucesso de defesa pessoal de cada soldado. Na década de 60, foi aprimorada e desenvolvida pela NASA, quando foi tomando espaço nos setores aeronáuticos. Porém, desde 1976 vem sendo usada no ramo automobilístico e atualmente constitui-se numa ferramenta imprescindível para as empresas fornecedoras deste segmento. Observa-se que a maioria dos fornecedores da indústria automobilística utiliza esta ferramenta em consonância com a norma ISO/TS 16.949:2002.

No ambiente industrial, a ferramenta FMEA pode ser entendida como uma metodologia sistemática que permite identificar potenciais falhas de um sistema, projeto e/ou processo, com o objetivo de eliminar ou minimizar os riscos associados, antes que tais falhas aconteçam. O objetivo é eliminar os modos de falha ou reduzir os riscos associados.

Segundo Simões (2004) a FMEA é uma ferramenta de análise que foi desenvolvida para ser aplicada principalmente a componentes, cujo objetivo primordial é radiografar cada um dos componentes de um sistema a fim de levantar todas as maneiras pelas quais o componente possa vir a falhar e avaliar quais os efeitos que estas falhas acarretam sobre os demais componentes e sobre o sistema (instalação, equipamento, etc.). É uma ferramenta útil para documentar de forma organizada os modos e os efeitos de falhas de componentes, ou seja, investiga-se o componente a fim de levantar todos os elementos, incluindo as ações

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

inadequadas do ser humano, que possam interromper ou degradar o seu funcionamento e/ou do sistema ao qual o componente pertença.

A FMEA de produto varia entre avaliar as funções, materiais utilizados, componentes, tolerâncias, etc. Na prática, avalia-se, por exemplo, numa organização fornecedora para ramo automobilístico, a necessidade e as limitações de acabamentos superficiais, tolerâncias, capacidade do processo e, dessa forma, aumenta a probabilidade de que modos de falhas potenciais tenham sido previstos no projeto (AIAG, 2001). Uma análise deste tipo realizada em produtos ou processos servirá sempre de referência para que no futuro possa ser utilizada em análises de projetos semelhantes, contribuindo, dessa forma para a sistemática documentação da memória tecnológica da organização.

Na execução de uma FMEA, inicia-se o estudo a partir dos subsistemas mais simples do produto, ou seja, procura-se determinar os modos de falha dos itens mais simples, as suas causas, e de que maneira eles afetam os níveis superiores do sistema. Essencialmente, procura-se detectar para cada componente: como ele pode falhar; que partes do produto são afetadas; quais os efeitos sobre as funções do produto (alteração de desempenho); qual a gravidade dessas alterações de funções; e por fim, como prevenir as falhas (KAMINSKI, 2000).

Para Palady (1997) a FMEA é altamente subjetiva e requer um trabalho considerável de suposição em relação às possibilidades e à sua prevenção. Essa suposição é feita pelos especialistas no assunto, que acumularam experiência prática no projeto, processo ou serviço. Geralmente, a equipe pode usar como base, dados históricos de desempenho de gerações anteriores do projeto, a fim de contribuir para identificação de alguns modos de falha potenciais, de suas consequências e das causas atribuídas aos mesmos. Se não houver dados disponíveis ou se as revisões da nova geração do projeto forem tão drásticas que inviabilizem a utilização de dados históricos, a equipe deve se basear totalmente no seu conhecimento e experiência. Em resumo, pode-se afirmar que a ferramenta FMEA em si é objetiva e lida com informações subjetivas advindas da experiência de especialistas.

Sendo assim, a FMEA de produto é utilizada para avaliar possíveis falhas no projeto do produto antes da sua liberação para a manufatura. Enfoca as falhas do projeto em relação ao cumprimento dos objetivos definidos para cada uma de suas características e está diretamente ligado à capacidade do projeto em atender aos objetivos pré-definidos. FMEA de produto define a necessidade de alterações no projeto do produto, estabelece prioridades para

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

as ações de melhoria, auxilia na definição de testes e validação do produto, na identificação de características críticas e na avaliação dos requisitos e alternativas do projeto (STAMATIS, 2003).

A realização da FMEA ocorre através do preenchimento de um formulário específico pela equipe multifuncional, obedecendo aos critérios de clareza e objetividade. Neste formulário, as áreas envolvidas com o trabalho indicam seu posicionamento nos processos descritos. A Figura 8 ilustra um exemplo de formulário a ser preenchido pela equipe.

<i>Análise do Modo e Efeito de Falha</i>															
Cod_pec : _____ Nome da Peça: _____ Data: _____ Folla No. _____ de _____											<input type="checkbox"/> FMEA de Processo <input type="checkbox"/> FMEA de Produto				
Descrição do Produto/ Processo	Função(ões) do produto:	Tipo de Falha Potencial	Efeito de Falha Potencial	Causa da Falha em Potencial	Controles Atuais	Índices				Após de Melhoria					
						S	O	D	R	Ações Recomendadas	Responsável Prazo	Medidas Implementadas		Índices Atuais	
												S	O	D	R

S = Severidade O = Ocorrência D = Detecção R = Riscos

Figura 8 – Formulário FMEA

O estudo em questão utilizar-se-á da lógica da ferramenta FMEA somente para identificação e documentação das falhas potenciais.

Nos campos delimitados pelo formulário ilustrado na Figura 8, cabem as seguintes orientações para o seu correto preenchimento:

- Descrição do Produto / Processo: neste campo, a equipe deve identificar a etapa de processo e do produto em questão;
- Função (ões) do Produto: neste campo, a equipe deve identificar quais características devem ser atingidas;

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- Tipo de Falha Potencial: a equipe deve identificar como a característica pode não ser atingida e o que pode dar errado;
- Efeito da Falha Potencial: a equipe deve identificar quais os efeitos e as consequências imagináveis decorrentes de falhas;
- Causa da Falha: neste campo, a equipe deve identificar as causas potenciais que podem levar ao tipo de falha;
- Controles Atuais, na Prevenção: a equipe deve identificar se as medidas de prevenção da causa são existentes;
- Severidade (S) ou Criticidade: este campo é preenchido a partir de valores de uma escala definida para indicar o grau de severidade da falha, em caso de ocorrência;
- Ocorrência (O): este campo é preenchido a partir de valores de uma escala definida para indicar a probabilidade da causa ocorrer;
- Detecção (D): este campo é preenchido a partir de valores tabelados e indica quão eficaz é o método de detecção;
- Resultado (R) ou Índice de Risco (IR): o resultado é obtido a partir do produto entre os índices S (severidade), O (ocorrência) e D (detecção);
- Ações Recomendadas: este campo é preenchido a partir de ações previstas para redução do índice “R”;
- Medidas realizadas: este campo é preenchido a partir de ações efetivamente implementadas para redução do índice “R”.

Para a utilização do formulário FMEA é necessário recorrer aos valores tabelados dos índices de severidade (S), de ocorrência (O) e de detecção (D). A definição do índice de severidade, também conhecido como índice de criticidade, está associada, numa relação crescente, aos efeitos das falhas sobre a manufatura e sobre o cliente.

Segundo Puente et al. (2002), a FMEA basicamente consiste em dois estágios. Durante o primeiro estágio, possíveis modos de falhas de um produto ou processo e seus efeitos prejudiciais são identificados. Durante o segundo estágio, os times de engenheiros que trabalharam com a FMEA determinam o nível crítico (pontuação de risco) destas falhas e as

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

colocam em ordem. A falha mais crítica será a primeira do ordenamento e será considerada prioritária para a aplicação de ações de melhoria e tomada de decisão.

Portanto, pode-se dizer que o objetivo básico desta ferramenta é diminuir as chances do produto ou processo falhar durante sua operação, ou seja, busca aumentar a confiabilidade do produto ou processo.

“Confiabilidade é a probabilidade de um item desempenhar satisfatoriamente a função requerida, sob condições de operação estabelecidas, por um período de tempo predeterminado” (FREITAS & COLOSIMO, 1997).

Segundo Ireson & Coombs (1995) a definição mais aceita sobre o tema é: “Confiabilidade é a capacidade de um produto desempenhar a sua função sem falhar quando submetido a condições específicas, durante um período de tempo determinado ou número mínimo de ciclos ou eventos”. Sendo assim, a capacidade de um produto desempenhar sua função sem falhar está relacionada à eficácia de sua funcionalidade.

Segundo Silva (2007) eficácia reflete a qualidade e adaptabilidade dos produtos ou serviços, ou ainda, quão bem as expectativas do cliente estão sendo atendidas frente aos seus requisitos. A eficácia pode ser medida por meio dos resultados alcançados pela organização

qualidade medem como o produto ou serviço é percebido pelo cliente e a capacidade do projeto para atender os requisitos dos clientes. Pode-se ainda dividir os indicadores de qualidade em dois tipos:

- Indicadores de não-qualidade e
- Indicadores de qualidade.

A definição de indicadores de não-qualidade traduz adequadamente a relação quantidade de produtos produzidos x falhas ocorridas, as quais, por meio da ferramenta FMEA, tornam possível identificar, quantificar sua criticidade, probabilidade de ocorrência, impacto, bem como, ações que possam minimizá-las.

Os indicadores de não-qualidade avaliam a relação entre as deficiências/erros/falhas do produto / serviço com o total de produtos / serviços produzidos, num dado período. Multiplicando-se a relação por 100 obtém-se o resultado em percentual:

$$\frac{\text{Total de Deficiências/Erros/Falhas}}{\text{Total de Produtos/Serviços produzidos}} \times 100$$

Como exemplo, poderíamos definir um Indicador de não-qualidade de um produto como o percentual de produtos produzidos que apresentaram falhas, pelo total produzido:

$$\frac{\text{Produtos com Falhas}}{\text{Total de Produtos produzidos}} \times 100$$

Neste contexto a confiabilidade de um produto / processo é fortemente influenciada pelas decisões feitas durante a fase de projeto. Deficiências de projeto normalmente afetam a qualidade do produto e são mais caras de corrigir conforme o desenvolvimento do produto progride (PECHT, 1993). Com isso, é possível afirmar que a ferramenta FMEA é de grande utilidade para identificar a necessidade de um reprojeto, visando sua confiabilidade, como resultado da análise do projeto ou produto. Esta análise ajuda a aumentar o conhecimento do produto e as possíveis consequências das falhas decorrentes do projeto, assegurando que os resultados de qualquer falha, eventualmente ainda existentes, causem o mínimo impacto (BACK, 1983).

4.3. Convergência de Opiniões de Especialistas acerca do Risco associado às Falhas de Novos Produtos

Buscando identificar quais estratégias são mais apropriadas para o desenvolvimento de um projeto de produto em um ambiente incerto, permeado de riscos, a busca por soluções ou indicações de como prosseguir, usualmente, leva à consulta a um grupo de especialistas. Perguntando opiniões a respeito dos eventos futuros prováveis, essa consulta objetiva, principalmente, a minimização do impacto das incertezas e subjetividade em relação à tomada de decisão.

De acordo com Linstone e Turoff (1975), o ser humano tem uma maior predileção pela certeza do que pela incerteza. Mas, como afirmou Vichas (1982) vivemos em um mundo onde o futuro não é possível de ser determinado. Exatamente por isso é que o exercício de tentar descobrir os acontecimentos do futuro é rico e provê o mundo de novas descobertas. Também salienta que, a despeito de quão bem uma pesquisa é organizada, o julgamento de quem vai utilizar o seu resultado deve sempre ser levado em conta. Mas as tentativas de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

previsão, quando sérias e bem intencionadas, são fonte importante de aprendizado que, no mínimo, podem prover novas perspectivas e idéias.

Neste contexto, a compilação das opiniões de especialistas, de forma a se obter consenso das mesmas, não é uma tarefa fácil, visto que, a tomada de decisão é influenciada, entre outros fatores, pelos diferentes interesses do grupo de especialistas. Vichas (1982) justifica essa afirmação argumentando que, em condições informais, o meio mais natural de obter projeções sobre o futuro é perguntando aos especialistas individualmente, sendo raras as vezes em que se formam grupos organizados para a discussão de um determinado assunto. Além disso, quando uma opinião divergente emerge dentre outras já coletadas, é comum a argumentação a respeito, expondo os pontos de vista contrários, normalmente sem identificar as fontes.

Assim, a busca de convergência dentre as opiniões de um grupo de especialistas a respeito de eventos futuros, especificamente de riscos potenciais de novos produtos, é um processo estrategicamente importante, mas complexo. A convergência das opiniões dos especialistas representa uma consolidação do julgamento intuitivo do grupo e pressupõe que, o julgamento coletivo, ao ser bem organizado, apresenta melhores resultados do que a opinião de um só indivíduo.

Nesse contexto o estudo propõe que a opinião de especialistas acerca do índice de criticidade das falhas potenciais de novos produtos seja compilada através dos parâmetros lógicos paraconsistentes. A adoção da Lógica Paraconsistente Anotada como uma ferramenta neste estudo, atua na compilação das opiniões expressas pelos especialistas. A ferramenta baseia-se no uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas para apresentar um índice resultante de criticidade (*c*) - *Grau de Evidência Favorável (c)* e de inexistência de criticidade – *Grau de Evidência Contrária (ic)* dos modos de falhas potenciais.

4.3.1. Lógica Paraconsistente Anotada (LPA)

Os princípios binários da Lógica Clássica não admitem algumas das situações que acontecem com freqüência na vida real, como as situações contraditórias, as de indefinições, as de ambigüidades e aquelas vagas ou de pouca clareza (ABE e SILVA FILHO, 2000).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

As lógicas paraconsistentes são de uma classe de lógicas não clássicas e foram edificadas para se encontrarem meios de dar tratamento às situações contraditórias, demonstrando que as lógicas paraconsistentes são mais propícias no enquadramento de problemas ocasionados por situações de contradições, que aparecem quando lidamos com descrições do mundo real (DA COSTA, 1999). Para Abe e Silva Filho (2000), no mundo real, as inconsistências somente aparecem quando são emitidas opiniões por dois ou mais especialistas, sobre um mesmo assunto. Neste contexto, Lógica Paraconsistente mostra-se adequada para tratar a avaliação de riscos por meio da opinião de especialistas.

A Lógica Paraconsistente pode ser aplicada na prática quando se consideram *proposições* acompanhadas por *anotações*. Uma *proposição p* é uma afirmação que ou é verdadeira ou é falsa e sentenças são usadas para expressá-la. No estudo em questão, a *proposição* adotada é “*As falhas potenciais identificadas por meio da ferramenta FMEA apresentam algum grau de criticidade*”.

Já as *anotações* aparecem quando tratamos a Lógica Paraconsistente como uma Lógica Evidencial Anotada, na qual as conclusões são obtidas a partir de informações que não são categóricas, mas que apenas trazem *evidências* do fato a ser analisado (ABE & FILHO, 2000).

É digno de nota que uma *proposição anotada* pode receber uma *anotação composta por dois ou mais valores*, os quais se constituem na anotação da proposição *p* e, por isso, devem sempre ser levados em consideração conjuntamente como parâmetros para tomada de decisão. Nesse caso, um dos valores é denominado “*grau de evidência favorável (μ)*” e o outro, “*grau de evidência contrária (λ)*”. Na representação simbólica o *grau de evidência favorável* é o primeiro valor da anotação, sendo o *grau de evidência contrária*, o segundo valor.

