

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

DJALMA ARAÚJO RANGEL

**PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAR, AVALIAR E
PRIORIZAR RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS**

João Pessoa - PB

2012

DJALMA ARAÚJO RANGEL

**PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAR, AVALIAR E
PRIORIZAR RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS**

Dissertação de Mestrado apresentada junto ao
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de
Produção da Universidade Federal da Paraíba,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Gestão da Produção
Subárea: Tecnologia, Trabalho e Organizações

Orientadora: Maria Silene Alexandre Leite, Dra. (UFPB)
Coorientador: Charles Ulises de Montreuil Carmona, Dr. (UFPE)

João Pessoa - PB

2012

R163p

Rangel, Djalma Araújo

Proposta de um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeias de suprimentos / Djalma Araújo Rangel - João Pessoa, 2012.

223f. il.:

Orientador: Prof^a. Dr^a Maria Silene Alexandre Leite

Dissertação (Mestrado em engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção - PPGEPP / Centro de Tecnologia / Campus I / Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

1. Cadeia de suprimentos 2. Gestão de riscos 3. Método de Auxílio Multicritério à Decisão I. Título.

BS/UFPB

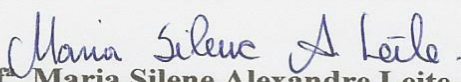
CDU:658.5(043)

DJALMA ARAÚJO RANGEL

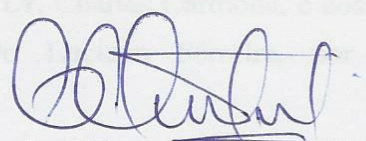
**PROPOSTA DE UM PROCEDIMENTO PARA IDENTIFICAR, AVALIAR E
PRIORIZAR RISCOS EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS**

Esta Dissertação foi julgada e aprovada para a obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal da Paraíba.

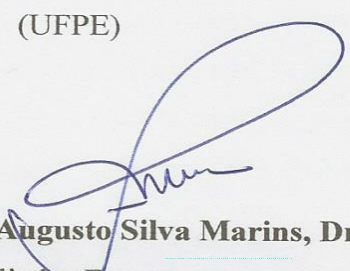
João Pessoa (PB), 30 de Março de 2012.


Prof. Maria Silene Alexandre Leite, Dr^a.

Orientadora
(UFPB)


Prof. Charles Ulises de Montreuil Carmona, Dr.

Coorientador
(UFPE)


Prof. Fernando Augusto Silva Marins, Dr.

Avaliador Externo
(UNESP)


Prof. Luciano Ferreira, Dr.

Avaliador Externo
(UFRN)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a meus pais, Marconi e Clara Rangel, por todo amor, conselhos e estrutura que me permitiu tomar decisões tranquilamente, focar nos meus estudos e alcançar meus objetivos.

Ao meu irmão Marconi por todas as conversas e momentos bons e ruins que compartilhamos.

Aos amigos da Universidade Federal da Paraíba, principalmente a Taiane Kamel, pela amizade, estudos, trabalhos desenvolvidos e diversão ao longo de todos os anos de curso.

Ao Departamento de Engenharia de Produção e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção por fornecer condições de desenvolver conhecimento útil a minha vida profissional e pessoal.

À professora Dr^a. Maria Silene, minha orientadora e amiga, por todas as conversas, conselhos e cobranças visando desenvolver trabalhos de boa qualidade e relevância acadêmica e prática.

Ao meu coorientador, Dr. Charles Carmona, e aos professores da banca examinadora, Dr. Fernando Marins e Dr. Luciano Ferreira, por suas importantes observações e contribuições neste trabalho.

RESUMO

Esta dissertação tem por objetivo apresentar um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeia de suprimentos no intuito de preencher lacunas relacionadas às etapas de identificação e avaliação do risco. O trabalho inicia com uma revisão de literatura sobre cadeia de suprimentos (conceitos, modelos de gestão e indicadores de desempenho), gestão de riscos em cadeia de suprimentos, métodos de auxílio multicritério à decisão e probabilidade. Referente à identificação do risco, inicialmente, com base na literatura pesquisada, construiu-se uma classificação de risco em cadeia de suprimentos. Para facilitar o processo de identificação, a classificação de riscos foi decomposta em eventos que permitem identificar a ocorrência do risco e dados ligados a ela. Relacionado a etapa de avaliação do risco, devido à dificuldade de mensurar o impacto (custo) e probabilidade do risco, na busca de combinar aspectos qualitativos e quantitativos e adicionar uma análise de influência entre os riscos, foram estabelecidos indicadores que traduzem o significado do impacto a partir da literatura, os quais foram associados à classificação do risco pelo método *Analytic Network Process* (ANP) para avaliar o impacto, e é apresentada uma estrutura para levantamento e avaliação da probabilidade. Como resultado final, pôde-se propor o procedimento que pressupõe: 1) Compreender a cadeia de suprimentos; 2) Identificar os riscos; 3) registrar dados de ocorrência dos riscos; 4) Avaliar o impacto dos riscos com o ANP, onde os riscos são as alternativas e os indicadores são critérios; 5) Calcular a probabilidade; 6) Definir o índice de criticidade dos riscos (Impacto x Probabilidade) e, consequentemente, priorizar os riscos com os maiores índices. Com este procedimento, o processo de identificação e avaliação do risco em cadeia de suprimentos poderá fornecer respostas mais acuradas aos tomadores de decisão, logo, uma cadeia pode responder melhor aos riscos que a afligem.

Palavras-chave: Cadeia de suprimentos, gestão de riscos, método de Auxílio Multicritério à Decisão.

ABSTRACT

This paper aims to present a procedure to identify, assess and prioritize risks in the supply chain in order to fill gaps related to the stages of identification and risk assessment. The work begins with a literature review on supply chain (concepts, business models and performance indicators), risk management, supply chain, methods of multicriteria decision aid and probability. Regarding the identification of risk, initially, based on the literature, it was constructed a supply chain risk classification. To facilitate the process of identification, the risk classification was broken down into events that permits identify the risk occurrence and the data attached to it. Related to the process of risk assessment, due to difficulties in measuring the impact (cost) and probability of risk, in the pursuit of combining qualitative and quantitative aspects and add an analysis of influence between the types of risk, indicators that reflect the significance of the impact from the literature have been established and were associated to the risk classification through the method Analytic Network Process (ANP) to evaluate the impact, and is shown a framework for assessment and evaluation of the likelihood. As a final result, it is proposed the procedure that assumes: 1) Comprehend the supply chain, 2) Identify risks, 3) Register data of risks occurrence; 4) Evaluate the impact of the risks with the ANP, where risks are the alternatives and indicators are criteria; 5) Calculate the probability; 6) Set the risk criticality index (Probability x Impact) and hence prioritize risks with the highest rates. With this procedure, the process of identify and assess risk in the supply chain can provide more accurate answers to decision makers, so a chain can better respond to risks that afflict it.

Keywords: Supply Chain, Risk management, Multi Criteria Decision Aid method.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Número de Artigos publicados sobre gestão de riscos em cadeia de suprimentos de 2000 a 2007	22
Figura 2 - Cadeia de suprimentos interna, imediata e total	33
Figura 3 - Estrutura da cadeia de suprimentos	34
Figura 4 - Representação de uma cadeia de suprimentos segundo Pires (2004).....	34
Figura 5 - Representação de uma cadeia de suprimentos segundo Chen; Paulraj (2004)	35
Figura 6 - Amplitude da Gestão da Cadeia de Suprimentos	37
Figura 7 - Processos de negócios do modelo SCOR	43
Figura 8 - Níveis de detalhamento do modelo SCOR	44
Figura 9 - Relação entre os tipos de Métricas	51
Figura 10 - Relação entre frequência e duração de ordens atrasadas	58
Figura 11 - Método de avaliação de desempenho da cadeia segundo Najmi; Makui (2010)...	69
Figura 12 - Relação entre os princípios da SCRM e as fases de evolução de integração	73
Figura 13 - Criando uma cadeia de suprimentos resiliente	74
Figura 14 - Classificação dos riscos segundo Shi (2004).....	84
Figura 15 - Classificação segundo Rao & Goldsby (2009).....	90
Figura 16 - Escolha da Alternativa mais adequada	94
Figura 17 - Exemplo de Estrutura Hierárquica.....	97
Figura 18 - Estrutura Hierárquica do problema exemplo de AHP	101
Figura 19 - Matrizes de comparação do problema exemplo de AHP.....	102
Figura 20 - Diferença entre hierarquia e rede.....	103
Figura 21 - Tipos de componentes e suas relações de dependência.....	104
Figura 22 - Supermatriz Genérica	107
Figura 23 - Estrutura do problema segundo o ANP	109
Figura 24 - Processo de Construção do Modelo.....	114
Figura 25 - Árvore de Critérios	115
Figura 26 - Árvore de aspectos de avaliação da capacidade empreendedora.....	119
Figura 27 - <i>Performance</i> dos empreendedores.....	120
Figura 28 - Construção da função de valor do exemplo do MACBETH	120
Figura 29 - Determinação dos pesos dos critérios para o exemplo de MACBETH.....	121
Figura 30 - Pontuações dos Empreendedores.....	122
Figura 31 - Análise de sensibilidade do nó critério Compartilhamento	122
Figura 32 - Benefícios do VFT	125
Figura 33 - As quatro classes de funções de utilidade unidimensional	126
Figura 34 - Variação de ϕ_j para um dado <i>gjb</i> e variável <i>gja</i>	131
Figura 35 - Construindo uma relação de sobreclassificação	134
Figura 36 - Classificador Bayesiano.....	148
Figura 37 - Modelo para gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	151
Figura 38 - Gráfico da Distribuição Normal	155
Figura 39 - Probabilidade igual a área sombreada	156
Figura 40 - Representação da Distribuição Exponencial.....	157
Figura 41 - Classificação da Pesquisa	161
Figura 42 - Roteiro de Pesquisa.....	162
Figura 43 - Caracterização do risco	164
Figura 44 - Estrutura inicial para avaliação do risco utilizando o ANP	166
Figura 45 - Etapas do Procedimento Proposto	191
Figura 46 - Estrutura da cadeia considerando a empresa focal	192

Figura 47 - Rede para avaliação do risco em SC pelo método ANP.....	197
Figura 48 - Relação de influência entre risco através dos eventos.....	203
Figura 49 - Esquema do Procedimento Proposto	206

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Fatores que aumentam a vulnerabilidade da Cadeia de Suprimentos	23
Quadro 2 - As principais transformações empresariais e as implicações para as habilidades gerenciais.....	31
Quadro 3 - Processos Básicos da cadeia de suprimentos	35
Quadro 4 - Classificação dos tipos de membros e estrutura da cadeia de suprimentos	38
Quadro 5 - Tipos de Ligação entre processos de negócios.....	40
Quadro 6 - Componentes fundamentais de gerenciamento	41
Quadro 7 - Métricas de desempenho de Beamon (1998)	48
Quadro 8 - Métricas de desempenho em Modelagem de Cadeia de Suprimentos	49
Quadro 9 - Tipos de métricas, suas metas e propósitos.....	51
Quadro 10 - Métricas de desempenho da SC segundo Beamon (1999).....	52
Quadro 11 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001)	55
Quadro 12 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004)	56
Quadro 13 - Métricas de desempenho da SC segundo Hausman (2004)	60
Quadro 14 - Métricas de desempenho da SC segundo Huan; Sheoran; Wang (2004).....	61
Quadro 15 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Planejar – segundo Shepherd e Günter (2006)	62
Quadro 16 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Abastecer – segundo Shepherd e Günter (2006).....	63
Quadro 17 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Fazer – segundo Shepherd e Günter (2006)	63
Quadro 18 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Entregar – segundo Shepherd e Günter (2006)	64
Quadro 19 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Retornar – segundo Shepherd e Günter (2006).....	65
Quadro 20 - Estrutura apriorística para definição de indicadores da cadeia de suprimentos ...	66
Quadro 21 - Métricas de desempenho da SC segundo Sellitto; Mendes (2006)	67
Quadro 22 - Métricas de desempenho da SC segundo Bhagwat; Sharma (2007).....	68
Quadro 23 - Métricas de desempenho da SC segundo Najmi e Makui (2010)	70
Quadro 24 - Os sete Pilares do AHP	96
Quadro 25 - Escala de importância.....	98
Quadro 26 - Matriz de Comparação “A”	98
Quadro 27 - Prioridades Locais e Globais.....	100
Quadro 28 - Matriz de alcance global genérica	105
Quadro 29 - Matriz de alcance local genérica	106
Quadro 30 - Procedimento para desenvolver uma escala multidimensional.....	115
Quadro 31 - Simbologia do Macbeth	116
Quadro 32 - Categorias Semânticas do MACBETH.....	117
Quadro 33 - Programas de Programação Linear do teste de consistência do MACBETH ...	118
Quadro 34 - Descritor de <i>Performance</i> do nó critério Compartilhamento.....	119
Quadro 35 - Matriz de Consequências	125
Quadro 36 - Pré-ordens.....	139
Quadro 37 - Ordem Parcial (ELECTRE II).....	140
Quadro 38 - Ordens das Destilações Descendente e Ascendente (ELECTRE III)	142
Quadro 39 – Características do AHP.....	143
Quadro 40 - Características do ANP	143

Quadro 41 - Características do Macbeth	144
Quadro 42 - Características do SMARTS e do SMARTER.....	144
Quadro 43 - Características do ELECTRE II	145
Quadro 44 - Características do ELECTRE III.....	145
Quadro 45 - Eventos de risco classificados por categorias	149
Quadro 46 - Conceitos base.....	163
Quadro 47 - Sumarização das classificações apresentadas	169
Quadro 48 - Riscos associados ao processo Planejar	172
Quadro 49 - Riscos associados ao processo Abastecer	173
Quadro 50 - Riscos associados ao processo Fazer	173
Quadro 51 - Riscos associados ao processo Entregar	174
Quadro 52 - Riscos associados ao processo Retornar	174
Quadro 53 - Riscos associados ao processo Outros	175
Quadro 54 - Proposta de classificação preliminar	176
Quadro 55 - Proposta de classificação de risco	177
Quadro 56 - Eventos relacionados aos riscos do processo Planejar	178
Quadro 57 - Eventos relacionados aos riscos do processo Abastecer	179
Quadro 58 - Eventos relacionados aos riscos do processo Fazer	179
Quadro 59 - Eventos relacionados ao risco do processo Entregar	180
Quadro 60 - Eventos relacionados aos riscos do processo Retornar	180
Quadro 61 - Indicadores do Processo “Planejar”	183
Quadro 62 - Indicadores do Processo “Abastecer”	184
Quadro 63 - Indicadores do Processo “Fazer”	186
Quadro 64 - Indicadores do Processo “Entregar”	187
Quadro 65 - Indicadores do Processo “Retornar”	189
Quadro 66 - Lista e caracterização dos indicadores propostos.....	189
Quadro 67 - Representação de uma ficha para <i>checklist</i> dos riscos	194
Quadro 68 - Risco x Impacto.....	195
Quadro 69 - Matriz de Alcance Global da Proposta.....	198
Quadro 70 - Matriz de Alcance Local da Proposta	198
Quadro 71 - Matriz de julgamentos e importância dos atributos	198
Quadro 72 - Matriz de ocorrências do risco	204
Quadro 73 - Alcance dos objetivos específicos.....	210

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores de CA em função da ordem de matriz.....	99
Tabela 2 - Matriz de Alcance Global.....	109
Tabela 3 - Matriz de alcance local.....	109
Tabela 4 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” à luz do “Fornecedor A”.....	110
Tabela 5 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” à luz do “Fornecedor B”.....	110
Tabela 6 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” à luz do “Fornecedor C”.....	110
Tabela 7 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Critérios” à luz dos Fornecedores A, B e C.....	110
Tabela 8 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação à Entrega.....	111
Tabela 9 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação à Qualidade.....	111
Tabela 10 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do <i>cluster</i> “Alternativas” com relação ao Preço.....	111
Tabela 11 - Matriz de decisão e autovetor entre os <i>clusters</i> “Alternativas” e “Critérios”.....	111
Tabela 12 - Supermatriz sem peso do exemplo de ANP.....	111
Tabela 13 - Supermatriz Ponderada.....	112
Tabela 14 - Supermatriz Ponderada e Estocástica.....	112
Tabela 15 - Matriz-limite.....	112
Tabela 16 - Matriz final.....	112
Tabela 17 - Pesos por número de atributos (ROC).....	128
Tabela 18 - Matriz de Consequências.....	129
Tabela 19 - Valores multiatributos para ROC e quatro pontos Extremos.....	129
Tabela 20 - Matriz de Decisão para o problema de localização de negócio.....	138
Tabela 21 - Índice de Concordância (ELECTRE II).....	139
Tabela 22 - Índice de Discordância (ELECTRE II).....	139
Tabela 23 - Limiares de indiferença, preferência e veto (ELECTRE III).....	140
Tabela 24 - Índice de Concordância (ELECTRE III).....	141
Tabela 25 - Índice de Credibilidade (ELECTRE III).....	141