O método consiste em estabelecer as proposições e parametrizá-las de forma a poder “isolar os fatores de maior influência nas decisões e, por meio de especialistas, obter anotações para esses fatores, atribuindo-lhes um *grau de evidência favorável* e um *grau de evidência contrária*”, no qual seus valores são independentes e podem variar de 0 a 1 (CARVALHO, 2002).

A constante de anotação (μ, λ) recebe uma leitura como se segue: μ é o grau de contrária ou grau de crença contrária da proposição *p*.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Assim, se p = “Há obstáculo à frente” e tivermos a anotação (0.8, 0.3), temos a proposição “Há obstáculo à frente” com evidência favorável 0.8 e evidência contrária de 0.3.

Segundo afirmações de Abe & Filho (2000) ao obter-se dois graus de evidência favorável acerca de uma mesma proposição, considerando as opiniões de dois especialistas

contrária. Para isso, torna-se necessário adotar o complemento deste grau em relação à unidade. Sendo assim,

Grau de evidência favorável 1 = 0,67 (Especialista A)

Grau de evidência favorável 2 = 0,72 (Especialista B)

Adota-se então:

Grau de evidência favorável 1 = 0,67 (Mantido)

Grau de evidência contrária = 1-0,72 (Grau de evidência favorável 2)= 0,28

Considerando esse conceito, o método descrito neste estudo propõe que a *proposição adotada* seja avaliada, coletando-se de um mesmo especialista, o *grau de duas evidências (favorável e contrária)* em relação à criticidade das falhas potenciais. A base de informações para coleta desses graus de evidência é subjetiva, visto que, depende da experiência dos especialistas envolvidos com o projeto de novos produtos, e que qualitativamente, contribuem para avaliar a criticidade presente no produto, em caso de ocorrência de determinadas falhas. Sendo assim, no estudo em questão, pode-se entender que:

- “*Grau de evidência favorável*” é o **grau de criticidade** apresentado por uma determinada falha potencial, representado por (c).
- “*Grau de evidência contrária*” é o **grau de inexistência de criticidade** apresentada por uma determinada falha potencial, representado por (ic).

O método propõe que ambos os graus sejam avaliados com base em uma escala de criticidade, a qual contém valores pré-definidos que variam de 0 a 1, sendo que, 0 = baixa criticidade e 1 = alta criticidade. Com isso, na anotação do “*Grau de evidencia favorável (c)*”, quanto mais próximo este estiver do valor 1 da escala, maior é a criticidade. Já para o “*Grau de inexistência de criticidade (ic)*” quando mais alto for esse grau, ou seja, mais próximo do valor 1 da escala, menor probabilidade de uma falha ser crítica, caso a mesma ocorra.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Cada par da anotação (μ, λ) constitui um estado lógico. Destacam-se os seguintes estados lógicos extremos (vértices) do QUPC:

$(1; 0)$ representa, intuitivamente, evidência favorável total e nenhuma contrária (traduz um estado lógico que chamamos de verdade, que é representado por V). Em outras palavras, há concordância entre os especialistas.

$(0; 1)$ representa, intuitivamente, nenhuma evidência favorável e contrária total (traduz um estado lógico que chamamos de falsidade, que é representado por F). Em outras palavras, há concordância entre os especialistas.

$(1; 1)$ representa, intuitivamente, ao mesmo tempo evidência favorável e contrária totais (traduz um estado lógico que chamamos de inconsistência, que é representado por \top), e

$(0; 0)$ indica ausência total de evidência favorável e de contrária (traduz um estado lógico que chamamos de paracompleteza ou de indeterminação, que é representado por \square).

Nos dois últimos estados lógicos pode-se dizer que há discordância e inconsistência entre as opiniões dos especialistas.

A Figura 9 representa o QUPC com estados lógicos extremos:

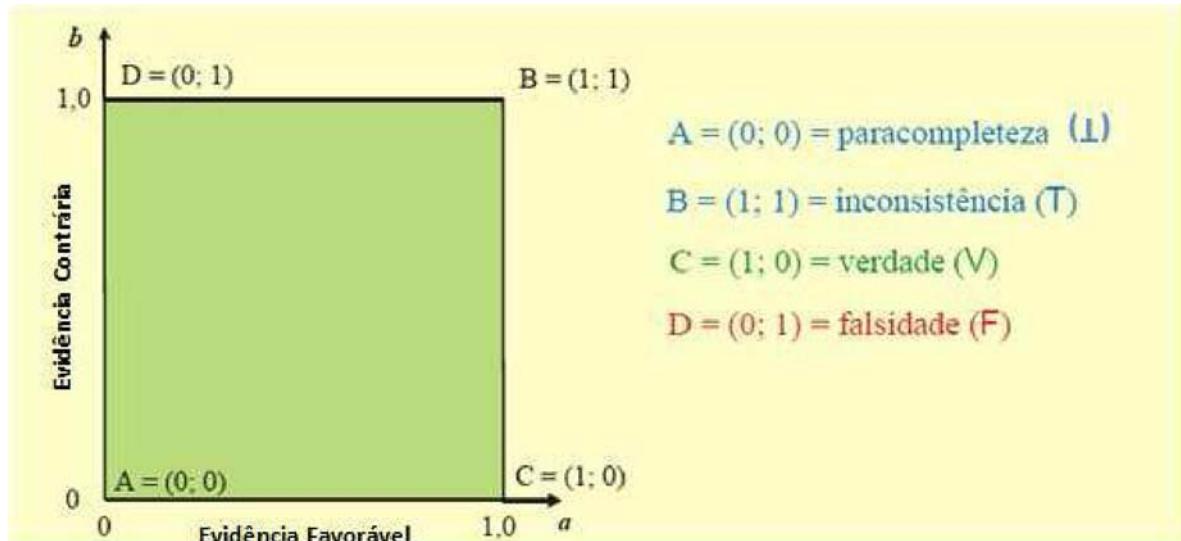
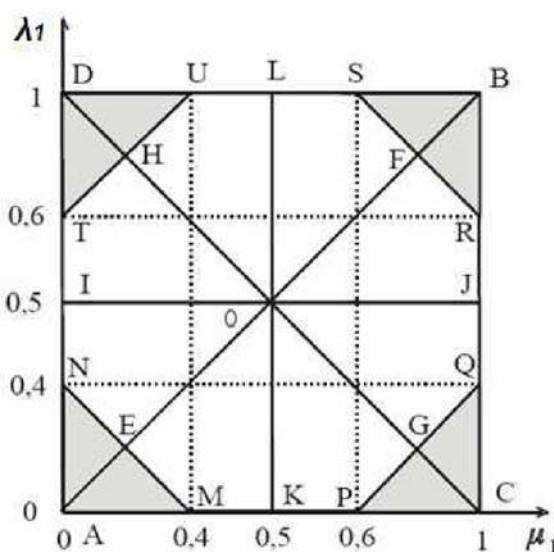


Figura 9 – Quadro Unitário Plano Cartesiano (QUPC) – Estados Lógicos Extremos (CARVALHO, 2006)

Em seguida, destacam-se os pontos que fazem fronteira com os estados lógicos extremos do QUPC, conforme Figura 10:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS



- AB:** linha perfeitamente indefinida
- CD:** linha perfeitamente definida
- MN:** linha limite de paracompleteza
- RS:** linha limite de inconsistência
- PQ:** linha limite de verdade
- TU:** linha limite de falsidade

Figura 10 – Quadrado Unitário do Plano Cartesiano (QUPC) – Pontos de fronteira com estados lógicos extremos

Segundo Abe & Filho (2000), com uso da LPA, as conclusões são obtidas por meio do equacionamento matemático no QUPC, como segue:

No QUPC, a reta AB tem uma equação característica dada por: $X-Y=0$. Usando os Graus de evidência favorável e de evidência contrária fica: $\mu-\lambda=0$. A distância da reta AB e qualquer uma das infinitas retas paralelas é calculada por $\mu-\lambda=d$. O valor obtido da distância d é denominado de “*Grau de Certeza- Gc*”.

Voltando ao QUPC traça-se uma reta entre os pontos C e D. Nesse caso, a distância d entre a reta CD e qualquer uma das infinitas retas paralelas pode ser calculada por $\mu+\lambda-1=d$. O valor obtido é denominado de “*Grau de Contradição-Gcontr*”. Quando os valores dos *graus de evidência favorável e contrária* são iguais, resulta em um valor de *grau de contradição nulo*, o que equivale a uma situação de *indefinição*.

Com este procedimento são obtidos pela análise do QUPC, dois eixos de valores, que uma vez sobrepostos e cruzados no ponto de indefinição dão origem ao reticulado da Lógica Paraconsistente Anotada, o qual é construído com valores de *Graus de certeza - Gc* e de *contradição - Gcontr*. Agora, para qualquer anotação, é possível saber quais são os valores do Grau de certeza e contradição.

Esta metodologia de uma interpretação através do QUPC permite que, de um reticulado da LPA puramente abstrato, possa se chegar a um reticulado de valores, o qual

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

permite a elaboração de um algoritmo. Um algoritmo pode ser definido como o modo de descrição de um processo, por meio de etapas sucessivas ou passos, com a finalidade de se conseguir um objetivo.

Com a possibilidade de se descrever qualquer ponto do reticulado através de valores obtidos por apenas duas equações, foi criado um algoritmo que permite aplicações práticas da LPA chamado de “Algoritmo Para-Analisador”.

No Algoritmo Para-Analisador as entradas são os *graus de evidência favorável e contrária*. O algoritmo, então, faz a análise e fornece duas saídas na forma de *Grau de Certeza e de Contradição*. Os passos necessários para obtenção dos 4 estados lógicos extremos são:

- 1) Cálculo do Grau de Contradição – $G_{contr} = \mu + \lambda - 1$;
- 2) Cálculo do Grau de Certeza – $G_c = \mu - \lambda$;
- 3) Determinar na saída os estados lógicos extremos.

Na prática, segundo Da Costa (1974) a LPA utiliza três diferentes operadores para compilação dos *graus de evidência favorável e contrária* avaliados pelos distintos e diversos especialistas, por meio algoritmo Para-Analisador. Ao citar especialistas distintos, salienta-se que a LPA admite que sejam coletadas opiniões de especialistas com diferentes experiências e áreas de atuação. E a quantidade de especialistas que podem fazer parte da avaliação é ilimitada. Com a LPA torna-se possível obter uma avaliação resultante no Para-Analisador com a aplicação dos seguintes operadores lógicos:

Operador NOT é definido por: $NOT(\mu, \lambda) = (\lambda, \mu)$. O operador NOT deve corresponder à negação da lógica anotada. Notemos que: $NOT V = F$ e $NOT F = V$.

O operador OR é definido por: $(\mu_1; \lambda_1) OR (\mu_2; \lambda_2) = (\max\{\mu_1, \mu_2\}; \max\{\lambda_1, \lambda_2\})$. Este operador tem o mesmo sentido da disjunção clássica, ou seja, o de maximização.

O operador AND é definido por: $(\mu_1; \lambda_1) AND (\mu_2; \lambda_2) = (\min\{\mu_1, \mu_2\}; \min\{\lambda_1, \lambda_2\})$. Seu sentido é o mesmo da conjunção clássica, ou seja, o de minimização.

Como citado anteriormente, o resultado advindo da LPA, obtido com a aplicação dos operadores lógicos, constitui um valioso subsídio para a decisão final (CARVALHO, 2002).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Para um melhor detalhamento dos conceitos da Lógica Paraconsistente, a função do QUPC foi descrita. Porém, o método proposto no estudo não utiliza o QUPC para compilação de seus dados resultantes que são a base para análises que subsidiam a tomada de decisão usando LPA, mas sim, somente, do conceito da LPA de se ter duas evidências anotadas para uma proposição, bem como, de operadores lógicos para compilação dos graus de evidência avaliados por especialistas diversos e distintos e do cálculo do Grau de Contradição para se obter a incerteza presente na avaliação dos especialistas, objetivo principal para utilização da Lógica LPA neste método.

Os operadores lógicos adotados pela LPA são extrapolados no método proposto para obtenção dos graus resultantes de criticidade e inexistência de criticidade. Partindo de conceitos oriundos dos critérios de tomada de decisão não probabilísticos Mín e Máx, definiu-se os parâmetros para aplicação dos operadores lógicos para avaliação do risco. Sendo assim, os critérios adotados foram:

MAXMÍN (MAX para c e MÍN para ic) = obtenção do posicionamento pessimista ou conservador para avaliação do risco, supondo que ocorrerá o pior evento possível na análise dos resultados das opiniões fornecidas pelos especialistas. Dessa forma, os índices de criticidade e inexistência de criticidade para cada modo de falha são examinados e escolhe-se aquele que fornecer o maior risco.

MÍNMAX (MÍN para c e MAX para ic) = obtenção do posicionamento otimista para avaliação do risco, supondo que ocorrerá o melhor evento possível na análise dos resultados das opiniões fornecidas pelos especialistas. Dessa forma, os índices de criticidade e inexistência de criticidade para cada modo de falha são examinados e escolhe-se o que fornecer o menor risco.

E, como um parâmetro intermediário selecionou-se a MEDIANA para obtenção do posicionamento intermediário para avaliação do risco, supondo que ocorre um maior número de eventos que se posicionam entre os piores e os melhores casos possíveis, na análise dos resultados das opiniões fornecidas pelos especialistas.

4.4. Conclusão do Capítulo

Diante das inúmeras incertezas e complexidade presentes no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) torna-se fundamental estudar os riscos que podem comprometer o bom andamento do mesmo. Este estudo torna-se mais relevante quando se trata do processo de projeto de produtos, já que é neste processo que as decisões mais importantes sobre a concepção do produto são tomadas e grande parte dos custos do ciclo de vida do produto é definida.

Os processos de gerenciamento de riscos em desenvolvimento de produto visam sistematizar e seqüenciar as ações que objetivam atingir um gerenciamento eficaz dos riscos de um dado projeto. De todos os processos apresentados nesse capítulo, os mais importantes para o início efetivo do gerenciamento dos riscos são: Identificação dos riscos e Avaliação ou Análise dos riscos. O primeiro fornece as ferramentas para uma efetiva identificação e o outro as ferramentas para ranquear os riscos, quantificando-os, determinando assim sua criticidade e consequentemente as prioridades de ação.

Por meio da identificação e análise das falhas potenciais que possam ocorrer no projeto de novos produtos procura-se minimizar os riscos inerentes aos novos produtos. Por sua vez, a ocorrência de falhas, além de representar riscos para os novos produtos, gera custos para a empresa, denominados custos da qualidade. Zemke (1993) acrescenta que as organizações que atendem às demandas de qualidade são vistas com olhos únicos por seus clientes, apresentando maiores taxas de retenção dos mesmos, além de relações com o consumidor mais sólidas, melhores receitas e margens mais lucrativas.