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABS – Abastecer

AHP – *Analytic Hierarchy Process*

AMD – Auxílio Multicritério a Decisão

ANP – *Analytic Network Process*

CRM – *Customer Relationship Management*

DAG – *Directed Acyclic Graph*

ELECTRE – *ELimination Et Choix Tradusaint la RÉalité*

ENT – Entregar

EST – Estratégico

ETO – *Engineering-to-order*

FAZ – Fazer

FMEA – *Failure Modes and Effects Analysis*

HazOP – *Hazard and Operability Studies*

LCP – Lambert, Copper e Pagh

MACBETH – *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique*

MCDA – *Multi Criteria Decision Aid*

MTO – *Make-to-order*

MTS – *Make-to-stock*

OPE – Operacional

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PLN – Planejar

SC – *Supply Chain*

SCM – *Supply Chain Management*

SCOR – *Supply-Chain Operations Reference-model*

SCRM – *Supply Chain Risk Management*

SRM – *Supplier Relationship Management*

SSC – Serviço e satisfação do cliente

TAT – Tático

TI – Tecnologia da Informação

VFT – *Value-focused Thinking*

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 Contextualização e o Problema.....	17
1.2 Justificativa.....	20
1.3 Objetivos	27
2 REFERENCIAL TEÓRICO	28
2.1 Cadeia de Suprimento	28
2.1.1 Conceitos de cadeia de suprimentos.....	28
2.1.2 Características de uma Cadeia de Suprimentos.....	30
2.1.3 Estrutura da cadeia de suprimentos	32
2.1.4 Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos.....	36
2.1.4.1 Modelo de Lambert, Cooper e Pagh.....	38
2.1.4.2 Modelo SCOR (<i>Supply-Chain Operations Reference-model</i>).....	41
2.1.4.3 Discussão sobre os modelos de gerenciamento da cadeia de suprimentos	46
2.1.5 Indicadores de Desempenho em Cadeia de Suprimentos	47
2.1.5.1 Abordagem de Beamon (1998).....	48
2.1.5.2 Abordagem de Beamon (1999).....	50
2.1.5.3 Abordagem de Lambert; Pohlen (2001)	53
2.1.5.4 Abordagem de Gunasekaran, Patel e Tirtiroglu (2001)	54
2.1.5.5 Abordagem de Gunasekaran, Patel e McGaughey (2004).....	56
2.1.5.6 Abordagem de Hausman (2004).....	57
2.1.5.7 Abordagem de Huan, Sheoran e Wang (2004)	60
2.1.5.8 Abordagem de Shepherd e Günter (2006)	61
2.1.5.9 Abordagem de Sellitto e Mendes (2006)	65
2.1.5.10 Abordagem de Bhagwat e Sharma (2007).....	68
2.1.5.11 Abordagem de Najmi e Makui (2010).....	69
2.2 Gestão de Riscos em Cadeia de Suprimentos	70
2.2.1 Construindo uma Cadeia de Suprimentos Resiliente – Christopher e Peck (2004).....	73
2.2.2 Etapas de implantação do SCRM	75
2.2.3 Classificações de Risco em Cadeia de Suprimentos.....	77
2.2.3.1 Classificação proposta por Svensson (2002)	78
2.2.3.2 Classificação proposta por Harland, Brenchley e Walker (2003).....	78
2.2.3.3 Classificação proposta por Jüttner, Peck e Christopher (2003)	79
2.2.3.4 Classificação proposta por Cavinato (2004).....	80
2.2.3.5 Classificação proposta por Chopra e Sodhi (2004).....	81
2.2.3.6 Classificação proposta por Christopher e Peck (2004)	82
2.2.3.7 Classificação proposta por Hallikas <i>et al.</i> (2004).....	83

2.2.3.8	Classificação proposta por Shi (2004).....	83
2.2.3.9	Classificação proposta por Tang (2006).....	84
2.2.3.10	Classificação proposta por Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006).....	85
2.2.3.11	Classificação proposta por Wang e Yang (2007).....	85
2.2.3.12	Classificação proposta por Manuj e Mentzer (2008).....	86
2.2.3.13	Classificação proposta por Miccuci (2008).....	87
2.2.3.14	Classificação proposta por Tang e Tomlin (2008).....	89
2.2.3.15	Classificação proposta por Rao & Goldsby (2009).....	90
2.2.3.16	Classificação proposta por Qun (2010).....	91
2.3	Métodos para Avaliação do Impacto do Risco	92
2.3.1	AHP.....	95
2.3.2	ANP.....	103
2.3.3	MACBETH	113
2.3.4	SMARTS e SMARTER	123
2.3.5	ELECTRE	130
2.3.6	Discussão sobre os métodos para avaliação do impacto do risco	142
2.4	Probabilidade de Riscos em Cadeia de Suprimentos.....	147
2.4.1	Redes Bayesianas	147
2.4.2	Distribuição de Probabilidade	152
2.4.2.1	Variáveis Aleatórias Discretas.....	152
2.4.2.2	Variáveis Aleatórias Contínuas	155
2.5	Conclusões do Capítulo	158
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	160
3.1	Tipo de pesquisa	160
3.2	Roteiro da pesquisa	162
3.3	Limitações da pesquisa	167
4	APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS	168
4.1	Discussão sobre as classificações de risco em cadeias de suprimentos.....	168
4.2	Decomposição dos Riscos em Eventos	178
4.3	Discussão sobre Indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos	180
4.4	Procedimento para Identificar, Avaliar e Priorizar riscos em cadeia de suprimentos	191
4.4.1	Mapeamento da Cadeia de Suprimentos	191
4.4.2	Identificação do Risco	193
4.4.3	Avaliação do Risco.....	195
4.4.3.1	Avaliação do Impacto do Risco.....	196
4.4.3.2	Probabilidade do Risco em cadeia de suprimentos	202
4.4.4	Priorização do risco	204

4.5	Conclusões do Capítulo	207
5	CONCLUSÕES.....	208
5.1	Verificação dos objetivos	208
5.2	Sugestões para trabalhos futuros.....	212
	REFERÊNCIAS	213
	APÊNDICE A – ABORDAGENS DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO RISCO	
	EM CADEIA DE SUPRIMENTOS	221

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo apresenta uma breve introdução aos conceitos relacionados ao tema deste trabalho, conceituando cadeia de suprimentos e gestão de cadeia de suprimentos. Discute-se também como a utilização da filosofia de gestão da cadeia de suprimentos influencia na exposição das empresas membros de uma cadeia a eventos que podem romper o fluxo normal de suas operações, apontando a importância do gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos.

Assim, o capítulo se estrutura da seguinte maneira: inicia-se com a definição do problema de pesquisa, segue com a justificativa teórica e prática para o desenvolvimento deste trabalho, e finaliza com os objetivos a serem alcançados ao fim de toda a investigação.

1.1 Contextualização e o Problema

Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain* – SC) pode ser definida como o conjunto de empresas que são responsáveis pela obtenção, produção e liberação de um determinado bem ao cliente final (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; PIRES, 2004; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Para Lambert; Cooper (2000), o papel da gestão da cadeia de suprimentos é gerenciar os múltiplos relacionamentos entre as empresas membros da cadeia, buscando capturar a sinergia intra e inter organizacional. Christopher (2007) e Simchi-Levi; Kaminsky; Simchi-Levi (2010) acrescentam que sua lógica é baseada na filosofia de parceria, de forma que tenha um alto grau de interligação, com o objetivo de maximizar o lucro através do aumento de competitividade, obtida por meio da redução de custo e aumento do valor agregado. Acresce-se ainda que a filosofia de parceria sugere que as empresas passem a competir como cadeia, diferentemente da forma habitual, quando competiam individualmente (CHRISTOPHER, 2007; WATERS, 2007b).

Embora esta integração inter organizacional apresente inúmeras vantagens, o estreitamento dos relacionamentos entre os membros da cadeia (o que pode significar maior dependência entre eles) incide em uma maior vulnerabilidade, ou seja, não ocorre apenas o compartilhamento de recompensas, mas também de riscos (PIRES, 2004; HALLIKAS *et al.*, 2004; COHEN; ROUSSEL, 2005; CHRISTOPHER, 2007). Como exemplo pode-se apresentar o fato da cadeia funcionar de forma mais enxuta, com menores estoques e prazos mais curtos, que apesar de possibilitar benefícios como a redução de custos, uma falha em um

ponto qualquer da cadeia pode ocasionar efeitos em toda sua extensão, impedindo-a de desenvolver suas operações normalmente. Neste caso a cadeia de suprimentos se torna mais frágil à rupturas.

Essas falhas passíveis de ocorrer são denominadas incertezas, podendo surgir de vários fatores, à jusante e à montante da empresa foco, desde problemas no fornecimento de bens e volatilidade do preço, até problemas no processo de compartilhamento de informação (ASBJORNSLETT, 2009; RAO; GOLDSBY, 2009; ZSIDISIN; RITCHIE, 2009). Além disso, vive-se em um mundo imprevisível que está sempre passando por eventos e mudanças que expõem todos às incertezas e às consequências, benéficas ou maléficas, que são intrínsecas a elas e que fogem ao controle da cadeia (CHRISTOPHER; PECK, 2004; HALLIKAS *et al.*, 2004; NORRMAN; JANSSEN, 2004; WANG; YANG, 2007).