Desse modo, os custos da qualidade buscam identificar e apontar as falhas existentes, assim como os custos para se prevenir problemas decorrentes dessas falhas. Outro aspecto que

alguns limites.

Neste sentido, o FMEA pode ser considerado um elemento chave no processo de

confiabilidade e, consequentemente, satisfação dos seus clientes.

Todos os aspectos descritos remetem à uma indiscutível necessidade da avaliação dos riscos de novos produtos como um ponto de partida para a tomada de decisões e para outras ações gerenciais, evitando com isso dispêndios financeiros e gerenciais por parte das empresas. Mas, a tomada de decisão é composta por vários elementos que influenciam na solução que será adotada pelos tomadores de decisão. Um desses elementos mais significativos é o conhecimento. Segundo Brodbeck (1995), para que o tomador de decisão tenha uma boa base de conhecimento sobre a situação, deve se aproveitar das informações que circundam o problema e que possam auxiliar na sua resolução. Com isso, para se tomar uma decisão rápida e segura, a informação é um subsídio imprescindível. Neste estudo, as informações são providas por especialistas com experiência no desenvolvimento de produtos e de seus riscos associados. Porém, as opiniões expressas por especialistas podem ser contraditórias e incertas, o que dificulta a tomada de decisão. Com isso, teorias como a Lógica Paraconsistente Anotada disponibilizam meios de se realizar a compilação das opiniões de especialistas reduzindo, simultaneamente, as incoerências, incertezas e subjetividade que permeiam as avaliações.

CAPÍTULO 5. Proposta de Modelo para Avaliação de Riscos de Novos Produtos



“Antecipar uma provável falha é vital para o desenvolvimento de novos produtos. É preciso ter sensibilidade para identificar os projetos de produtos que poderão falhar no mercado”.

Esse capítulo tem como principal objetivo descrever sucintamente o método proposto pelo estudo em questão, baseado na opinião de especialistas, para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais de novos produtos, por meio da identificação e avaliação da criticidade dos modos de falha potenciais e apresenta um estudo de caso do produto caminhão como exemplo de aplicação.

5.1. Contextualização

O Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP) se utiliza de uma variedade de ferramentas, modelos e técnicas que auxiliam no desenvolvimento e nas especificações técnicas do produto. Essas ferramentas, de maneira geral, são incluídas nos modelos de desenvolvimento de produtos que, além de sugerir a aplicação dessas ferramentas em momentos específicos do projeto, buscam “descrever as atividades, recursos, informações, fases, responsabilidades e outras possíveis dimensões do processo” (ROZENFELD et al., 2006).

Conforme Padoveze e Bertolucci (2005), para se definir o modelo adequado para o gerenciamento do risco, é necessário primeiramente definir quais são os riscos existentes. A existência de riscos na organização está diretamente ligada ao tipo de negócios, produto, mercado, localização geográfica, nível de segurança existente, programas de sensibilização dos colaboradores, perfil de seus colaboradores, controles internos, entre outros. A gama de

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

variáveis é muito grande e, assim, observa-se que a identificação de sua causa exige um conhecimento profundo das características conjunturais da empresa, interpretando os sinais que a corporação emite no seu dia-a-dia.

Entretanto, segundo Nakashima e Carvalho (2004), muitas vezes a identificação dos riscos fica prejudicada pelo fato de que em muitas organizações, o normal é que cada especialista ou departamento tente encobrir suas deficiências ou camuflar seus riscos, dificultando o sucesso de seu gerenciamento. O modelo proposto também possibilita a minimização das consequências adversas advindas desses comportamentos.

5.2. Método Proposto para Avaliação de Riscos associados às Falhas Potenciais de Novos Produtos

O método proposto para avaliação de riscos associados às falhas potenciais de novos produtos considera que o projeto de produto esteja em desenvolvimento e pode ser utilizado no decorrer de todo o processo de desenvolvimento do produto. Como citado no Capítulo 4 o modelo focar-se-á em dois processos principais de gerenciamento de riscos em desenvolvimento de produto:

1. Identificação dos riscos;
2. Avaliação ou Análise dos riscos:
 - 2.1 Análise qualitativa de riscos;

O principal objetivo a ser alcançado pelo método proposto é a melhoraria do processo de tomada de decisão e gerenciamento dos riscos nos projetos de desenvolvimento de novos produtos, por meio da identificação e avaliação de quais falhas potenciais de novos produtos podem ocorrer em um ambiente de desenvolvimento de produto. Ainda, determinar a consistência da avaliação dos riscos com base na convergência / concordância das opiniões expressas pelos diferentes especialistas, acerca da criticidade dos modos de falha, bem como o índice resultante de criticidade, que o projeto de um novo produto possa potencialmente apresentar. Nesse sentido, quanto menos incerteza e inconsistência se tenha acerca do grau de risco avaliado pelos especialistas, mais assertiva e melhor embasada será a decisão. Para que essa assertividade seja alcançada, o método proposto disponibiliza duas dimensões de análise:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

1. Coleta informações de uma mesma base de dados e proporciona resultados que consideram a *incerteza, divergência e inconsistência presentes nas opiniões de diferentes especialistas*, minimizando-as, com a aplicação dos parâmetros lógicos paraconsistentes. Essa dimensão é importantíssima já que a percepção da falha do sistema depende tanto do conhecimento sobre o sistema quanto das características cognitivas do indivíduo que o percebe. Este, além de registrar os aspectos observados do sistema do qual faz parte, atribui significados e valores aos mesmos.

especialistas tendem a valorizar seu trabalho, de forma individualizada, procedimento esse que dificulta a comunicação, além de restringir, de maneira segmentada e dispersa, o conhecimento tecnológico do produto. Courtney, Kirkland & Viguerie (1997) alertam também para a armadilha de "se perceber incerteza de uma maneira binária - supondo que o mundo ou é certo e, portanto, aberto para previsões precisas sobre o futuro, ou é incerto e, portanto, completamente imprevisível".

2. Em seguida, apresenta os *componentes mais críticos do produto* em referência, após avaliação qualitativa dos riscos, os quais sugerem que ações para minimizá-los e mitigá-los sejam prioritariamente definidas. O Diagrama 2 apresenta um escopo geral do método proposto:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

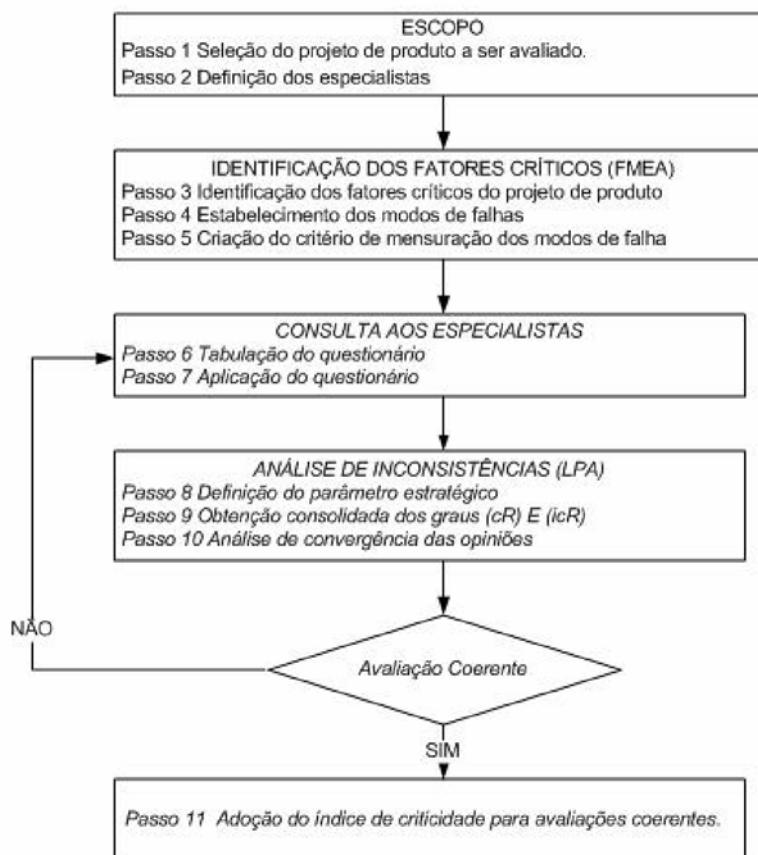


Diagrama 2 – Escopo do método para avaliação de riscos

Para o alcance do propósito do presente trabalho, adotaram-se 11 etapas de desenvolvimento, sinteticamente descritas a seguir:

Passo 1 Seleção do projeto de produto a ser avaliado.

Determina-se um novo produto para o qual se deseja realizar a avaliação dos riscos associados às falhas potenciais dos componentes críticos.

Passo 2 Definição dos especialistas

Selecionam-se especialistas diretamente envolvidos com o projeto do produto cuja função será identificar e avaliar os itens potencialmente críticos e faz-se a divisão em grupos de especialistas. Os grupos de especialistas são divididos considerando-se, principalmente, a experiência e especialização de cada um, bem como importância da opinião de cada um para tomada de decisão.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Passo 3 Identificação dos fatores críticos do projeto de produto

Com a utilização da técnica FMEA (de produto) os especialistas verificam conjuntamente as especificações utilizadas ou definidas pelo projeto, suas origens, seus critérios de aplicação, aceitação, controle e certificação visando avaliar qualitativamente seus fatores críticos.

Passo 4 Estabelecimento dos modos de falhas (seções)

De cada um dos fatores críticos do projeto de produto determinam-se os modos de falhas potenciais que justificam a sua criticidade.

Passo 5 Criação do critério de mensuração dos modos de falha.

Determina-se o mapeamento entre os índices de criticidade fornecida pelo FMEA e os critérios de percepção dos modos de falhas pelo cliente, visando fornecer um critério de mensuração que sirva de base para avaliação dos especialistas.

Duas variáveis servem de parâmetro para avaliação da criticidade, por meio dos valores da escala definida na etapa 5:

- Grau de criticidade (*c*)

O *Grau de criticidade (c)* corresponde ao “Grau de evidência favorável” advindo da Lógica Paraconsistente;

- Grau de inexistência de criticidade (*ic*).

O *Grau de inexistência de criticidade (ic)* corresponde ao “Grau de evidência contrária” advindo da Lógica Paraconsistente.

Passo 6 Tabulação do questionário

Elaboração de questionário de pesquisa em forma de planilha, cujas linhas apresentem os fatores e as seções a eles associados, identificados nas etapas 3 e 4, e as colunas, os especialistas definidos na etapa 2, que realizam a avaliação de criticidade.

Passo 7 Aplicação do questionário

Visando detectar inconsistências de opiniões de um mesmo especialista aplica-se o questionário em duas etapas:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- A primeira visa coletar o *grau de criticidade (c)*, ou seja, o quanto crítico cada especialista acredita que seja um determinado modo de falha, em caso de ocorrência do mesmo = “*Grau de evidência favorável*”;
- Alguns dias após a finalização da primeira coleta, aplica-se novamente o mesmo questionário, para os mesmos especialistas, com o objetivo de coletar o *grau de inexistência de criticidade (ic)* = “*Grau de evidência contrária*”.

Passo 8 Definição do parâmetro estratégico

Considerando que a análise de riscos de projetos é, por natureza, uma atividade impactar significativamente o sucesso de projetos, é de se esperar que padrões organizacionais estabelecidos forneçam diretrizes para a abordagem da avaliação da criticidade dos modos de falha identificados e avaliados (SALLES Jr. et al., 2007).

Defini-se o parâmetro estratégico que servirá de base para obtenção do índice resultante de criticidade e posteriormente, para tomada de decisão por parte do gerente de projeto. Esse parâmetro está diretamente relacionado à estratégia do negócio, definida no plano diretor da empresa, que pode apresentar-se, por exemplo, da seguinte forma:

- Conservadora (maior custo de fabricação/ menor percepção de falha pelo cliente);
- Intermediária (médio custo de fabricação/ média percepção de falha pelo cliente);
- Otimista (menor custo de fabricação/ maior percepção de falha pelo cliente).

O método aqui apresentado flexibiliza a avaliação de risco ao permitir a criação de outros agrupamentos para o parâmetro estratégico, além dos especificados acima.

Passo 9 Obtenção consolidada do grau de criticidade resultante (cR) e inexistência de criticidade resultante (icR)

A obtenção final dos graus de *criticidade resultante (cR)* e *inexistência de criticidade resultante (icR)*, tanto para cada grupo individual (Gr.A, Gr B, Gr C ...) bem como para a consolidação das opiniões dos diferentes grupos de especialistas, resulta da utilização dos

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

parâmetros lógicos paraconsistentes, para cada fator crítico e respectivos modos de falha, cuja aplicação depende diretamente do parâmetro estratégico anteriormente definido.

Para o parâmetro estratégico conservador, adota-se o maior *índice de criticidade* dentre os avaliados pelos especialistas (maior *c*), bem como o menor *índice de inexistência de criticidade* (menor *ic*). Para isso aplica-se a técnica de maximização (OR) para *c* (criticidade) e a de minimização (AND) para *ic* (inexistência de criticidade), como segue:

$$\begin{aligned} &[(\text{Gr.A c1})] \text{ OR } [(\text{Gr.B c2})] \text{ OR } [(\text{Gr.C c3})] \text{ OR } [(\text{Gr.D c4})\dots] \\ &[(\text{Gr.A ic1})] \text{ AND } [(\text{Gr.B ic2})] \text{ AND } [(\text{Gr.C ic3})] \text{ AND } [(\text{Gr.D ic4})\dots] \end{aligned}$$

Para o parâmetro estratégico otimista, adota-se o menor *índice de criticidade* dentre os avaliados pelos especialistas (menor *c*), bem como o maior *índice de inexistência de criticidade* (menor *ic*), como segue:

$$\begin{aligned} &[(\text{Gr.A c1})] \text{ AND } [(\text{Gr.B c2})] \text{ AND } [(\text{Gr.C c3})] \text{ AND } [(\text{Gr.D c4})\dots] \\ &[(\text{Gr.A ic1})] \text{ OR } [(\text{Gr.B ic2})] \text{ OR } [(\text{Gr.C ic3})] \text{ OR } [(\text{Gr.D ic4})\dots] \end{aligned}$$

Para o parâmetro estratégico intermediário, adota-se a mediana de ambos *índices (c)* e *(ic)* avaliados, como segue:

$$\begin{aligned} &\text{MEDIANA (c1; c2; c3; c4 \dots)} \\ &\text{MEDIANA(ic1; ic2; ic3; ic4 \dots)} \end{aligned}$$

Passo 10 Análise de convergência das opiniões dos especialistas

Considerando-se que o *grau de criticidade (c)* e o *grau de inexistência de criticidade (ic)* são complementares com relação à unidade define-se o *Grau de contradição (Gcontr)* como sendo $Gcontr = |[(c + ic) - 1]|$. O valor resultante determina quão convergentes são as opiniões dos diferentes especialistas acerca da criticidade dos modos de falha, ou seja, o grau de concordância entre os especialistas. Utilizam-se os valores absolutos dos graus de contradição resultantes, evitando valores negativos, os quais dificultam desnecessariamente a análise.