Para que as incertezas sejam gerenciadas elas precisam ser tratadas como riscos, ou seja, do ponto de vista da cadeia de suprimentos, como um resultado negativo ou prejudicial do qual é conhecida a probabilidade de sua ocorrência (SPECKMAN; DAVIS, 2004).

De maneira mais detalhada, risco pode ser definido como o resultado de uma relação entre a variedade de resultados possíveis (severidade ou impacto) e a distribuição das respectivas probabilidades para cada um dos resultados que pode quebrar o fluxo normal de informações, bens, serviços e o fluxo monetário entre os membros componentes da cadeia (NORRMAN e JANSSEN, 2004; WANG; YANG, 2007; WANG, 2010).

Assim, segundo Dani (2009), a cadeia deve agir de forma proativa, onde os riscos devem ser identificados, avaliados quanto ao seu impacto e probabilidade e ranqueados em termos de importância, para posterior definição das estratégias que visam reduzir a força com que riscos afetem a continuidade de suas atividades.

Ou seja, a cadeia precisa ter a capacidade de eliminar ou reduzir seja a possibilidade de ocorrência ou os impactos que podem ser gerados pelos riscos que a circundam e, em seguida, conseguir regressar a uma nova situação de estabilidade de suas atividades (ASBJORNSLETT, 2009).

Desse modo, a Gestão de Riscos em Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Risk Management* - SCRM) consiste em um conjunto de etapas que permitem as organizações conhecerem e se prepararem mais adequadamente aos riscos presentes no seu ambiente de negócios. Segundo Hallikas *et al.* (2004), Wang; Yang (2007) e Wagner; Bode (2009), estas etapas são: Identificação dos Riscos; Avaliação dos Riscos (qualitativa e quantitativa); Proposição de Estratégias para Aceitar, Transferir, Reduzir ou Eliminar os Riscos; e

Monitoramento de seus Impactos. Zsidisin; Ritchie (2009) acrescentam uma etapa posterior a estas já citadas, denominada Aprendizagem Organizacional e Pessoal.

Embora sejam de extrema importância, verificam-se algumas lacunas até o momento. A primeira está ligada a etapa de identificação do risco. Ao observar os trabalhos de Svensson (2002), Harland; Brenchley; Walker (2003), Jüttner; Christopher; Peck (2004); Cavinato (2004), Chopra; Sodhi (2004), Hallikas *et al.* (2004), Shi (2004), Tang (2006), Wu; Blackhurst; Chidambaram (2006), Wang; Yang (2007), Manuj; Mentzer (2008), Miccuci (2008), Tang; Tomlin (2008), Rao; Goldsby (2009) e Qun (2010), verifica-se a inexistência de um consenso sobre uma classificação de riscos para cadeia de suprimentos, o que dificulta a etapa de identificação do risco. Além disso, a dificuldade de perceber os riscos em cadeias complexas torna a identificação de risco uma parte crucial do processo de gerenciamento de riscos (HARLAND; BRENCHLEY; WALKER, 2003; HALLIKAS *et al.*, 2004; NORRMAN; JANSSON, 2004; WANG; YANG, 2007).

A segunda lacuna relaciona-se a etapa de avaliação do risco. Para De La Rocque; Lobo (2005) o atual desafio do gerenciamento de riscos é integrar aspectos qualitativos e quantitativos para o controle integrado de riscos. Afirmam ainda que a gestão de riscos em empresas não financeiras é bem mais complexa.

Para Dani (2009) e Jüttner; Ziegenbein (2009), nem sempre é possível obter boas estimativas da probabilidade de ocorrência nem obter medidas exatas do impacto dos riscos.

Esta lacuna pode ser confirmada ao se observar os vários modelos de gestão de riscos em cadeia de suprimentos relacionados à avaliação e priorização de riscos pesquisados neste trabalho (HALLIKAS *et al.*, 2004; WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; WATERS, 2007a; WANG; YANG, 2007; BLACKHURST, SCHEIBE; JOHNSON, 2008; TSAI; LIAO; HAN, 2008; ASBJORNSLETT, 2009; DANI, 2009; GAUDENZI, 2009; JÜTTNER; ZIEGENBEIN, 2009; ZHANG; CHAI, 2010; XIA; CHEN, 2011), pois eles utilizam unicamente aspectos e julgamentos qualitativos ou utilizam de forma muito simplificada uma combinação de aspectos qualitativos e quantitativos, o que reduz a confiabilidade da avaliação do risco no processo de definição de estratégias de mitigação.

Diante do exposto, estabelece-se a questão de pesquisa:

“Como realizar a identificação, avaliação e priorização do risco em cadeia de suprimentos?”

1.2 Justificativa

O atual ambiente competitivo mudou a maneira como as empresas se configuram. Para se tornarem mais competitivas, as organizações precisaram se preocupar em desempenhar bem aquelas atividades em que elas conseguem obter vantagem em relação a seus concorrentes, podendo terceirizar o restante de suas atividades. Ao se organizar dessa maneira, focando-se no que é competente, conseguem executar seu negócio de forma mais eficaz e eficiente e, com isso, obter benefícios como, por exemplo, a redução de custos (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; HILSDORF; *ROTONDARO*; *PIRES*, 2009; SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2010).

Para Porter (1991) as cinco forças externas dirigem a concorrência na indústria: o poder de negociação dos fornecedores; poder de negociação dos compradores; ameaça de novos entrantes; rivalidade entre as empresas existentes; e ameaça de produtos ou serviços substitutos. Para o autor cabe às empresas ter a habilidade de lidar bem com elas para que possam alavancar o seu potencial de obter lucro.

Slack; Chambers; Johnston (2002, p.170) afirmam que: “Nenhuma operação produtiva, ou parte dela, existe isoladamente. Todas as operações fazem parte de uma rede maior, interconectada com outras operações. Essa rede inclui fornecedores e clientes”. O conceito de fornecedor e cliente é utilizado por estes autores tanto em uma visão interna da organização (cada micro operação recebe *outputs* de qualquer micro operação e fornece *inputs* para qualquer micro operação) quanto externa (recebe e fornece informações, materiais e/ou serviços de/às empresas fornecedoras e clientes). Apresenta ainda que essa cadeia inclui os fornecedores dos fornecedores e os clientes dos clientes, e conclui que preocupar-se com toda a cadeia pode proporcionar maior vantagem competitiva.

Observando a importância das organizações que constituem toda a cadeia (à montante e à jusante) para satisfazer as exigências do(s) cliente(s) nos aspectos relativos ao custo e ao nível de serviço, desenvolveu-se o conceito de cadeia de suprimentos e gerenciamento da cadeia de suprimentos. A forma como o relacionamento entre esse conjunto de empresas é gerenciado define se a cadeia utiliza a filosofia que os pesquisadores propõem, um relacionamento baseado na colaboração, cooperação, confiança e integração (CHRISTOPHER, 2007; FIGUEIREDO; FLEURY; WANKE, 2008).

Neste sentido, Pires (2004) afirma que a maximização do desempenho de apenas um elo da cadeia de suprimentos não garante o seu melhor desempenho. Corroborando com esta afirmativa, Christopher (2007) afirma que a cadeia de suprimentos deve ser analisada de

forma sistêmica, onde o objetivo é o aumento do desempenho de toda ela e não apenas de um elo individualmente.

Assim, a função da gestão da cadeia de suprimentos é implantar uma filosofia gerencial que focaliza em uma abordagem sistêmica, buscando uma maior integração dos processos de negócios dos elos da cadeia de suprimentos (HISDORF; ROTONDARO; PIRES, 2009).

Verifica-se que, apesar de Porter (1991) não fazer referência à gestão da cadeia de suprimentos, a qual se baseia no estreitamento do relacionamento entre os elos da cadeia, o autor demonstra a importância da relação com fornecedores e compradores como forma de obter vantagem competitiva, a qual, segundo Pires (2004), pode ser obtida ao explorar a minimização de custo, incrementando o valor percebido pelo cliente, ou, idealmente, combinando ambos.

Christopher (2007) acrescenta ainda que para proporcionar maior vantagem competitiva a cadeia deve ter como um de seus princípios ser resiliente, ou seja, ter capacidade de superar problemas inesperados que possam vir a acontecer para manter a continuidade de seus negócios.

Justifica-se a adição do princípio “Resiliência”, pois, além de apresentar muitos benefícios, a filosofia seguida pela gestão da cadeia de suprimentos trás consigo o aumento da vulnerabilidade a distúrbios e rupturas (CRANFIELD UNIVERSITY SCHOOL OF MANAGEMENT, 2002; HALLIKAS *et al.*, 2004; TANG, 2006; CHRISTOPHER, 2007). Para tanto, a cadeia precisa conhecer as incertezas que possam vir a afetá-la antes que ocorram. A preocupação com a gestão de riscos na cadeia de suprimentos é um fator colaborativo para esta questão.