Paralelamente, é necessário se definirem os Níveis de exigência mínimo (Nexig mín) e máximo (Nexig máx), os quais, traduzirem os graus mínimo e máximo de contradição aceitos pelos gestores da empresa onde se realiza o estudo de caso, quanto à convergência

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

apresentada pelas opiniões expressas pelos diferentes especialistas acerca do índice de criticidade dos modos de falha, propiciando aos gestores clareza para decidirem entre as possibilidades em tela.

Para a definição dos níveis de exigência mínimo e máximo, efetua-se um paralelo com a escala de criticidade definida na etapa 5, considerando adicionalmente o parâmetro estratégico definido na etapa 8.

Sendo assim, admite-se que:

Se $G_{contr} \leq N_{exig\ min}$ então **Avaliação Coerente**, ou seja, praticamente não há divergência de opiniões.

Decisão: A avaliação de criticidade do modo de falha será **aceita e aplicada**;

Se $G_{contr} > N_{exig\ máx}$ então **Avaliação Inconsistente**, visto que a avaliação dos especialistas apresenta-se pouco confiável, devido à grande divergência das opiniões.

Decisão: A avaliação de criticidade do modo de falha, neste momento será **descartada**, sugerindo-se que a pesquisa seja refeita com especialistas diferentes;

Se $N_{exig\ min} < G_{contr} < N_{exig\ máx}$ então **Avaliação Incompleta**.

Decisão: Uma nova rodada de discussão entre os especialistas para coleta de informações adicionais deve ser realizada, visando a obtenção de resultados concretos que se ajustem ora na escala de coerência ou, no pior caso, de inconsistência.

Esta definição dos parâmetros para análise do grau de contradição, consiste na finalização da 1ª etapa decisiva para continuidade da avaliação de criticidade.

Passo 11 Adoção do índice de criticidade para avaliações coerentes.

Para os modos de falha cujo *Grau de contradição (Gcontr)* apresentar-se menor ou igual ao *Nível de Exigência mínimo (Nexig min)* pré-estabelecido, a avaliação da criticidade é classificada como “Coerente”. Para se poder avaliar a criticidade, é necessário que se determinar o *índice de criticidade* do modo de falha, da seguinte forma:

- Adotar o *grau de criticidade resultante (cR)*;

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- Transformar o *grau de inexistência de criticidade resultante (icR)* também em *grau de criticidade*. Para isso basta que seja feita sua subtração da unidade, ou seja, calculado o complemento do *grau de inexistência de criticidade* $cR1 = 1 - icR$. (ABE e SILVA FILHO, 2000);

Com isso, obtêm-se dois *graus resultantes de criticidade* (cR e $cR1$), os quais, de acordo com o conceito aplicado na pesquisa, são os índices de criticidade avaliados para cada seção. Visto que a criticidade de uma seção é um importante vetor para o surgimento de riscos, deve-se empregar o maior índice de criticidade dentre os dois obtidos na etapa anterior (cR ou $cR1$).

A alocação do maior índice de criticidade resultante na escala de criticidade adotada conduz aos resultados finais.

CAPÍTULO 6. Aplicação do Modelo



A metodologia de pesquisa acima descrita foi aplicada ao estudo de caso de uma empresa automobilística que desenvolve o produto caminhão, como descrito a seguir:

Passo 1 Seleção do projeto de produto a ser avaliado.

Adotou-se um projeto de produto caminhão em desenvolvimento pela empresa onde o método foi aplicado.

Passo 2 Definição dos especialistas

Definiram-se 5 grupos distintos de especialistas, a saber:

Grupo A – Especialistas em Projeto / Teste do Componente

Grupo B – Especialistas em Veículo Completo

Grupo C – Especialistas em Teste de Veículo Completo

Grupo D – Especialistas em Qualidade

Grupo E – Especialistas em Pós-Vendas

A seleção dos grupos de especialistas deu-se dessa forma pois os mesmos estão das expectativas dos clientes a respeito de um produto adequado e o monitoramento do atendimento a essas expectativas, durante o todo o processo de desenvolvimento do produto (Grupos D e E).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Passo 3 Identificação dos fatores críticos do projeto de produto

Tabela 4 – Componentes potencialmente críticos do projeto selecionado

COMPONENTES (FATORES)			
1	Alça de acesso	29	Compressor Monocilíndrico
2	Cablebridge	30	Acionamento do ventilador (Visco)
3	Chicotes elétricos	31	Disco de embreagem
4	Espelho retrovisor	32	Mancal / Rolamento da embreagem
5	Farol	33	Platô de embreagem mono disco
6	Lâmina (dianteira)	34	Trambulação Pneumática
7	Lâmina parabólica (traseira)	35	Trambulação Hidráulica
8	Lanternas traseiras	36	Tubulação de arrefecimento do câmbio
9	Mancal da mola (dianteira)	37	Cantoneira da quinta roda furada
10	Mancal do eixo (barra V p/ freio disco (trás.)).	38	Eixo completo
11	Mancal do eixo (barra V p/ freio tambor (trás)).	39	GW5
12	Mesa 5 roda	40	GW6
13	Mola auxiliar traseira	41	Disco do freio
14	Pára-barro dianteiro	42	Freio
15	Pré abafador	43	Pastilha
16	PTO	44	Suporte da válvula magnética
17	Quadro	45	Suporte do tanque de ar (Círculo 2)
18	Quinta roda	46	Suporte do tanques de ar (Círculo 1)
19	Sensor de temperatura	47	Suporte do tanques de ar (Círculo 2)
20	Suporte da chave eletromagnética	48	Suporte do tanques de ar (Círculo 3)
21	Suporte do câmbio	49	Suporte do tanques de ar (Círculo 4)
22	Suporte Motor 3 graus com reforço	50	Suporte do tanques de ar (Círculo 5)
23	Suspensão de cabina	51	Cintas dos tanques de combustível
24	Trinco da Porta	52	Suportes de fixação de tanques de combustível
25	Tubo Flexível	53	Tanque de combustível
26	Túnel cabina curta + Suspensão Confort	54	Arrefecimento do Retarder
27	Turbo Brake	55	Dog House
28	Vidro Elétrico	56	Mangueira de ar limpo para motor 3 e 4,5 graus
		57	Caixa de bateria

Identificaram-se 57 fatores críticos desse projeto de produto, que, na aplicação, são os componentes potencialmente críticos do produto caminhão (Tabela 4, vide supra).

Passo 4 Estabelecimento dos modos de falhas (seções)

Identificaram-se os modos de falha de cada fator, que no estudo, representaram os diferentes modos de falha potenciais dos componentes críticos selecionados. “Modo de Falha” é a descrição da forma com que um componente ou um sistema do produto poderia potencialmente falhar, ou não ser adequado ao atendimento das necessidades e expectativas de seus consumidores, no desempenho de suas funções, definidas pelo projeto. No desenvolvimento desse item, não foi considerado se, efetivamente, vai ocorrer ou não a falha,

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

mas quais são as formas possíveis de um certo modo (tipo) de falha em potencial ocorrer no produto, devido a deficiências no seu projeto. Após compilação dos dados, identificaram-se 107 modos de falha potenciais, como mostra a Tabela 5, abaixo.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAS

Tabela 5 – Componentes x Modos de Falha Potenciais

COMPONENTES (FATORES)		MODOS DE FALHA POTENCIAIS (SEÇÕES)
1	Alça de acesso	Trinca no tubo
2	Cablebridge	Falta de torque na fixação
3		Interferência com cardan no suporte
4		Soltura da cinta de fixação do chicote
5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão
6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário
7		Vibração
8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função
9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas
10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra
11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza
12		Quebra da fixação da lanterna
13		Quebra do conector da lanterna
14		Queima de lâmpada
15		Soltura do retro refletor
16		Trinca de lente
17	Mancal da mola (dianteira)	Quebra
18	Mancal do eixo (barra V p/ freio disco (trás.))	Quebra do suporte da barra V
19	Mancal do eixo (barra V p/ freio tambor (trás.))	Quebra do suporte da barra V
20	Mesa 5 roda	Trinca / quebra
21	Mola auxiliar traseira	Quebra da mola
22	Para-barro dianteiro	Quebra da abraçadeira
23		Trinca da abraçadeira
24	Pré abafador	(Novo)
25	PTO	Não ser possível montar
26	Quadro	Quebra da longarina
27		Quebra da travessa (travessa sob o câmbio tem maior risco de quebra)
28		Soltura dos parafusos
29	Quinta roda	Desgaste prematuro
30		Rompimento dos parafusos interno
31		Trinca na superfície fundida
32	Sensor de temperatura	Falha no sensor de temperatura
33	Suporte da chave eletromagnética	Atrito dos cabos de bateria no suporte
34	Suporte do câmbio	Quebra dos suportes
35	Suporte Motor 3 graus com reforço	Quebra dos suportes
36	Suspensão de cabina	Conforto ruim
37		Interferência da barra de ligação da suspensão
38		Interferência do estribo com o pára-choque
39	Trinco da Porta	Mal funcionamento do mecanismo
40	Tubo Flexível	Perda de torque nas fixações
41		Rompimento dos anéis
42	Túnel cabina curta + Suspensão Confort	Trinca no túnel
43	Turbo Brake	Dano de função
44		Quebra do turbo brake
45	Vidro Elétrico	falla no acionamento do vidro elétrico
46		Travamento do sistema
47	Compressor Monocilíndrico	Excesso de utilização do sistema
48	Acionamento do ventilador (Visco)	Vazamento no visco horton VS222
49	Disco de embreagem	Centrifugação do material de atrito
50		Desgaste do cubo
51		Desgaste do pré amortecimento
52		Desgaste excessivo do revestimento
53		Quebra da mola cushion
54		Quebra da mola de torção
55		Soltura dos rebites do revestimento

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

COMPONENTES (FATORES)		MODOS DE FALHA POTENCIAIS (SEÇÕES)
56	Mancal / Rolamento da embreagem	Contaminação por agente externo (partículas,etc)
57		Perda de lubrificação
58		Quebra Mancal / rolamento
59	Platô de embreagem mono disco	Perda de carga da placa de pressão
60		Perda de curso da placa de pressão
61		Quebra da mola membrana
62	Trambulação Pneumática	Arranhamento
63		Falha do módulo
64		Falha nos atuadores
65	Trambulação Hidráulica	Desgaste localizado da mangueira
66		Entrada de ar no sistema hidráulico
67	Tubulação de arrefecimento do câmbio	Ruptura do tubo
68	Cantoneira da quinta roda furada	Trinca / quebra
69	Eixo completo	Degradação prematura do óleo
70		Soltura do anel roscado de entrada do eixo HD7
71		Vazamento do óleo pelo cubo
72		Vazamento do óleo pelo retentor de entrada do eixo
73	GW5	Desgaste prematuro da compensação axial
74		Desgaste prematuro da cruzeta
75	GW6	Desgaste prematuro da compensação axial
76		Desgaste prematuro da cruzeta
77	Disco do freio	Contaminação da superfície do disco
78		Obstrução dos canais de ventilação
79		Quebra
80		Trinca
81	Freio	Não atendimento da norma ECE- R13
82	Pastilha	Contaminação da superfície do material de atrito
83		Trinca
84		Vitrificação
85	Suporte da válvula magnética	Quebra
86	Suporte do tanque de ar (Círculo 2)	Quebra
87	Suporte do tanques de ar (Círculo 1)	Quebra
88	Suporte do tanques de ar (Círculo 2)	Quebra
89	Suporte do tanques de ar (Círculo 3)	Quebra
90	Suporte do tanques de ar (Círculo 4)	Quebra
91	Suporte do tanques de ar (Círculo 5)	Quebra
92	Cintas dos tanques de combustível	Perda de torque da cinta
93		Ruptura da solda da cinta (dois lados)
94		Ruptura da solda da cinta (um lado)
95	Suportes de fixação de tanques de combustível	Perda de torque dos parafusos de fixações
96		Trinca / Ruptura dos suportes
97	Tanque de combustível	Furo no tanque
98		Soltura com ruptura do quebra ondas
99		Trinca na região do bujão de dreno
100		Trinca na solda do bocal de abastecimento
101		Trincas nas soldas de fechamento do tanque
102	Arrefecimento do Retarder	Funcionamento incorreto do sensor do retarder
103		Vazamento de água pela tubulação / mangueira
104	Dog House	Não montar o Dog House
105	Mangueira de ar limpo	Furo
106	Caixa de bateria	Quebra da caixa
107		Quebra da tampa

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Passo 5 Criação do critério de mensuração dos modos de falha..

Determinou-se uma escala para avaliação da criticidade dos modos de falha por parte dos especialistas, conforme Figura 11:

0,0 – 0,10	0,11 – 0,30	0,31 – 0,50	0,51 – 0,80	0,81 – 1
Muito Baixo	Baixo	Médio	Alto	Muito Alto

Figura 11 – Escala com índices para classificação da Criticidade

Os critérios associados à cada um dos índices acima são apresentados na Tabela 6:

Tabela 6 – Critérios correlacionados com os índices para classificação da Criticidade

Critério	Criticidade
O cliente mal percebe que a falha ocorreu;	Muito Baixa
Ligeira deterioração no desempenho com leve descontentamento do cliente;	Baixa
Deterioração significativa no desempenho de um sistema com Moderada descontentamento do cliente;	Moderada
Sistema deixa de funcionar, causando grande descontentamento ao cliente;	Alta
Sistema deixa de funcionar, afetando a segurança do cliente;	Muito Alta

Passo 6 Tabulação do questionário

Elaborou-se um questionário em uma planilha Excel, cujas linhas apresentam os componentes críticos (*fatores*) e os modos de falha potenciais (*seções*) a eles associados e as colunas, os especialistas que avaliaram a criticidade dos modos de falha potenciais (Tabela 7).

Devido à grande quantidade de informação tabulada na planilha Excel (111 linhas e 22 colunas), com informações avaliadas no decorrer das etapas propostas pelo método, as ilustrações a partir dessa etapa, apresentam a seleção de 16 dos 107 modos de falha (*seções*) identificados.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 7 – Questionário para avaliação de criticidade

FATOR	Componente	Modo de Falha	GRUPO A - Especialista Projeto / Teste do Componente	GRUPO B - Especialista Veículo Completo	GRUPO C - Especialista Teste Veículo Completo	GRUPO D - Especialista Qualidade	GRUPO E - Especialista Pós-Vendas					
			c1	ic1	c2	ic2	c3	ic3	c4	ic4	c5	ic5
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo										
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação										
F3		Interferência com cardan no suporte										
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote										
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão										
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário										
F7		Vibração										
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função										
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas										
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra										
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza										
F12		Quebra da fixação da lanterna										
F13		Quebra do conector da lanterna										
F14		Queima de lâmpada										
F15		Soltura do retro refletor										
F16		Trinca de lente										

Passo 7 Aplicação do questionário

Aplicou-se o questionário a 23 especialistas e coletou-se o grau de criticidade (c) e o grau de inexistência de criticidade (ic) associados a cada um dos 107 modos de falha (Tabela 8).