Segundo Narasimhan; Talluri (2009), as estratégias da indústria têm ampliado o crescente interesse sobre a gestão de riscos em cadeia de suprimentos, pois é entendida como uma atividade estratégica de gestão que pode afetar seu desempenho operacional, de mercado e financeiro. Como o risco pode afetar o desempenho da cadeia negativamente, reduzirá, conseqüentemente, sua competitividade.

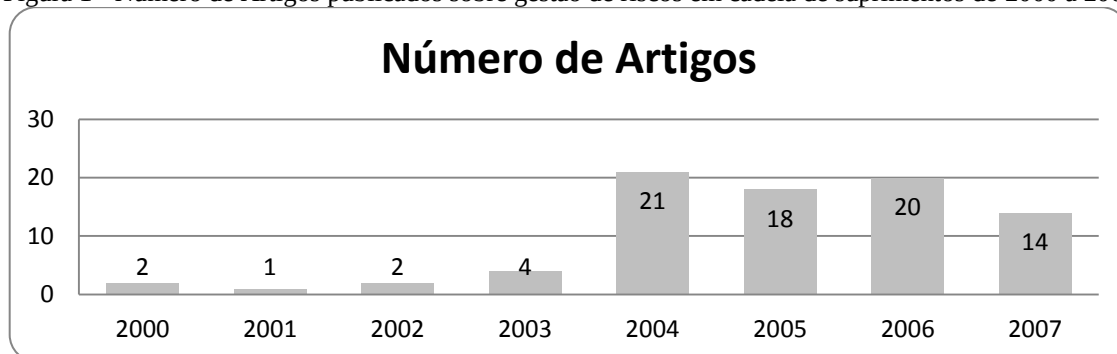
Com a intenção de verificar a importância dada pelas empresas à exposição ao risco, Finch (2004) analisou em seu trabalho alguns estudos de casos, e constatou que as empresas aumentaram sua exposição ao risco ao ter pequenas e médias empresas desenvolvendo atividades críticas de negócio na cadeia de suprimentos. O autor concluiu também que poucas delas fazem uma avaliação dos riscos envolvidos ou tinham estratégias para gerenciamento de

riscos, indicando a necessidade de empreender avaliações do risco e o planejamento da continuidade do negócio.

Em outro estudo realizado por Vanany; Zailani; Pujawan (2009), realizado nas bases eletrônicas Science Direct, Emerald Fulltext, EBSCO, ABI/INFORM Global Pro-quest e Inderscience, com o objetivo de identificar a presença do termo “*supply chain risk*” em periódicos dessas bases, concluíram, a partir de uma amostra de 208 artigos encontrados, dos quais 82 foram considerados relevantes, que o gerenciamento de cadeia de suprimentos é um tema que, até aquele momento, se encontrava em estado embrionário, mas que desde o ano 2004 foi publicado um número maior de artigos, como pode ser observado na Figura 1.

Mesmo atualmente, segundo Sodhi; Son; Tang (2012), embora a gestão de riscos em cadeia de suprimentos seja tratada como uma área de pesquisa de crescente interesse tanto do ponto de vista prático quanto acadêmico, ainda está em um estado inicial.

Figura 1 - Número de Artigos publicados sobre gestão de riscos em cadeia de suprimentos de 2000 a 2007



Fonte: Adaptado de Vanany, Zailani e Pujawan (2009).

A partir dos estudos de Cranfield University School of Management (2002), Norrman; Jansson (2004), Jüttner (2005) e Pfohl; Köhler; Thomas (2010) pode-se listar alguns fatores que caracterizam e elevam a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos: o foco na eficiência, *outsourcing* (terceirização), fábricas focadas e distribuição centralizada, volatilidade da demanda, falta de visibilidade e procedimentos de controle, a globalização das cadeias de suprimentos, a redução da base de fornecedores, processos mais entrelaçados e integrados entre as empresas, produtos e serviços complexos, dependência da tecnologia da informação e déficits de informação, apresentadas no Quadro 1.

O estudo de Cranfield University School of Management (2002) concluiu que deve haver a preocupação sobre qual elo origina o aumento da vulnerabilidade na cadeia, quais são os fatores de risco e como os riscos devem ser gerenciados e reduzidos.

Quadro 1 - Fatores que aumentam a vulnerabilidade da Cadeia de Suprimentos

FATORES	EFEITO	AUTORES
Foco na eficiência	Ao utilizar das abordagens produção enxuta e <i>just in time</i> para reduzir custo, umas das práticas utilizadas é a redução de estoques. Embora possibilite benefícios, qualquer atraso ou problema relacionado ao fornecimento pode representar um grande risco.	Cranfield University School of Management (2002); Jüttner (2005); Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Outsourcing (Terceirização)	A tendência de reduzir o grau de valor agregado interno ao transferir atividades a outras organizações torna a relação de negócios mais complexa, o que pode gerar confusão sobre quais as responsabilidades de cada organização e controle insuficiente dos processos.	Cranfield University School of Management (2002); Norrman; Jansson (2004); Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Fábricas focadas e distribuição centralizada	Ao produzir pouca variedade e em poucos locais para alcançar os benefícios de produzir em larga escala e reduzir custo, os custos de distribuição se tornam maiores devido às maiores distâncias a serem percorridas pelos produtos, além de poderem perder flexibilidade por produzirem em grandes lotes.	Cranfield University School of Management (2002); Jüttner (2005); Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Volatilidade da demanda	O aumento da volatilidade da demanda aumenta a vulnerabilidade da cadeia a riscos devido à, por exemplo, redução do ciclo de vida dos produtos (geralmente relacionado com o rápido desenvolvimento tecnológico) e à grande variedade de produtos (produtos concorrentes, substitutos e complementares), o que reduz a confiabilidade das previsões. Como as empresas se planejam com base em previsões de longo prazo, há uma maior exposição a riscos.	Cranfield University School of Management (2002)
Falta de visibilidade e procedimentos de controle	A falta de confiança entre os membros da cadeia de suprimentos incide em ações e intervenções ao longo da cadeia que podem aumentar os riscos. Confiança pode ser caracterizada por visibilidade e controle. Visibilidade refere-se ao conhecimento do que está acontecendo na cadeia de ponta a ponta. Controle está relacionado com a habilidade de responder a distúrbios de forma apropriada.	Cranfield University School of Management (2002)
Globalização da cadeia de suprimentos	A pressão associada a custos tem motivado empresas a terceirizar suas produções e vendas a outros países. Mas essas questões podem gerar riscos devido a maiores gastos com coordenação, rotas de transporte mais longas (maiores custos de transporte), <i>Lead times</i> mais longos, maiores estoques de segurança e diferenças culturais.	Cranfield University School of Management (2002); Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Redução da base de fornecedores	A redução do número de fornecedores para cada matéria-prima, componente, serviços, etc., tem sido uma tendência muito utilizada pelas empresas, podendo, em alguns casos, utilizar apenas um fornecedor. Esta opção reduz a complexidade do gerenciamento da cadeia de suprimentos, mas aumenta os riscos, pois qualquer falha dos fornecedores pode causar a ruptura no fluxo físico, informacional e financeiro da cadeia.	Cranfield University School of Management (2002)
Processos mais entrelaçados e integrados entre empresas	Quanto mais entrelaçados e integrados os processos, maior a dependência entre os membros, assim maior é a vulnerabilidade deles diante problemas que possam ocorrer nos elos a montante e a jusante que rompam o fluxo de operações da cadeia.	Norrman; Jansson (2004)
Produtos e serviços complexos	A demanda crescente por produtos e serviços mais eficientes e abrangentes aumenta a complexidade de produzi-los. Aliado a tendência de transferir atividades que agregam valor, gera-se um crescimento de atores e interfaces para produzi-los, como também do potencial a falhas, aumentando os riscos na cadeia.	Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Dependência da Tecnologia da Informação	Devido ao uso intensivo da tecnologia de informação para integrar eficientemente tanto os processos internos quanto inter organizacionais (fluxo de bens, finanças e informação), qualquer falha neste sistema pode ser considerado danoso.	Pfohl; Köhler; Thomas (2010)
Déficits de Informação	Quanto mais amplas e interligadas são as relações entre os processos intra e inter organizacionais, mais difícil é a obtenção de informações detalhadas dos membros da cadeia de ponta a ponta.	Pfohl; Köhler; Thomas (2010)

Fonte: Elaboração Própria

Como pode ser observado no Quadro 1, os fatores que elevam a vulnerabilidade da cadeia são originados de estratégias que buscam aumentar a competitividade da cadeia de suprimentos.

Teixeira; Lacerda (2010, p. 218) apresentam que

“(...) existem relações entre as variáveis ainda não explicadas. Existem variáveis ainda não exploradas. Novos modelos teóricos são necessários para aprimorar o conhecimento até então desenvolvido. Essas proposições ajudam a mostrar que a área de gestão da cadeia de suprimentos ainda é jovem e não se consolidou como disciplina.”

A inter-relação entre gestão de riscos em cadeia de suprimentos e os atuais princípios de gestão logística/da cadeia de suprimentos não é clara, sendo um campo interessante de pesquisas futuras para que as ações da SCRM não reduzam a eficiência da cadeia nem seja vista apenas como caro e demorado, o que está induzindo em um crescimento de interesse e importância tanto de acadêmicos quanto de profissionais sobre a gestão de riscos em cadeia de suprimentos (NORRMAN; JANSSON, 2004; RAO; GOLDSBY 2009).

Embora a gestão de riscos seja um tema de grande preocupação para as cadeias de suprimentos, Shi (2004) afirma que os riscos em cadeias de suprimentos são difíceis de identificar e caracterizar devido à complexidade de interações entre os processos de negócio. Acrescenta também que os gestores tem se baseado em avaliações qualitativas amparados em práticas próximas da intuição. O autor argumenta que, diferentemente das empresas do setor financeiro, há poucas técnicas e ferramentas para o gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos.

Compartilhando da mesma opinião, Wang; Yang (2007) acreditam que, embora a gestão de riscos em cadeia de suprimentos tenha um processo similar a gestão de riscos tradicional, alguns aspectos especiais que caracterizam a cadeia de suprimentos, como a complexa interação com vários parceiros de negócio, precisam de maior atenção e tornam a identificação e a gestão de riscos mais difícil.

Como primeira etapa do gerenciamento de riscos, a identificação de riscos é útil em prover maior entendimento do que será observado e permite conhecer os eventos que podem causar distúrbios. Segundo Blackhurst; Scheibe; Johnson (2008) para se avaliar o risco deve-se, primeiramente, especificar as classificações de risco.

Observando a importância da etapa de identificação de risco no processo de gestão de riscos, Shi (2004) afirma que uma classificação de risco é útil para uma efetiva identificação do risco, o que permitirá sua posterior avaliação (probabilidade e impacto). Asbjornslett (2009) acrescenta que classificações de risco são utilizadas como base para desenvolver

cenários de vulnerabilidade e podem ser úteis em elaborar abordagens construtivas para estruturar diferentes contextos.

Verifica-se neste trabalho a inexistência de um consenso sobre uma classificação para cadeia de suprimentos, fato também reconhecido também por Craighead *et al.* (2007) e Sodhi; Son; Tang (2012), que, além de dificultar o processo de identificação do risco, afeta, consequentemente, os resultados obtidos no processo de avaliação do risco.

Segundo Zsidisin *et al.* (2004), através do processo de avaliação do risco, o qual é definido pela relação entre impacto e probabilidade do risco, pode-se não só entender o impacto e probabilidade dos eventos danosos que podem ocorrer na fonte de suprimentos, como também a implementar ferramentas proativas de gerenciamento de suprimentos, principalmente aquelas que forem focadas em questões de qualidade, aumento do desempenho de fornecimento e prevenção de interrupção no fornecimento.

Segundo Wang; Yang (2007) e Asbjornslett (2009), os cenários aos quais uma cadeia está exposta são levantados no processo de avaliação do risco, o que possibilita a cadeia poder prevenir-se das rupturas que gerariam efeitos ao longo de toda a cadeia. Para Zsidisin; Ritchie (2009), estes cenários permitem os gestores tomar as cabíveis decisões sobre as estratégias a serem implementadas pela empresa.

Segundo Waters (2007a), após a avaliação, deve-se ranquear os riscos para que se identifiquem aqueles que mais limitam o desempenho da cadeia, e assim, fazer com que estes riscos não afetem ou afetem em menor intensidade o alcance de seu principal objetivo, que segundo Goldratt; Cox (2003) é ganhar dinheiro, logo, ter maior vantagem competitiva.

Tsai; Liao; Han (2008) acrescentam que expressar riscos em ordem de prioridade pode ajudar gestores a conceituar mais eficazmente a gestão de riscos de terceirizar. E afirmam ainda que a avaliação qualitativa do risco pode servir como uma visualização que dá uma indicação mais específica sobre onde focar as ações.

Para Christopher (2007), se cada empresa em uma cadeia se responsabilizasse por implementar procedimentos de gestão de riscos com seus fornecedores e clientes imediatos de primeira camada, surgiria uma cadeia de suprimentos bem mais resiliente.

Simchi-Levi; Kaminsky; Simchi-Levi (2010) acrescenta que a utilização da informação para perceber e reagir com eficiência a eventos disruptivos e a melhoria dos processos da cadeia de suprimentos com a inclusão de medidas de mensuração do risco são abordagens utilizadas pela indústria para administrar o risco em suas cadeias de suprimentos.

A fim de buscar entender melhor os processos de identificação e avaliação de riscos em cadeia de suprimentos, seguem, no Apêndice A, várias abordagens apresentadas por

autores pesquisados neste trabalho, onde alguns aspectos podem ser analisados: A utilização de classificações de risco na etapa de identificação; o tipo de informação (probabilidade, impacto, etc.) utilizada para avaliar o risco; a utilização de aspectos qualitativos e quantitativos; a existência de uma relação de influência entre os riscos; e o tipo de resultado apresentado.

Com relação à etapa de identificação, grande parte dos autores faz referência à necessidade desta etapa no processo de gestão de riscos. Não há entre as abordagens apresentadas um consenso sobre a classificação de risco a ser utilizada. Quatro trabalhos elencam classificações de risco reduzidas (HALLIKAS *et al.*, 2004; WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006); TSAI; LIAO; HAN, 2008; XIA; CHEN, 2011), outros dois trabalhos apresentam classificações mais extensas, cinco apresentam uma classificação em externo e interno a cadeia de suprimentos (WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; WANG; YANG, 2007; BLACKHURST; SCHEIBE; JOHNSON, 2008; DANI, 2009; JÜTTNER; ZIEGENBEIN, 2009) , três apenas citam vários autores que apresentam classificações de risco em seus trabalhos (WATERS, 2007a; ASBJORNSLETT, 2009; DANI, 2009).

Este mesmo problema é verificado em outros trabalhos que apresentam classificações de risco em cadeia de suprimentos: Svensson (2002), Harland; Brenchley; Walker (2003), Jüttner; Christopher; Peck (2004); Cavinato (2004), Chopra; Sodhi (2004), Shi (2004), Tang (2006), Manuj; Mentzer (2008), Miccuci (2008), Tang; Tomlin (2008), Rao; Goldsby (2009) e Qun (2010).

Apesar de a maioria dos autores apresentarem como critérios a serem utilizados para avaliação do risco probabilidade e severidade, alguns autores (WANG; YANG, 2007; GAUDENZI, 2009; ZHANG; CHAI, 2009; XIA; CHEN, 2011) não fazem menção ou não os utilizam de forma combinada.

Nota-se também que, embora algumas abordagens apresentem a necessidade de utilizar uma combinação de dados quantitativos e qualitativos para melhorar a qualidade dos dados para o ranqueamento dos riscos, entre as abordagens apresentadas, apenas uma não faz uso de julgamentos subjetivos para atribuir índices aos critérios definidos por cada autor devido à dificuldade de mensurá-los com precisão. Uma alternativa para buscar dados quantitativos é citada por Dani (2009) (através de técnicas como *data mining*) e apresentada e utilizada por Wang; Yang (2007) (utiliza dados históricos em sua abordagem).

Sob o aspecto de haver relacionamento de influência entre os vários tipos de risco ou fatores de risco, apenas as abordagens de Tsai; Liao; Han (2008) e Xia; Chen (2011)

apresentam a necessidade de considerar tal questão, mas apenas a segunda analisa este aspecto através do método *Analytic Network Process*.

Analisando o tipo de resposta que cada abordagem apresenta (Apêndice 1), observa-se que há diferentes tipos de respostas aos gestores, mas a maioria delas busca apresentar um ranqueamento dos riscos, permitindo ao(s) gestor(es) analisar(em) a quais possíveis riscos devem atribuir maior atenção e recursos.

Assim, essa pesquisa torna-se relevante por abordar um tema que ainda está em desenvolvimento no meio acadêmico e empresarial ao realizar um levantamento bibliográfico que pode servir como referencial e ser útil para estudos futuros, e ao apresentar melhorias no processo de identificação, avaliação e priorização do risco. Inicialmente com uma classificação de risco e, posteriormente, com um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos de maneira a preencher as lacunas apresentadas ao longo da seção 1.1 e seção 1.2.

1.3 Objetivos

- **Objetivo Geral**

Propor um procedimento para as etapas de identificação, avaliação e priorização de riscos em cadeia de suprimentos.