Tabela 8 – Questionário para avaliação de criticidade

FATOR	Componente	Modo de Falha	GRUPO A - Especialista Projeto / Teste do Componente	GRUPO B - Especialista Veículo Completo	GRUPO C - Especialista Teste Veículo Completo	GRUPO D - Especialista Qualidade	GRUPO E - Especialista Pós-Vendas					
			c1	ic1	c2	ic2	c3	ic3	c4	ic4	c5	ic5
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,65	0,15	0,9	0,11	0,9	0,3	0,5	0,1	0,65
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,2	0,7	0,05	0,9	0,2	0,9	0,4	0,75	0,3	0,2
F3		Interferência com cardan no suporte	0,1	0,55	0,25	0,7	0,9	0,9	0,3	0,75	0,3	0,2
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,1	0,55	0,2	0,7	0,81	0,9	0,3	0,75	0,2	0,75
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,8	0,3	0,9	0	0,81	0,2	0,5	0,1	1	0,01
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0	0,45	0,2	0,5	0	0,7	0,5	0,9	0,4
F7		Vibração	0,3	0,3	0,35	0,5	0,4	0,2	0,5	0,7	0,6	0,5
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,5	0,65	0,5	0,2	0	0,4	0,2	0,1	0,2
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,51	0,45	0,75	0	0,8	0	0,8	0,2	0,6	0,2
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,51	0,45	0,75	0	0,8	0	0,8	0,2	0,6	0
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,65	0,15	0,8	0,2	0,9	0,7	0,8	0,2	0,65
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,5	0,65	0,25	0,2	0,7	0,7	0,7	0,4	0,81	0,65
F13		Quebra do conector da lanterna	0,5	0,65	0,15	0,2	0,6	0,7	0,6	0,4	0,6	0,6
F14		Queima de lâmpada	0,4	0,7	0,35	0,5	0,5	0,2	0,6	0,7	0,1	0,6
F15		Soltura do retro refletor	0,3	0,9	0,08	0,7	0,6	0,9	0,5	0,7	0,1	0,6
F16		Trinca de lente	0,3	0,8	0,05	0,5	0,3	0,9	0,5	0,5	0,2	0,6

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Passo 8 Definição do parâmetro estratégico

Adotaram-se os parâmetros estratégicos **conservador**, **intermediário** e **otimista** para a avaliação dos índices resultantes de criticidade advindos da opinião dos especialistas.

Passo 9 Obtenção consolidada dos graus de criticidade (*cR*) e inexistência de criticidade (*icR*)

Os *graus de criticidade (cR)* e *inexistência de criticidade (icR)* resultantes de cada modo de falha por componente foram compilados e através da aplicação da lógica paraconsistente, verificados, considerando as avaliações conservadora, intermediária e otimista (Tabela 9).

Tabela 9 – Índices resultantes de criticidade condizentes com os parâmetros estratégicos pré-definidos

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Conservador		Parâmetro Estratégico Intermediário		Parâmetro Estratégico Otimista	
			cR	icR	cR	icR	cR	icR
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,5	0,2	0,7	0,1	0,9
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4	0,2	0,2	0,8	0,1	0,9
F3		Interferência com cardan no suporte	0,9	0,2	0,3	0,7	0,1	0,9
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,8	0,6	0,2	0,8	0,1	0,9
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	1,0	0,0	0,8	0,1	0,5	0,3
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,9	0,0	0,5	0,2	0,5	0,5
F7		Vibração	0,6	0,2	0,4	0,5	0,3	0,7
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,0	0,4	0,2	0,1	0,5
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,0	0,8	0,2	0,5	0,5
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	0,8	0,0	0,5	0,5
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,7	0,7	0,2	0,8	0,2	0,9
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,8	0,2	0,7	0,7	0,3	0,7
F13		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,2	0,6	0,6	0,2	0,7
F14		Queima de lâmpada	0,6	0,2	0,4	0,6	0,1	0,7
F15		Soltura do retro refletor	0,6	0,6	0,3	0,7	0,1	0,9
F16		Trinca de lente	0,5	0,5	0,3	0,6	0,1	0,9

Passo 10 Análise de convergência das opiniões

- Calcularam-se os *Graus de contradição* resultantes (*Gcontr*);
- Determinaram-se os Níveis de exigência mínimo (*Nexig mín*) e máximo (*Nexig máx*) para aceitabilidade dos Graus de contradição, efetuando um paralelo com a escala de criticidade da Figura 11, da seguinte forma:

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

- Parâmetro estratégico **conservador**: $Nexig \min = 0,10$ e $Nexig \max = 0,3$;
- Parâmetro estratégico **intermediário**: $Nexig \min = 0,31$ e $Nexig \max = 0,5$;
- Parâmetro estratégico **otimista**: $Nexig \min = 0,51$ e $Nexig \max = 0,8$.

Após definição dos parâmetros para análise do grau de contradição, os graus de contradição de cada um dos 107 modos de falha foram analisados e sua categorização final, como “Coerente”, “Inconsistente” ou “Incompleta”, encontra-se nas Tabelas 10, 11 e 12.

Tabela 10 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Conservadora

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Conservador		Gcontr $Nexig \min=0,10$ $Nexig \max=0,30$	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cr	icR		
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,5	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4	0,2	0,4	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
F3		Interferência com cardan no suporte	0,9	0,2	-0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,8	0,6	-0,4	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	1,0	0,0	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F7		Vibração	0,6	0,2	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,0	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F9	Lâmina (dianeira)	Quebra das lâminas	0,8	0,0	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F11	Lâmpadas traseiras	Penetração de água / impureza	0,7	0,7	-0,4	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
F12		Quebra da fixação da lâmpada	0,8	0,2	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F13		Quebra do conector da lâmpada	0,6	0,2	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F14		Queima de lâmpada	0,6	0,2	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F15		Soltura do retro refletor	0,6	0,6	-0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F16		Trinca de lente	0,5	0,5	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 11 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Intermediária

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Intermediário		Gcontr Nexig min=0,31 Nexig max=0,50	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cR	icR		
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,2	0,7	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,2	0,8	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
		Interferência com cardan no suporte	0,3	0,7	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,2	0,8	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,8	0,1	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,2	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
		Vibração	0,4	0,5	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,4	0,2	0,4	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,2	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,8	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Quebra da fixação da lanterna	0,7	0,7	-0,4	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,6	-0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
		Queima de lâmpada	0,4	0,6	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura do retro refletor	0,3	0,7	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Trinca de lente	0,3	0,6	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE

Tabela 12 – Grau de Contradição e decisão para avaliação final – Avaliação Otimista

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Otimista		Gcontr Nexig min=0,51 Nexig máx=0,80	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cR	icR		
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Interferência com cardan no suporte	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,5	0,3	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,5	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
		Vibração	0,3	0,7	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,1	0,5	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,5	0,5	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,5	0,5	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,9	-0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
		Quebra da fixação da lanterna	0,3	0,7	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
		Quebra do conector da lanterna	0,2	0,7	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
		Queima de lâmpada	0,1	0,7	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura do retro refletor	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Trinca de lente	0,1	0,9	0,0	AVALIAÇÃO COERENTE

Passo 11 Adoção do índice de criticidade resultante para avaliações coerentes.

Obtiveram-se dois *índices resultantes de criticidade* (cR e cR1) para os modos de falha cuja avaliação da criticidade foi classificada como “Coerente” (Tabelas 13, 14 e 15).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 13 – Avaliação Conservadora - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Conservador		Gcontr Nexig min=0,10 Nexig máx=0,30	2º índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,5	0,1	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4	0,2	0,4		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
		Interferência com cardan no suporte	0,9	0,2	-0,1	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,8	0,6	-0,4		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
		Derretimento dos chicotes devido ao carvão	1,0	0,0	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,9	0,0	0,1	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE
		Vibração	0,6	0,2	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,0	0,2	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F9	Lâmina (dianeira)	Quebra das lâminas	0,8	0,0	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,7	0,7	-0,4		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE
		Quebra da fixação da lanterna	0,8	0,2	0,0	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE
		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,2	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Queima de lâmpada	0,6	0,2	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Soltura do retro refletor	0,6	0,6	-0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Trinca de lente	0,5	0,5	0,0	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE

Tabela 14 – Avaliação Intermediária - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Intermediário		Gcontr Nexig min=0,31 Nexig máx=0,50	2º índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,2	0,7	0,2	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,2	0,8	0,1	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
		Interferência com cardan no suporte	0,3	0,7	0,0	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,2	0,8	0,1	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
		Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,8	0,1	0,1	0,9	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,2	0,3	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE
		Vibração	0,4	0,5	0,1	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE
		Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,4	0,2	0,4	AVALIAÇÃO INCOMPLETA
F9	Lâmina (dianeira)	Quebra das lâminas	0,8	0,2	0,1	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	0,3	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,8	0,0	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE
		Quebra da fixação da lanterna	0,7	0,7	-0,4		AVALIAÇÃO INCOMPLETA
		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,6	-0,2	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE
		Queima de lâmpada	0,4	0,6	0,0	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE
		Soltura do retro refletor	0,3	0,7	0,0	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
		Trinca de lente	0,3	0,6	0,1	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 15 – Avaliação Otimista - Obtenção dos dois índices resultantes de criticidade

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Otimista		Gcontr Nexig min=0,51 Nexig máx=0,80	2º Índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F3		Interferência com cardan no suporte	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,5	0,3	0,2	0,7	AVALIAÇÃO COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,5	0,1	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE
F7		Vibração	0,3	0,7	0,0	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,1	0,5	0,4	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,5	0,5	0,0	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,5	0,5	0,0	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,9	-0,1	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,3	0,7	0,1	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
F13		Quebra do conector da lanterna	0,2	0,7	0,2	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
F14		Queima de lâmpada	0,1	0,7	0,2	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE
F15		Soltura do retro refletor	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE
F16		Trinca de lente	0,1	0,9	0,0	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE

Em seguida, adotou-se o maior *índice de criticidade*, dentre os dois obtidos na etapa anterior (cR ou cR1), somente para as avaliações classificadas como “Coerente”, para cada parâmetro estratégico. As tabelas 16, 17 e 18 apresentam os maiores *índices de criticidade resultantes* adotados, respectivamente, para os parâmetros conservador, intermediário e otimista.

Tabela 16 – Parâmetro Estratégico Conservador - Maior índice de criticidade entre cR e cR1

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Conservador		2º Índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4	0,2		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	
F3		Interferência com cardan no suporte	0,9	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,8	0,6		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	1,0	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,9	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1
F7		Vibração	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,7	0,7		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,8	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8
F13		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F14		Queima de lâmpada	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F15		Soltura do retro refletor	0,6	0,6		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F16		Trinca de lente	0,5	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 17 – Parâmetro Estratégico Intermediário - Maior índice de criticidade entre cR e cR1

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Intermediário		2º Índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,2	0,7	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,2	0,8	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F3		Interferência com cardan no suporte	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,2	0,8	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,8	0,1	0,9	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8
F7		Vibração	0,4	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,4	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,8	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,7	0,7		AVALIAÇÃO INCOMPLETA	
F13		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6
F14		Queima de lâmpada	0,4	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4
F15		Soltura do retro refletor	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F16		Trinca de lente	0,3	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4

Tabela 18 – Parâmetro Estratégico Otimista - Maior índice de criticidade entre cR e cR1

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Otimista		2º Índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1
			cR	icR			
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1
F3		Interferência com cardan no suporte	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,5	0,3	0,7	AVALIAÇÃO COERENTE	0,7
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5
F7		Vibração	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,1	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,5	0,5	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,5	0,5	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6
F11	Penetração de água / impureza	0,2	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2	
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F13		Quebra do conector da lanterna	0,2	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F14		Queima de lâmpada	0,1	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3
F15		Soltura do retro refletor	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1
F16		Trinca de lente	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1

Alocou-se para cada modo de falha o maior índice de criticidade resultante na escala de criticidade adotada, conforme Tabelas 19, 20 e 21.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 19 – Parâmetro Estratégico Conservador – Alocação do grau de criticidade na escala adotada

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Conservador		2º índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto
			cR	icR				
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4	0,2		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE		
F3		Interferência com cardan no suporte	0,9	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9	MUITO ALTO
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,8	0,6		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE		
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	1,0	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,9	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO
F7		Vibração	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F9	Lâmina (danteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,7	0,7		AVALIAÇÃO INCONSISTENTE		
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,8	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8	ALTO
F13		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F14		Queima de lâmpada	0,6	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F15		Soltura do retro refletor	0,6	0,6		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F16		Trinca de lente	0,5	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO

Tabela 20 – Parâmetro Estratégico Intermediário – Alocação do grau de criticidade na escala adotada

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Intermediário		2º índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto
			cR	icR				
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,2	0,7	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,2	0,8	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F3		Interferência com cardan no suporte	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,2	0,8	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,8	0,1	0,9	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9	MUITO ALTO
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8	ALTO
F7		Vibração	0,4	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,4	0,2		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F9	Lâmina (danteira)	Quebra das lâminas	0,8	0,2	0,8	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8	ALTO
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,8	0,0	1,0	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,8	0,2	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2	BAIXO
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,7	0,7		AVALIAÇÃO INCOMPLETA		
F13		Quebra do conector da lanterna	0,6	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO
F14		Queima de lâmpada	0,4	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO
F15		Soltura do retro refletor	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F16		Trinca de lente	0,3	0,6	0,4	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO

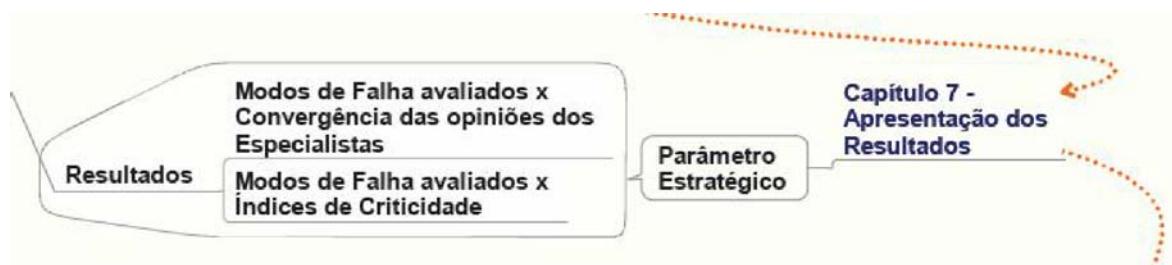
ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 21 – Parâmetro Estratégico Otimista – Alocação do grau de criticidade na escala adotada

FATOR	Componente	Modo de Falha	Parâmetro Estratégico Otimista		2º Índice de Criticidade Resultante	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto
			cR	icR				
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO
F3		Interferência com cardan no suporte	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,5	0,3	0,7	AVALIAÇÃO COERENTE	0,7	ALTO
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	0,5	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO
F7		Vibração	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	0,1	0,5	0,5	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	0,5	0,5	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,5	0,5	0,6	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	0,2	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2	BAIXO
F12		Quebra da fixação da lanterna	0,3	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F13		Quebra do conector da lanterna	0,2	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F14		Queima de lâmpada	0,1	0,7	0,3	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO
F15		Soltura do retro refletor	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO
F16		Trinca de lente	0,1	0,9	0,1	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO

Os resultados encontram-se no capítulo 7, a seguir.

CAPÍTULO 7. Apresentação dos Resultados



Destacam-se os resultados qualitativos obtidos pela aplicação do método aqui descrito:

- Ponderação e convergência das opiniões dos especialistas quanto à criticidade dos modos de falha potenciais identificados e avaliados (Tabela 22).

Tabela 22 – Quantidade de Modos de Falha avaliados x Convergência das Opiniões dos Especialistas considerando os três parâmetros estratégicos

	Convergência de Opiniões dos Especialistas	Modos de Falha		DECISÃO
		Quantidade	%	
Parâmetro Estratégico Conservador	AVALIAÇÃO COERENTE	76	71%	Convergência aceita para avaliar criticidade
	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	4	4%	Sugere-se que a pesquisa seja refeita com especialistas diferentes
	AVALIAÇÃO INCOMPLETA	27	25%	Sugere-se nova rodada de discussão entre especialistas
		107	100%	
Parâmetro Estratégico Intermediário	AVALIAÇÃO COERENTE	101	94%	Convergência aceita para avaliar criticidade
	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	0	0%	Sugere-se que a pesquisa seja refeita com especialistas diferentes
	AVALIAÇÃO INCOMPLETA	6	6%	Sugere-se nova rodada de discussão entre especialistas
		107	100%	
Parâmetro Estratégico Otimista	AVALIAÇÃO COERENTE	107	100%	Convergência aceita para avaliar criticidade
	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE	0	0%	Sugere-se que a pesquisa seja refeita com especialistas diferentes
	AVALIAÇÃO INCOMPLETA	0	0%	Sugere-se nova rodada de discussão entre especialistas
		107	100%	

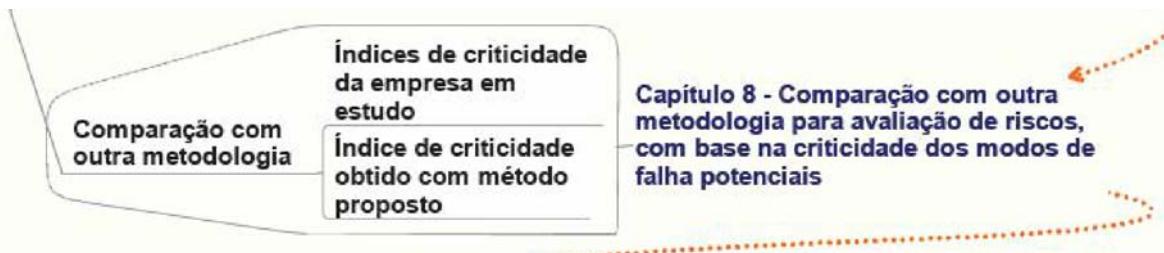
- Índices de criticidade resultantes com a aplicação método proposto para avaliação de risco (somente para os modos de falha cuja convergência da opinião dos especialistas foi classificada como “Coerente”) (Tabela 23).

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 23 – Quantidade de Modos de Falha avaliados (*Coerentes*) x Índices de Criticidade

	Criticidade	Total	%
Parâmetro Estratégico Conservador	MUITO BAIXO	0	0%
	BAIXO	0	0%
	MÉDIO	3	4%
	ALTO	17	22%
	MUITO ALTO	56	74%
	Total	76	100%
Parâmetro Estratégico Intermediário	MUITO BAIXO	0	0%
	BAIXO	8	8%
	MÉDIO	10	10%
	ALTO	57	56%
	MUITO ALTO	26	26%
	Total	101	100%
Parâmetro Estratégico Otimista	MUITO BAIXO	10	9%
	BAIXO	23	21%
	MÉDIO	38	36%
	ALTO	35	33%
	MUITO ALTO	1	1%
	Total	107	100%

CAPÍTULO 8. Comparação com outra Metodologia para Avaliação de Riscos, com base na criticidade dos modos de falha potenciais



Os *índices de criticidade resultantes* do método aqui apresentado foram comparados com os *índices de criticidade* adotados pela empresa escolhida para aplicação do mesmo, da seguinte forma:

1. Verificou-se quais *índices de criticidade* são os atualmente utilizados pela empresa em estudo. O sistema para cálculo da criticidade dos modos de falha potenciais na empresa de estudo baseia-se integralmente na teoria sugerida pela técnica FMEA, cuja avaliação na empresa atualmente é feita por um único especialista, de forma bem simplificada. Os índices de criticidade calculados pela empresa objeto de estudo estão discriminados na Tabela 24.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 24 – Índices de criticidade adotados pela empresa em estudo

FATOR	Componente	Modo de Falha	Índice de Criticidade avaliado pela empresa estudo de caso
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	0,4
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	0,4
F3		Interferência com cardan no suporte	1
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	0,7
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	0,7
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	1
F7		Vibração	1
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	1
F9	Lâmina (dianeira)	Quebra das lâminas	0,4
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	0,4
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	1
F12		Quebra da fixação da lanterna	1
F13		Quebra do conector da lanterna	1
F14		Queima de lâmpada	1
F15		Soltura do retro refletor	1
F16		Trinca de lente	1

2. Para que a comparação entre os *índices de criticidade* obtidos através do método proposto (Tabelas 19, 20 e 21) com os índices calculados pela sistemática adotada na empresa onde o método aqui descrito foi aplicado (Tabela 24) fosse exequível, adotou-se um índice de coerência. Este índice nada mais é do que a diferença máxima aceitável entre os resultados obtidos por cada um dos dois diferentes métodos. Adotou-se o índice de coerência de 0,30 como referência.
3. Comparação dos métodos: se o maior valor de cR (*índice de criticidade resultante* obtido com o método aqui descrito, na etapa 11 do capítulo 6) subtraído do índice de criticidade adotado pela empresa em estudo for menor ou igual ao índice de coerência definido de 0,30, interpreta-se que ambos os métodos proporcionaram mesma avaliação para os modos de falha potenciais, classificando a comparação como “Coerente”. Caso contrário, as avaliações utilizando os dois diferentes métodos, não foram convergentes, sugerindo “Reavaliação”, como demonstrado nas Tabelas 25, 26 e 27.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAS

Tabela 25 – Parâmetro Estratégico Conservador – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo

FATOR	Componente	Modo de Falha	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto	Índice de Criticidade avaliado pela empresa	Avaliação Final - Comparação 2 métodos
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO	0,4	COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE			0,4	
F3		Interferência com cardan no suporte	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9	MUITO ALTO	1	COERENTE
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE			0,7	
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO	0,7	REAVALIAR
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO	1	COERENTE
F7		Vibração	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			0,4	
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			0,4	
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	AVALIAÇÃO INCONSISTENTE			1	
F12		Quebra da fixação da lanterna	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9	ALTO	1	COERENTE
F13		Quebra do conector da lanterna	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F14		Queima de lâmpada	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F15		Soltura do retro refletor	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F16		Trinca de lente	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO	1	COERENTE

Tabela 26 – Parâmetro Estratégico Intermediário – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo

FATOR	Componente	Modo de Falha	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto	Índice de Criticidade avaliado pela empresa estudo de caso	Avaliação Final - Comparação 2 métodos
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO	0,4	COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	0,4	COERENTE
F3		Interferência com cardan no suporte	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	0,7	COERENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	AVALIAÇÃO COERENTE	0,9	MUITO ALTO	0,7	COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8	ALTO	1	COERENTE
F7		Vibração	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO	1	COERENTE
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	AVALIAÇÃO COERENTE	0,8	ALTO	0,4	REAVALIAR
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	AVALIAÇÃO COERENTE	1	MUITO ALTO	0,4	REAVALIAR
F11	Lanternas traseiras	Penetração de água / impureza	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2	BAIXO	1	COERENTE
F12		Quebra da fixação da lanterna	AVALIAÇÃO INCOMPLETA			1	
F13		Quebra do conector da lanterna	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO	1	COERENTE
F14		Queima de lâmpada	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO	1	COERENTE
F15		Soltura do retro refletor	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F16		Trinca de lente	AVALIAÇÃO COERENTE	0,4	MODERADO	1	COERENTE

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

Tabela 27 – Parâmetro Estratégico Otimista – Método Proposto x Método adotado pela empresa em estudo

FATOR	Componente	Modo de Falha	DECISÃO PARA ANÁLISE	Maior Valor de cR e cR1	Índice Final de Criticidade - Método Proposto	Índice de Criticidade avaliado pela empresa estudo de caso	Avaliação Final Comparação 2 métodos
F1	Alça de acesso	Trinca no tubo	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	0,4	COERENTE
F2	Cablebridge	Falta de torque na fixação	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	0,4	COERENTE
F3		Interferência com cardan no suporte	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	1	COERENTE
F4		Soltura da cinta de fixação do chicote	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	0,7	COERENTE
F5	Chicotes elétricos	Derretimento dos chicotes devido ao carvão	AVALIAÇÃO COERENTE	0,7	ALTO	0,7	COERENTE
F6	Espelho retrovisor	Fechamento involuntário	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO	1	COERENTE
F7		Vibração	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F8	Farol	Entrada de água no farol e dano de função	AVALIAÇÃO COERENTE	0,5	MODERADO	1	COERENTE
F9	Lâmina (dianteira)	Quebra das lâminas	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO	0,4	COERENTE
F10	Lâmina parabólica (traseira)	Quebra	AVALIAÇÃO COERENTE	0,6	ALTO	0,4	COERENTE
F11	Lanterna traseira	Penetração de água / impureza	AVALIAÇÃO COERENTE	0,2	BAIXO	1	COERENTE
F12		Quebra da fixação da lanterna	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F13		Quebra do conector da lanterna	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F14		Queima de lâmpada	AVALIAÇÃO COERENTE	0,3	BAIXO	1	COERENTE
F15		Soltura do retro refletor	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	1	COERENTE
F16		Trinca de lente	AVALIAÇÃO COERENTE	0,1	MUITO BAIXO	1	COERENTE

Após compilação da comparação para os 107 modos de falha potenciais, os resultados obtidos são apresentados na Tabela 28.

Tabela 28 – Resultados da Comparação Método Proposto com outro Método

Resultados		Qtde de Modos de Falha	%
Parâmetro Estratégico Conservador	REAVALIAR	44	41%
	COERENTE	32	30%
	AVALIAÇÃO NÃO-CONCLUSIVA	31	29%
		107	100%
Parâmetro Estratégico Intermediário	REAVALIAR	22	21%
	COERENTE	79	74%
	AVALIAÇÃO NÃO-CONCLUSIVA	6	6%
		107	100%
Parâmetro Estratégico Otimista	REAVALIAR	0	0%
	COERENTE	107	100%
	AVALIAÇÃO NÃO-CONCLUSIVA	0	0%
		107	100%

As avaliações não-conclusivas estão diretamente relacionadas aos modos de falha cujas avaliações foram classificadas como “Inconsistente” ou “Incompleta” na etapa 10 do capítulo 6.

CAPÍTULO 9. Conclusões e Recomendações para trabalhos futuros

Esse estudo apresenta um método para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais dos componentes críticos de novos produtos, e sua aplicação ao produto caminhão, através da avaliação de 107 modos de falhas potenciais de um projeto específico, utilizando Lógica Paraconsistente associada à técnica de Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA).

Considerando a aplicação da metodologia proposta no estudo, a avaliação da criticidade dos modos de falha potenciais de novos produtos apoiada em conceitos da Lógica Paraconsistente, como um dos critérios para avaliação de riscos de novos produtos, se mostra extremamente flexível e adequada para o fim proposto. Devido à consideração de parâmetros estratégicos diretamente relacionados ao plano diretor da empresa, bem como, a ponderação das avaliações realizadas por diferentes especialistas, o método aqui descrito contribui adequadamente para o processo de tomada de decisão por parte dos gerentes de projeto quanto ao grau de exposição aos riscos do produto. Ao identificar, analisar, minimizar as divergências / incertezas e quantificar a criticidade associada aos modos de falha potenciais de novos produtos, o método contribui para imediata definição de ações preventivas, que busquem a mitigação desses fatores de risco, resultando em consequente economia para a empresa e aumentando as chances de acertar na escolha das oportunidades.

Neste sentido, a avaliação da criticidade dos modos de falha potenciais de um determinado projeto de produto, quando realizada somente por um único especialista, permite que o mesmo desconsidere, ainda que inadvertidamente, alguns *fatores* de risco não diretamente relacionados ao foco de sua atividade, podendo assim diminuir a confiabilidade da avaliação por ele proposta. Com o o método proposto, devido à possibilidade de integração de opiniões de diversos especialistas, bem como de múltiplos fatores e seções, pode-se dizer que os resultados apresentados pelo método aqui descrito são empiricamente mais confiáveis, além de reduzirem a dependência da empresa, em momentos críticos de decisão, da opinião de um único especialista.

Outro conceito adotado, o qual diferenciou os resultados de criticidade obtidos, foi a aplicação dos operadores lógicos MÁX e MIN e do Grau de Contradição sugeridos pela LPA para compilação da opinião dos especialistas. Com isso, a incoerência, subjetividade e incerteza presentes nas informações providas pelos especialistas com experiência no

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

desenvolvimento de produtos e de seus riscos associados foram estimadas e minimizadas, independentes da quantidade de opiniões coletadas.

Com esse mesmo propósito o método Delphi, por exemplo, é reconhecido como um dos melhores instrumentos para previsão qualitativa, com aplicação interativa e também, baseada na opinião de especialistas em uma determinada área do conhecimento, para gerar a base de dados necessária para minimizar as incertezas de eventos futuros. As interações se sucedem de maneira que um consenso ou quase consenso seja obtido. Com isso, entende-se que o método Delphi chega à opinião final dos especialistas, através das opiniões mais convergentes. E nesse sentido, o propósito do método descrito no estudo em questão é inovador ao obter uma opinião resultante por meio da eliminação das opiniões mais divergentes e escolhendo-a pelo menor índice de rejeição dentre os avaliados.

Uma vez que a avaliação de riscos não trata de decisões futuras, mas sim do futuro da decisão que tomamos hoje, ao se manter, por exemplo, a avaliação da criticidade de uma falha potencial do projeto de um novo produto de forma conservadora (maximização de valores) considerando sempre os maiores índices de criticidade, avaliado pelos especialistas, em cada uma das seções, os resultados oriundos com a utilização do método aqui descrito adequam-se à essa realidade, o que não acontece no método adotado pela empresa focalizada como caso em estudo. Isso significa que, se um especialista em Desenvolvimento de Produtos e um segundo especialista da Manufatura avaliam a criticidade de um modo de falha potencial com um índice baixo (0,1) e um terceiro especialista de Qualidade do produto avalia a criticidade com um índice alto (0,9), um índice de criticidade média / moderada (0,55) seria obtido, caso uma média aritmética simples dos valores fosse calculada, o que é um procedimento bastante comum. No entanto, esse resultado despreza parcialmente a experiência do terceiro especialista acerca do risco associado ao modo de falha em questão. Com o método aqui descrito esse impasse pode ser melhor resolvido.