- **Objetivos Específicos**

1. Definir, a partir da revisão de literatura, uma classificação de riscos em cadeia de suprimentos;
2. Selecionar um método de auxílio multicritério à decisão que permita o cruzamento entre as categorias de risco e indicadores para o processo de avaliação do impacto do risco;
3. Estabelecer eventos, a partir do conceito dos tipos de risco apresentados na classificação desenvolvida;
4. Estabelecer indicadores para avaliação dos riscos (severidade ou impacto);
5. Desenvolver uma estrutura para cálculo e avaliação da probabilidade do risco.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo apresenta uma base conceitual que permite compreender os elementos constituintes do objetivo deste trabalho que é propor um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeia de suprimentos, na busca de relacionar probabilidade e severidade através de uma análise combinada (qualitativa e quantitativa). Assim, ele se estrutura da seguinte maneira: Inicia com a apresentação de definições de cadeia de suprimentos, algumas de suas características, alguns modelos de gestão presentes na literatura e nove abordagens sobre indicadores para avaliação do desempenho da cadeia de suprimentos (seção 2.1). Em seguida é apresentado o tema gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos, definindo o porquê de sua necessidade, os princípios e etapas que devem orientar sua implementação e dezesseis classificações de risco em cadeia de suprimentos levantadas na literatura (seção 2.2). Na seção 2.3 são apresentados métodos que auxiliam gestores na tomada de decisão e que podem servir na avaliação e priorização de riscos em cadeia de suprimentos. E na seção 2.4 são apresentadas as distribuições estatísticas que podem definir a probabilidade de ocorrência do risco.

2.1 Cadeia de Suprimento

Esta seção inicia-se apresentando conceitos de cadeia de suprimentos encontrados na literatura. Em seguida proporciona algumas características que uma cadeia de suprimentos pode ou deve ter. Posteriormente, alude a amplitude do gerenciamento da cadeia de suprimentos e os dois modelos mais utilizados por pesquisadores. Por fim, apresenta nove abordagens de indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos.

2.1.1 Conceitos de cadeia de suprimentos

O aumento das exigências dos clientes em critérios como prazo de entrega, custo e qualidade, e o aumento da concorrência forçaram as empresas a se configurarem de uma forma diferente. Suas atividades deveriam se concentrar nas suas competências essenciais (*core competences*), enquanto as atividades restantes seriam desenvolvidas por outras empresas (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; PARRA; PIRES, 2003; SIMCHI-LEVI; KAMINSKY; SIMCHI-LEVI, 2010).

Dessa realidade surgiu o conceito de cadeia de suprimentos, o qual se apresenta como a descrição do conjunto de empresas que são responsáveis pela obtenção, produção e liberação de um determinado bem ao cliente final (LAMBERT; COOPER; PAGH, 1998; PIRES, 2004; SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Dito de outra forma, Chopra; Meindl (2003) fazem referência à cadeia de suprimento como todas as organizações, tanto fornecedores e fabricantes como também transportadores, depósitos, varejistas e clientes, relacionadas de forma direta ou indireta, com o objetivo de atender ao pedido do cliente e gerar lucro aos membros da cadeia.

Chen; Paulraj (2004) descreve uma cadeia de suprimentos como uma rede de conexões de materiais, informações e processos de serviços com características de abastecimento, transformação e demanda.

Com base em quinze trabalhos que definem SC, Oliveira (2008, p. 43) a define como o

“(...) conjunto agregado de cadeias de valor ligadas por relações inter organizacionais a montante e jusante da empresa focal, com o objetivo de processar os fluxos envolvidos (financeiro, materiais, bens, serviços e informações), desde o primeiro fornecedor do fornecedor até o último cliente do cliente, bem como o fluxo reverso dos produtos e subprodutos retornáveis e/ou descartáveis, gerando-se o valor esperado pelo consumidor final.”

Zsidisin; Ritchie (2009, p. 2) define cadeia de suprimentos como “interligações de estágios em um processo desde a matéria prima inicial ou fornecimento de *commodity* ao longo de vários estágios de manufatura, processamento, estoque, transporte para eventual entrega e consumo pelo consumidor final”.

Segundo Simchi-Levi; Kaminsky; Simchi-Levi (2010) a SC, também denominada rede logística, é o conjunto de atividades desenvolvidas por empresas interligadas entre si (fornecedores, centros de produção, depósitos, centros de distribuição e varejistas) que visam transformar matérias primas em produtos acabados.

Para CSCMP (2010), a SC consiste em todas as conexões existentes desde a matéria prima inicial até o cliente final, entre as quais há a troca de material e informação.

De forma breve, Blanchard (2010, p. 3) define cadeia de suprimentos como “uma sequência de eventos que cobrem o ciclo de vida inteiro de um produto, desde a concepção até seu consumo”.

É necessário destacar que o ciclo de vida de um produto não acaba na venda ao cliente final, podendo haver atividades relacionadas à pós-venda e à logística reversa como retorno, reparo e descarte (LAMBERT; COOPER, 2000; COHEN; ROUSSEL, 2005; OLIVEIRA, 2008; BLANCHARD, 2010).

Assim, neste trabalho é utilizado o conceito de cadeia de suprimentos abordado por Lambert; Cooper; Pagh (1998) que analisa a cadeia sob o aspecto da empresa focal e de todas as relações interorganizacionais à montante e à jusante dela, composta de todas as atividades desenvolvidas até a entrega e consumo do cliente final, acrescentando-se a abordagem de Lambert; Cooper (2000), Cohen; Roussel (2005), Oliveira (2008) e Blanchard (2010), que adiciona as atividades relacionadas ao fluxo reverso dos produtos e subprodutos gerados após o consumo.

2.1.2 Características de uma Cadeia de Suprimentos

Uma cadeia de suprimentos pode ser classificada como enxuta ou ágil dependendo das características dos produtos/serviços que produz e do critério definido como mais importante na perspectiva do cliente (PIRES, 2004):

- a) Cadeia de Suprimentos Enxuta: Segundo Qi; Chu (2009), este tipo de cadeia se baseia no conceito *lean*, utilizando das práticas *Just in time* como a melhoria contínua e redução do tempo de *setup*, na busca de eliminar processos que não agrega valor ao longo da cadeia e gastos associados com todos os aspectos dela, ou seja, seu objetivo é produzir o máximo com o mínimo de recursos, caracterizando um foco baseado na liderança em custos e eficiência operacional. Produz usualmente produtos funcionais, caracterizados, segundo Fisher (1997), por serem consumidos em grandes quantidades, atenderem às necessidades básicas, não passarem por grandes alterações ao longo do tempo, e possuírem ciclos de vida longos e demanda previsível.
- b) Cadeia de Suprimentos Ágil: Tem foco sobre a disponibilidade e flexibilidade para responder rapidamente às mudanças do mercado. Pires (2004) acrescenta que a cadeia ágil produz produtos inovadores, caracterizados por Fisher (1997) como produtos que variam bastante com o tempo, possuem curto ciclo de vida e demanda imprevisível.

Considerando como referência os cinco objetivos de desempenho apresentados por Slack; Chambers; Johnston (2002) – qualidade, flexibilidade, confiabilidade (fazer no tempo), rapidez e custo – o foco principal da cadeia enxuta é o custo e o da cadeia ágil é a flexibilidade. Para que possam atender os clientes com os objetivos de desempenho que propõem, os mesmos autores discutem que deve haver um relacionamento de parceria entre os membros da cadeia, sendo este influenciado por alguns fatores listados e definidos a seguir:

- Compartilhar sucesso: os membros procuram maximizar os benefícios para toda a cadeia;
- Expectativas de longo prazo: devem comprometer-se uns com os outros por um longo prazo, mas não necessariamente de forma permanente;
- Múltiplos pontos de contato: a comunicação entre os membros não deve se dar apenas por meio de canais formais;
- Aprendizagem conjunta: deve haver o compromisso em aprender com a experiência e percepções de todos sobre cada operação de dentro da cadeia;
- Poucos relacionamentos: a base de fornecedores e clientes deve ser reduzida devido à dificuldade em manter relacionamentos próximos;
- Coordenação conjunta das atividades: deve-se coordenar o fluxo de materiais, serviço, pagamento, etc.;
- Transparência de informações: deve haver uma troca aberta e eficiente de informações;
- Resolução conjunta dos problemas: pode aumentar a proximidade entre os membros;
- Confiança: elencado como elemento chave da parceria, caracteriza a disposição de relacionar-se um com o outro, tendo em vista que isto pode ser benéfico para ambos.

Para Christopher (2007) as cadeias precisam passar por algumas transformações empresariais impostas pelo ambiente de negócios (Quadro 2).