Considerações análogas podem ser feitas para as avaliações com parâmetros estratégicos “Intermediário” e “Otimista”, as quais se adequam ao cenário estratégico da empresa, sem deixar de lado a correta ponderação das avaliações dos especialistas.

Outro conceito importante enfatizado no decorrer do estudo é o fato de quando a empresa conhece os índices de não-qualidade dos seus produtos no mercado, ou seja, as taxas de falhas dos mesmos no campo ou confiabilidade, pode-se futuramente, realizar uma comparação desse índice de não-qualidade com os índices de criticidade qualitativamente

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

avaliados. Com isso, os índices de maior criticidade, os quais deveriam estar priorizados nos planos de ação definidos pela empresa, não deveriam fazer parte da relação de componentes responsáveis pelas altas taxas de falha do produto no mercado.

Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se que a avaliação qualitativa de riscos, baseada na criticidade das falhas potenciais, proposta neste estudo, sempre que possível, seja abordada em conjunto com dados quantitativos reais de criticidade, oriundos dos resultados dos testes do produto. Essa comparação proporciona uma maior confiança para utilização do método proposto e, em paralelo, subsidia o aperfeiçoamento do gerenciamento do projeto do produto no decorrer de seu processo de desenvolvimento e não somente quando o produto já está lançado no mercado.

Tendo como exemplo o produto adotado para o presente trabalho, os testes do produto caminhão foram realizados a fim de confirmar os estudos subjetivos relacionadas à funcionalidade e durabilidade de seus componentes, os quais por sua vez, são testados com parâmetros específicos, definidos com o objetivo de validar a maturidade do produto final, minimizando os riscos. Essa necessidade não exclui a grande importância aliada ao gerenciamento dos *feedbacks* de campo, após lançamento do produto no mercado. Esta é uma das etapas mais importante do programa de confiabilidade de um determinado produto. Isso porque, durante todo o ciclo de vida do produto, a dificuldade de predizer com certeza todas as falhas e fatores que levam-nas a ocorrer, no decorrer do processo de desenvolvimento de um novo produto, torna-se a cada dia, mais complexo.

A análise de risco dos principais modos de falhas potenciais dos componentes críticos do produto caminhão foi realizada pela empresa desenvolvedora e posteriormente, refeita com o método proposto. Observou-se que, dos 107 modos de falhas potenciais, identificados pelo FMEA, 31 realmente falharam em testes. A empresa em estudo avaliou os 31 modos de falha ocorridos da seguinte forma: 43% foram avaliados com baixo risco, 13% com médio risco e 43% com alto risco. Ou seja, se somarmos as falhas com risco de médio a alto, 57% dos modos de falha efetivamente ocorridos, foram previamente identificados pela avaliação de risco da empresa em estudo. Considerando o parâmetro estratégico otimista, um dos parâmetros sugeridos pelo método, que na visão de risco é o parâmetro mais ousado de análise, mostrou que, 70% dos modos de falhas apresentaram risco de médio a alto. Com isso, concluímos que o método proposto, mesmo na avaliação mais otimista, mostrou-se mais refinado e confiável para avaliação dos riscos associados às falhas potenciais de novos

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

produtos do que o método, adotado pela empresa em estudo, baseado integralmente nos conceitos da ferramenta FMEA.

Uma previsão refinada e confiável de riscos é crucial para o projeto de um novo produto caminhão, pois, uma falha de um componente, ainda durante o processo de desenvolvimento e testes, gera elevados dispêndios financeiros, de tempo e recursos para a empresa desenvolvedora. Tipicamente, na indústria automobilística, uma quebra de um componente durante os testes, demande que todo o ciclo de desenvolvimento seja refeito. As fases desse ciclo compreendem:

- entender da falha, que incluem análises do material e da falha em laboratórios especializados, simulações virtuais em CAD, testes em laboratório, medições de tensão e ressonâncias no veículo em questão que visam reproduzir a falha para melhor entendimento.
- redesenhar e reprojetar o componente, que é a excelência da criação da engenharia de produto. Esta fase, normalmente inclui vários ciclos de cálculos avançados em elementos finitos, e costuma demorar semanas para amadurecer.
- simulação do componente dentro das condições de operação do veículo, pelo qual se obtém uma comprovação da solução escolhida e tecnicamente viável, e finalmente,
- a confecção da nova peça física, e a introdução da mesma num novo ciclo de testes. Dependendo do componente em questão, e se for um componente de segurança, a exigência envolvida é redobrada e consequentemente, o tempo para aprovação do produto.

Devido a qualidade e durabilidade exigidos num componente veicular, ciclos de reprojeto como estes tendem a demorar tipicamente de 3 a 6 meses, para cada componente, o que pode trazer um alto risco para o projeto do produto e para o negócio.

Em resumo, muitas ferramentas podem ser utilizadas para avaliação e tratamento de riscos, como Série de Riscos, Análise Preliminar de Risco, Técnicas de Incidentes Críticos, Análise de Árvore de Falha, Estudo de Operabilidade e Risco (HAZOP), Análise de Sensibilidade, Análise de Cenários, Árvore de Decisão, FMEA, Simulação de Monte Carlo, entre outros. Porém, a grande inovação desse método reside em partir de novos paradigmas para tomada de decisão, na avaliação de riscos de novos produtos, utilizando-se da mescla da

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

ferramenta FMEA, extremamente consolidada e adequada para o fim proposto, com uma Lógica não-Clássica, Lógica Paraconsistente, disponibilizando meios de se realizar a compilação das opiniões de especialistas reduzindo, simultaneamente, as incoerências, incertezas e subjetividade que permeiam as avaliações e simultaneamente avaliar o risco associado às falhas potenciais de novos produtos.

O método aqui descrito é estratégico ao apresentar em seus resultados, de forma clara, que quanto menos risco se optar por correr no processo de desenvolvimento de novos produtos, maiores serão os investimentos e os custos requeridos para subsidiar as ações preventivas necessárias. Ou seja, quanto mais conservador for o posicionamento estratégico da empresa, mais índices com alta criticidade são resultantes das avaliações, exigindo com isso maiores dispêndios financeiros para mitigá-los.

Nesse sentido, a avaliação de risco através do método aqui descrito cria condições diante de oportunidades e ameaças, minimizando os riscos inerentes, maximizando as vantagens competitivas dentro do ambiente concorrencial em que atuam e explorando melhor as oportunidades de mercado.

BIBLIOGRAFIA

ABE, J.; SILVA FILHO, J. I. **Introdução à Lógica Paraconsistente Anotada com Ilustrações.** 1^a. ed. Santos, SP: Emmy, 2000.

ACKOFF, R. L. **The Systems Revolution.** Long Range Planning, v. 07, n.6, p. 2-20, 1974.

AIAG. Automotive Industry Action Group. **Manual FMEA.** 3a.ed. 2001.

ANCONA, D. G.; CALDWELL, D. F. **Beyond boundary spanning: Managing external development teams.** Journal of High Technology Management Research. v. 01, n.2, p. 119-136, 1990.

ANFAVEA. **Anuário Estatístico da Indústria Automobilística Brasileira - 2007.** Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotivos, 1956. Disponível em <www.anfavea.com.br/Anuario.htm>. Acesso em 30 set 2007.

AYERS, D.; DAHLSTROM, R.; SKINNER, S. J. **An Exploratory Investigation of Organizational Antecedents to New Product Success.** Journal of Marketing Research, v. 34, p. 107-116, 1997.

AYYUB, B. M.; BENDER, W. J. **Assessment of the Construction Feasibility of the Mobile Offshore Base, Part I – Risk Informed Assessment methodology.** Technical Report nº CTSM-98-RBA-MOB. University of Maryland. February, 1999.

BACK, N. **Metodologia de projeto de produtos industriais.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 1983.

BASTIAS, H. H. **Introducción a la ingeniería de Prevención Pérdidas.** São Paulo: Conselho Regional do Estado de São Paulo da Associação Brasileira para a Prevenção de Acidentes, 1997.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia Prático para o Design de Novos Produtos.** 2^a.ed. São Paulo: Edgard Blüncher, 2003.

BERNSTEIN, P. L. **Desafio aos deuses; a fascinante história do risco.** São Paulo: Elsevier/Campus, 1997.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria geral dos sistemas.** Rio de Janeiro: Editora Vozes Ltda, 1975.

BOOZ, ALLEN & HAMILTON. **The Customer Connection: The Global Innovation 1000.** Disponível em: <http://www.boozaallen.com/media/file/Global_Innovation_1000_2007.pdf>. Acesso em 16 fev 2008.

BRASILIANO, A. C. R. **Manual de Planejamento: Gestão de Riscos Corporativos.** São Paulo: Sicurezza, 2003.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

BRODBECK, A.F. **Avaliação da qualidade da informação nos sistemas de informações e de apoio à decisão: um estudo introdutório.** In: XIX Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ENANPAD), 1995, João Pessoa. Anais. Rio de Janeiro: ANPAD, 1995, v.1, n. 4, p.73-87.

BROWNING, T.; FRICKE, E.; NEGELE, H. **Key Concepts in Modeling Product Development Processes.** Systems Engineering, v.9, n.2, p. 104-128, 2006.

CARVALHO, F.R. **Lógica paraconsistente aplicada em tomadas de decisões: uma abordagem para a administração de universidades.** Aleph: São Paulo, 2002.

CARVALHO, F.R. **Aplicação de lógica paraconsistente anotada em tomadas de decisão na engenharia de produção.** São Paulo: USP, 2006. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, 2006.

CARVALHO, M. M.; RABECHINI JR., R. **Construindo competências para gerenciar projetos: teoria e casos.** São Paulo: Atlas, 2005.

CHECKLAND, P. **Systems Thinking, Systems Practice.** New York: John Wiley & Sons, 1981.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry.** Boston-Mass: Harvard Business School Press, 1991.

CLARK, K. B.; WHEELWRIGHT, S.C. **Revolutionizing Product Development, Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality.** New York: Free Press, 1992.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT. S.C. **Managing new product and process development.** New York: Free Press, 1993.

CLARK, K.B.; WHEELWRIGHT, S.C. **The product development challenge: competing through speed, quality and creativity.** Harvard Business Review Book: Hardcover, 1995.

COOPER, R. G. **Winning at new products. Accelerating the process from idea to launch.** 2^a ed. Reading, MA: Perseus Books, 1993.

COOPER, R. G. **Developing New Products on Time, in Time.** Research Technology Management. p. 49-57, 1995.

CORRÊA, Henrique. **Linking flexibility, uncertainty and variability in manufacturing systems.** Londres: Avebury (Gower), 1994.

Atlas, 1994. São Paulo:

COURTNEY, H.; KIRKLAND, J.; VIGUERIE, P. **Strategy under Uncertainty.** Harvard Business Review, v. 75, n. 6, p.67-69, 1997.

COVEY, S. R. **Os 7 Hábitos das Pessoas Altamente Eficazes.** São Paulo: Best Seller, 2003.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

CRAWFORD, J. K. **The strategic project office: a guide to improving organizational performance.** New York: Marcel Dekker, 2002.

CROSBY, P. B. **Qualidade é investimento.** 6.ed. Rio de Janeiro: José Olympio, 1994.

DA COSTA, N. C. A [et al.]. **Lógica Paraconsistente Aplicada.** São Paulo, SP: Atlas, 1999.

DA COSTA, N. C. A. **On the Theory of Inconsistent Formal Systems.** Notre Dame Journal of Formal Logic, v. 15, n. 4, p. 497-510, 1974.

DICKSON, P. **Marketing management.** 5a ed. Forth Worth: The Dryden Press, 1997.

DUNCAN, W.R. **A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOKGUIDE).** Newton Square: Project Management Institute, 1996.

ENGWALL, M.; KLING, R.; WERR, A. **Models in action: how management models are interpreted in new product development.** R&D Management, v. 35, n. 4, p. 427-439, 2005.

FEIGENBAUM, A. V. **Controle da qualidade total: gestão e sistemas.** São Paulo: Makron Books, v.1, 1994.

FERREIRA, V. V.; OGLIARI, A. **Diretrizes para a sistematização do processo de planejamento de desenvolvimento de produtos com enfoque em interfaces e riscos.** III Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, 2004, Belém. CD-ROM.

FIOD, M. N. **Desenvolvimento de sistema computacional para auxiliar a concepção de produtos industriais.** Florianópolis: UFSC, 1993. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Faculdade de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 1993.

FREITAS, M. A; COLOSIMO, E. A. **Confiabilidade: análise de tempo de falha e testes de vida acelerados.** Belo Horizonte: Fundação Cristiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1997.

FURTADO, A; QUEIROZ, S. **A construção de indicadores de inovação.** Inovação Uniemp, 2000. Disponível em < http://www.labjor.unicamp.br/ibi/arquivos/ibi_ed02.pdf>. Acesso em 15 jun 2008.

GATIGNON, H.; XUEREB, J. **Strategic Orientation of the Firm New Performance.** Journal of Marketing Research, v. 34, n.1, p. 77-90, 1997.

GILLEY, K. M.; McGEE, J. E.; RASHEED, A. A. **Perceived environmental dynamism and managerial risk aversion as antecedents of manufacturing outsourcing: the moderating effects of firm maturity.** Journal of Small Business Management 0047-2778, v. 42, n. 2, p.117 (17), 2004.

GOBE, A.C. et al. **Gerência de Produtos.** São Paulo: Saraiva, 2004.

GOGAN, J.L; FEDOROWICZ, J; RAO, A. **Assessing risks in two projects: a strategic opportunity and necessary evil.** Communications of the Association for Information System, v.1, n.15, May,1999.

GRUENWALD, G. **Como desenvolver e lançar um produto novo no mercado.** Rio de Janeiro: Makron Books, 2003.

HALL, D.; HULETT, D. (Coord). **Universal risk project: final report.** INCOSE RMWG: PMI RiskSIG. Fev. 2002. 46 p. Disponível em: <<http://www.risksig.com/>>. Acesso em: 16 Out. 2007.

HART, C. W. **The Power of Unconditional Service Guarantees.** Harvard Business Review, n. 66, p. 54-62, 1998.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. **The house of quality.** Harvard Business Review. Harvard Business School, Boston, MA, p. 23-32, 1988.

HIGUERA, R. P; HAIMES, Y.Y. **Software risk management.** Pittsburgh: Software Engineering Institute, 1996. Disponível em <<http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/96.reports/pdf/tr012.96.pdf>> Acesso em 16 nov 2007.

HENLEY, E. J. **Reliability engineering and risk assessment.** London: Prentice-Hall International, 1981.

HUSSAIN, A. Z. M. O.; MURTHY, D. N. P. **Warranty and optimal reliability improvement through product development.** Mathematical and Computer Modelling , v. 38, n. 1-13, p. 1211-1217 , 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO/TS 16949:2002 – Quality Management Systems – Particular requirements for the application of ISO 9001:2000 for automotive production and relevant service part organizations.** Genebra: 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 10006: Quality Management – Guidelines to quality in project management,** 1997.

IRESON, W. G; COOMBS, C.F.Jr. **Handbook of Reliability Engineering and Management.** 2.ed. USA: McGraw-Hill Book Company, 1995

JACKSON, N., CARTER, P. **The perception of risk.** In: ANSELL, Jake, WHARTON, Frank. Risk: analysis assessment and management. England: John Wiley & Sons, Ltda, 1992.

JURAN, J. M. **Quality control handbook.** Nova York: McGraw-Hill, 1988.

JURAN, J. M. **A qualidade desde o projeto.** São Paulo: Pioneira, 1992.

JURAN, J. M.; GRYNA, F. M. **Controle da qualidade handbook: conceitos, políticas e filosofia da qualidade.** v.1. São Paulo: Makron Books, 1991.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

KAMINSKI, P.C. Desenvolvendo Produtos, Planejamento, Criatividade e Qualidade. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

KATZENBACH, J. R.; SMITH, D. K. Equipes de Alta Performance: conceitos, princípios e técnicas para potencializar o desempenho das equipes. Rio de Janeiro: Campus.

MAÑAS, A. V. - Gestão de Tecnologia e Inovação. São Paulo: Érica, 2001.

KERZNER, H. Gestão de Projetos: as melhores práticas. Versão traduzida. Porto Alegre: Bookman, 2002.

KERZNER, H. Project Management: A Systems Approach to Planning, Scheduling, and Controlling. 9.ed. John Wiley & Sons, 2006.

KIMURA, H.; PERERA, L.C. J. Modelamento ótimo da gestão de riscos em empresas não financeiras. In: XXVII Encontro Nacional dos Programas de Pós-Graduação em Administração (ENANPAD), 2003, Atibaia. Anais. Rio de Janeiro: ANPAD, 2003.

KLIR, G.; YUAN, B. Fuzzy sets and fuzzy logic: theory and applications. Prentice Hall, USA, 1995.

KOTLER, P. Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

KOTLER, P. Administração em Marketing. Tradução Bazan Tecnologia. 10.ed. São Paulo: Afiliada, 2000. 764 p.

KOTLER, P. Administração de Marketing: análise, planejamento, implementação e controle. São Paulo: Atlas, 2001.

KOUFTEROS, X.; MARCOULIDES, G. Product Development Practices and Performance: an Structural Equation Modeling-Based Multi-Group Analysis. International Journal of Production Economics, v.103, n.1, p.286-307, Sept.2006.

KRUGLIANSKAS, Isak. Engenharia simultânea: organização e implantação em empresas brasileiras. In: Simpósio Nacional de Gestão da Inovação Tecnológica, 1992, São Paulo. Anais. São Paulo: Editora da USP, 1992. p. 47-52.

LABIN, J. J. Marketing Estratégico. 4.ed. Amadora: Mc Graw-Hill, 2000.

LEECH, D. J. Engineering Management Journal . v.5, n. 4, p.169-174, 1995.

LINSTONE, H.A.; TUROFF, M. The Delphi Method. New York: Addison-Wesley Publishing Company, Inc., 1975.

MAXIMIANO, A.C.A. Administração de projetos: como transformar idéias em resultados. 2^a ed. São Paulo: Atlas, 2000.

MANUAL DE OSLO. Diretrizes para coleta e interpretação de dados sobre inovação. 3.ed., 1997. Disponível em

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

<http://www.finep.gov.br/imprensa/sala_imprensa/manual_de_oslo.pdf>. Acesso em 15 jun 2008.

MCGRATH, M. E.; ANTHONY, M. T.; SHAPIRO, A. R. **Product development: success through product and cycle-time excellence**. Newton, MA: Butterworth Heinemann, 1992.

MIGUEL, A. **Gestão do risco e da qualidade no desenvolvimento de software**. Lisboa: FCA, 2002.

MORIM, Edgar. **O método I: A Natureza da Natureza**. Publicações Europa-América Ltda: Portugal, 1977.

MUNDIN, A . et al. **Aplicando o Cenário de Desenvolvimento de Produtos em um Caso Prático de Capacitação Profissional**. Gestão & Produção, v.9, n.1, p. 1-16, 2002.

NAKASHIMA, D. T. V.; CARVALHO, M. M. **Identificação de riscos em projetos de TI**. In: XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba. Anais. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2004. CD-ROM.

NORTON, D.; KAPLAN, R. **Estratégia em ação : Balanced Scorecard**. Rio e Janeiro: Campus, 1997.

OICA, ORGANISATION INTERNATIONALE DES CONSTRUCTEURS D'AUTOMOBILES. **World Motor Vehicle Production by Country**. 2006. Disponível em <<http://oica.net/htdocs/Main.htm>>. Acesso em 30 set 2007.

OSTRENGA, M. R. et al. **Guia da Ernst & Young para gestão total dos custos**. Rio de Janeiro: Record, 1993.

PADOVEZE, C. L.; BERTOLUCCI, R. G. **Proposta de um Modelo para o Gerenciamento do Risco Corporativo**. In: Anais XXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2005, Porto Alegre. Anais. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2005. CD-ROM.

PAHL G.; BELTZ, W. **Engineering Design - A Systematic Approach**. 2^a ed. London: Ken Wallace (Springer- Verlag),1996.

PALADY, P. **FMEA: Análise dos Modos de Falha e Efeitos: prevendo e prevenindo problemas antes que ocorram**. São Paulo: IMAM, 1997.

PECHT, G. M. **Design for Qualification**. In: Proceeding Annual Reliability and Maintainability Symposium, p. 1-4, 1993

PEDROSO, L.H.T.R. **Uma sistemática para a identificação, análise qualitativa e análise quantitativa dos riscos em projetos**. São Paulo: USP, 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Naval e Oceânica), Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2007.

PEIXOTO, M. O. C. **Uma proposta de aplicação da metodologia desdobramento da função qualidade (QFD) que sintetiza as versões QFD – estendido e QFD das quatro**

fases. São Carlos: USP, 1998. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1998.

PINTO, J. K. **Project Management Handbook.** Jossey -Bass Publishers, 1998.

PMI (PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE). **A Guide to the Project Management Body of Knowledge: PMBOK guide.** 3.ed. Newton Square: Project Management Institute, 2004.

PORTRER, M. **Clusters and the new economics on competitions.** Harvard Business Review, 1998.

PORTRER, M. **Vantagem Competitiva: Criando e Sustentando um Desempenho Superior.** Rio de Janeiro: Campus, 1989.

PRADO, Darci Santos do. **Planejamento e controle de projetos.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1998.

PRIEST, W. J.; SÁNCHEZ, J. M. **Product development and design for manufacturing.** Second Edition, New York: Marcel Dekker, 2001.

PUENTE, J.; PINO, R.; PRIORE, P.; LA FUENTE, D. **A decision support system for applying failure mode and effects analysis.** International Journal of Quality & Reliability Management, v.19, n.2, p.137-150, 2002.

QUINTELLA, H.; ROCHA, H. **Medindo o nível de maturidade dos processos de desenvolvimento de produtos nas montadoras de veículos com o CMMI.** Revista Mundo-PM – Project Management, Porto Alegre, v. 6, p. 20-227, 2006.

RABECHINI JR, R.; CARVALHO, M. M. **Competências em equipes de projetos.** In: IX SEMINÁRIO LATINO IBERO-AMERICANO DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, 9., Altec 2001 – Memórias em CD, San José, Costa Rica, Out. 2001.

RAFTERY, J. **Risk analysis in project management.** E & FN Spon. London, 1994.

RAPOPORT, A.; HOVARTH W. J. **Thouths on Organization Theory.** General Systems 4, p. 87-91, 1959. In: BUCKLEY, W. (ed). Modern System Research for the Behavior Scientis. Aldine, Chicago, 1968.

RAUSAND, M.; OIEN, K. **The basic concepts of failure analysis.** Reliability Engineering and System Safety, v.53, p.73-83, 1996.

RAZ T.; MICHAEL E. **Use and benefits of tools for project risk management.** International Journal of project Management, p. 9-17, 1999.

ROBBINS, S. P. **Administração: mudanças e perspectivas.** São Paulo: Saraiva, 2001.

ROYER, Paul S. **Risk management: the undiscovered dimension of project management.** PM Network: the professional magazine of the PMI, v. 14, n.9, p.31-39, Sept.2000.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

ROZENFELD, H.; SCALICE, R.; AMARAL, D. **Proposta de um Método para Processo de Desenvolvimento de Produtos.** In: V Congresso Brasileiro de Gestão de Desenvolvimento de Produto, 2005, Curitiba. Anais. Curitiba: CEFET/PR, 2005.CD-ROM.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C. D.; SILVA, S. L.D.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão do Desenvolvimento de Produtos – Uma referência para a melhoria do processo.** São Paulo: Saraiva, 2006.

SABBAG, P.Y. **The nature of projects: a tool for improving management.** Proceedings of the 20th Annual Project Management Institute Seminars and Symposium, Pennsylvania. Paper presented in Oct. 1999.

SAKURAI, M. **Gerenciamento integrado de custos.** São Paulo: Atlas, 1997.

SALLES Jr., C. et al. **Gerenciamento de Riscos em Projetos.** 1^a ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2007.

SANTAFÉ Jr, H. P. G.; COSTA, H. G. **Utilização dos conjuntos aproximativos e da lógica fuzzy como instrumentos de apoio na mensuração do grau de riscos.** In: XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2002, Curitiba. Anais. Rio de Janeiro: ENEGEP, 2002.CD-ROM.

SAURIN, Tarcisio Abreu. **Segurança e produção: um modelo para planejamento e controle integrado.** Porto Alegre: UFRGS, 2002. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

SHEYIN, O. B. **On the prehistory of the Theory of Probabilities.** Archive of the History of Exact Sciences. v.12, n.2, p. 97-141, 1974.

SENGE, P.M.; KLEINER, A.; ROBERTS, C.; ROSS, R.; SMITH, B. **A Quinta Disciplina - Caderno de Campo.** São Paulo, Qualitymark, 1995.

SHULMAN, R. **Recovery and the new product paradox.** Brandweek, North Hollywood, v. 44, n. 25, p. 20, Jun.2003.

SIMÕES, S.F. **Aplicação de FMEA e FMECA na Tecnologia Submarina.** CENPES/PDP/TS PETROBRÁS. São Paulo, 2004.

SILVA, C.E.S. **Método para avaliação do desempenho do processo de desenvolvimento de produtos.** Florianópolis: UFSC, 2001. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, 2001.

SMITH, P.G.; MERRITT, G.M. **Proactive Risk Management: Controlling Uncertainty in Product Development.** New York: Productivity Press, 2002.

SONG, X. M.; PARRY, M. E. **The Determinants of Japanese New Product Success.** Journal of Marketing Research, v. 34, p. 64-76, Feb 1997.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

SRHNEIER, R; MIRROLI, J. **Gerenciamento Holístico do Risco**. 1998. Disponível em http://www.hsm.com.br/hsmmanagement/edicoes/numero_10/gerenciamento.php Acesso em 12 dez 2007.

STAMATIS, D. H. **Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from theory to execution**. 2. ed. ASQC, Milwaukee: Quality Press, 2003.

TELLIS, G.; GOLDER, P. **First to market, first to fail: Real causes of enduring market leadership**. Sloan Management Review, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts, USA, v. 4, n.5, p. 49-65, 1997.

TUBINO, D. F. **Manual de planejamento e controle da produção**. São Paulo: Atlas, 1997.

TUMAN, G. J. **Development and Implementation of Effective Project Management Information and Control Systems**, In: Cleland, D. I.; King, W. R. **Project Management Handbook**. Van Nostrand Reinhold, New York, 1983.

ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product Design and Development**. 2a ed. Irvin McGraw-Hill, 2000.

VALERIANO, D. L. **Gerência em Projetos - Pesquisa, Desenvolvimento e Engenharia**. 1. ed. São Paulo: Makron Books, 1998.

VERZUH, E. **MBA compacto : gestão de projetos**. Rio de Janeiro: Campus, 2000.

VESPER, J. L. **Assessing and managing risks in a GMP environment: investing time and resources into conducting a risk assessment on a process or product can have a variety of benefits**. Biopharm International 1542-166X March 2005, v.18, n.3, p. 46.

VICHAS, R.P. **Complete Handbook of Profitable Marketing Research Techniques**. Englewood Cliffs, Prentice- Hall, Inc., 1982.

VOSS, Chris A. **Significant Issues for the Future of Product Innovation**. Journal of Product Innovation Management , v. 11, p. 460-463, 1994.

WERNKE, R; BORNIA, A.C. **Considerações acerca dos conceitos e visões sobre custos da qualidade**. Revista FAE, v.3, n.2, p. 77-88, 2000.

WIDEMAN, R.M. **Project and program risk management a guide to managing risks and opportunities**. PMI, 1992.

WIND, J.; MAHAJAN, V. **Issues and Opportunities in New Product Development: An Introduction to the Special Issue**. Journal of Marketing Research, v. 34, p. 1-12, Feb 1997.

WIPO. WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **Wipo Patent Report – Statistics on Worldwide Patent Activities**, 2007. Disponível em: <http://www.wipo.int/export/sites/www/freepublications/en/patents/931/wipo_pub_931.pdf>. Acesso em 15 jun 2008.

ANÁLISE QUALITATIVA DE RISCOS EM PROJETOS DE NOVOS PRODUTOS INDUSTRIAIS

WYSOCKI, R. K.; MCGARY, R. **Effective project management: traditional, adaptive and extreme.** 3th ed. New Jersey: John Wiley & Sons, 2003.

WIKIPÉDIA. A enciclopédia livre. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/gerenciamento_de_riscos_de_projeto>. Acesso em 14 out 2007.

WOILER, Sansão e MATHIAS, W. Franco. **Projetos: planejamento, elaboração, análise.** São Paulo: Atlas, 1996.

ZADEH, L. **Outline of a new approach to the analysis of complex systems and decision processes.** IEEE Transactions on System, Man and Cybernetics, v.3, p. 28-44, 1973.

ZEMKE, R. **Managing Knock Your Socks Off Services Recovery.** Nova York: AMACOM, 2000.

APÊNDICE

MEDIANA - Em teoria da probabilidade e em estatística, a mediana é uma medida de tendência central, um número que caracteriza as observações de uma determinada variável de tal forma que, este número (a mediana) de um grupo de dados ordenados, separa a metade inferior da amostra, população ou probabilidade de distribuição, da metade superior. Em casos de populações (n) ímpares, a mediana será o elemento central $(n+1)/2$. Para os casos de populações (n) pares, a mediana será o resultado da média simples dos elementos $n/2$ e $(n/2)+1$.

MÉDIA ARITMÉTICA SIMPLES - A média aritmética é a mais utilizada no nosso dia a dia. É obtida dividindo-se a soma das observações pelo número delas. É um quociente geralmente representado pela letra M ou pelo símbolo \bar{x} . Se tivermos uma série de N valores de uma variável x, a média aritmética simples será determinada pela expressão:

$$\bar{x} = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + \dots + x_n)/N$$