Quadro 2 - As principais transformações empresariais e as implicações para as habilidades gerenciais

TRANSFORMAÇÃO EMPRESARIAL	RESULTA EM	HABILIDADES EXIGIDAS
De enfoque no fornecedor para enfoque no cliente	Cadeias de suprimentos orientadas para o cliente	Conhecimento do mercado: <i>insight</i> sobre o cliente
De sistemas empurrados para sistemas puxados	Níveis mais altos de agilidade e flexibilidade	Gerenciamento da Complexidade e da mudança
De estoque para informação	Captando e compartilhando informação sobre demanda real	Conhecimento sobre sistemas de informação e tecnologia da informação
De transações para relacionamentos	Foco no serviço e na responsividade como base para a retenção do cliente	Capacidade para definir, medir e gerenciar necessidades de serviço por segmento de mercado
De “caminhões e galpões” para a gestão de ponta a ponta do canal	Uma definição mais ampla de custos na cadeia de suprimentos	Conhecimento de indicadores de desempenho baseados no “custo de servir” e no tempo
De funções para processos	Criação de equipes multifuncionais focadas na criação de valor	Excelência funcional específica com conhecimento multifuncional; Capacidade para trabalho em equipe
De competição isolada para rivalidade entre redes	Trabalho mais colaborativo com parceiros da cadeia de suprimentos	Gestão de relacionamentos com orientação “ganha-ganha”

Fonte: Christopher (2007)

Analisando o Quadro 2, pode-se dizer que os membros da cadeia precisam modificar de maneira radical sua filosofia de gestão, desde o enfoque no cliente e o compartilhamento de informação constante até a abordagem de competição entre cadeias.

Na perspectiva de Christopher (2007) quatro princípios servem de base para o bom gerenciamento da cadeia de suprimentos, definidos, em inglês, como os 4Rs: Responsividade (do inglês, *Responsiviness*), Confiabilidade (do inglês, *Reliability*), Resiliência (do inglês, *Resilience*) e Relacionamentos (do inglês, *Relationships*).

O princípio de responsividade está relacionado ao atendimento das exigências do cliente no menor intervalo de tempo possível (agilidade). Confiabilidade refere-se ao fluxo confiável de materiais ao longo da cadeia e a visibilidade da demanda dos membros que a ela pertencem. Resiliência é a capacidade de resistir às incertezas do ambiente de negócio. E, Por fim, o princípio de relacionamentos trata da integração entre cliente e fornecedor, cuja relação deve ser baseada em uma parceria.

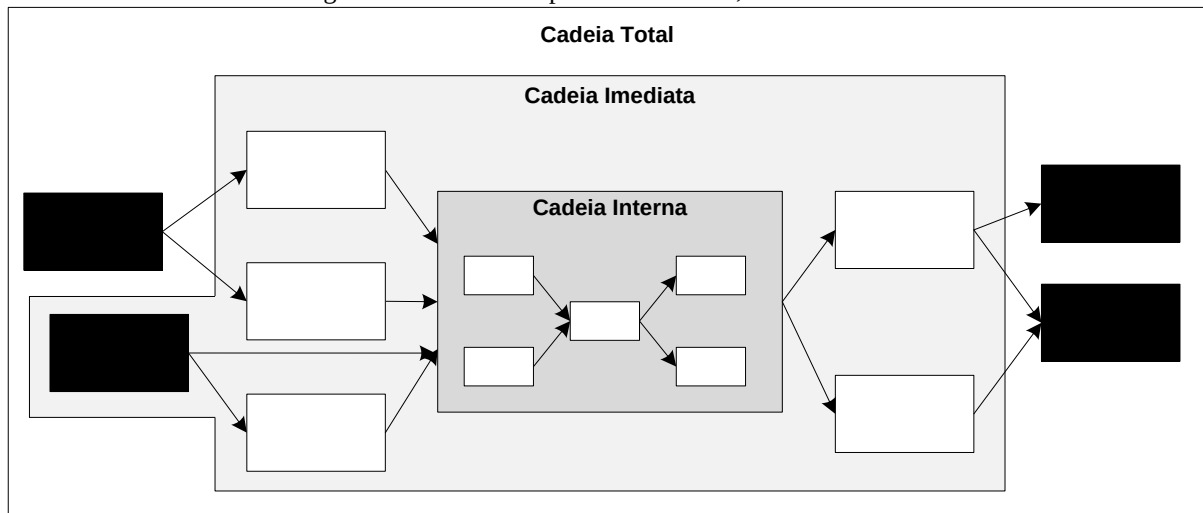
Observa-se que há um consenso entre os autores sobre muitos dos fatores necessários para que a cadeia de suprimentos seja competitiva, principalmente a necessidade de haver um relacionamento estreito e de confiança entre os membros dela, ou seja, devem desenvolver seus processos de forma integrada. Um conceito que também se deve destacar é o de resiliência, citada apenas por Christopher (2007) e melhor explanada com mais detalhes na seção 2.2 deste trabalho.

2.1.3 Estrutura da cadeia de suprimentos

Como dito anteriormente, a cadeia de suprimentos é definida como o conjunto de etapas, desde o fornecimento até o consumidor final, necessárias para satisfazer a necessidade do cliente.

Slack (1993) descreve que uma cadeia de suprimentos pode ser analisada em três níveis: cadeia total, cadeia imediata e cadeia interna. Esta estrutura é apresentada na Figura 2.

Figura 2 - Cadeia de suprimentos interna, imediata e total



Fonte: Adaptado de Slack (1993)

A cadeia total compõe todas as empresas desde os fornecedores dos fornecedores até os clientes dos clientes externos. A cadeia imediata é formada pelos fornecedores e clientes imediatos a uma empresa. E a cadeia interna é composta pelos fluxos de informações e materiais entre departamentos, células ou setores de operação internos a empresa.

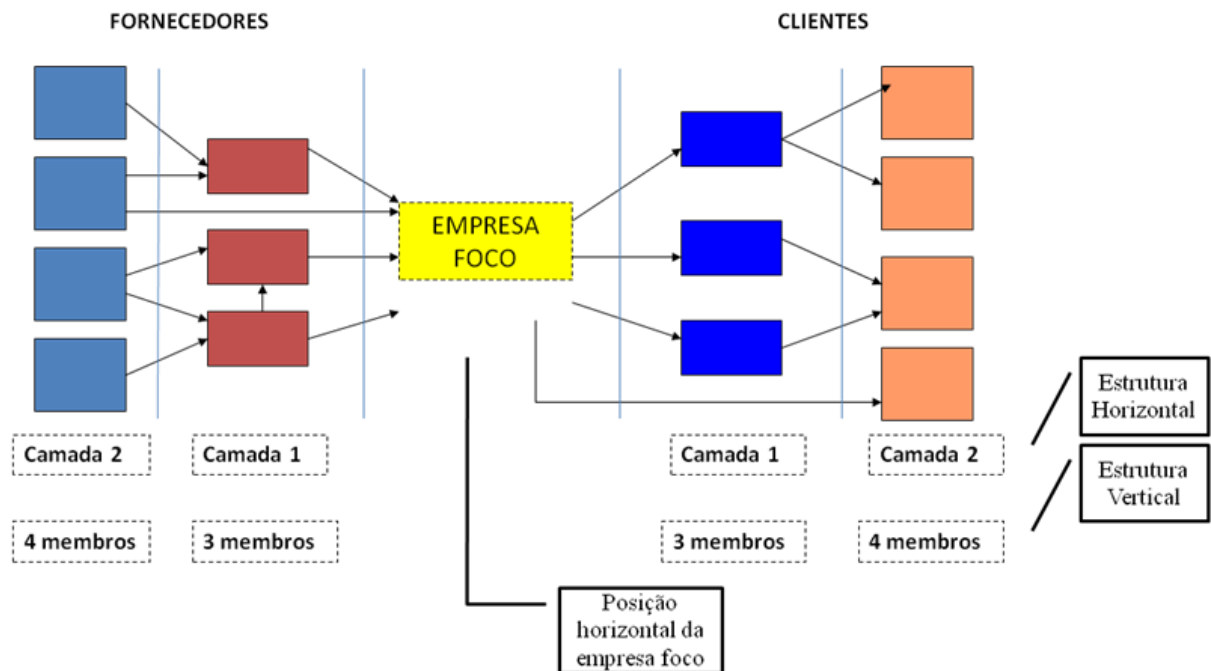
Slack (1993) afirma ainda que o sistema de uma cadeia interna pode ser administrada de forma muito semelhante a cadeia externa, pois cada departamento é tanto cliente como fornecedor de outras partes da empresa.

Para Lambert; Cooper (2000) uma cadeia de suprimentos tem sua estrutura dividida em três dimensões para que seja possível descrevê-la, analisá-la e gerenciá-la:

- Estrutura horizontal: refere-se ao número de camada da cadeia de suprimentos;
- Estrutura vertical: compreende o número de fornecedores/clientes dentro de uma mesma camada da cadeia;
- Posição horizontal da empresa foco: indica, dentro da cadeia, o posicionamento da empresa focal, podendo esta se localizar em qualquer ponto (mais próxima do fornecedor inicial ou do cliente final).

Uma representação genérica de uma cadeia de suprimentos e das dimensões descritas anteriormente é apresentada na Figura 3.

Figura 3 - Estrutura da cadeia de suprimentos

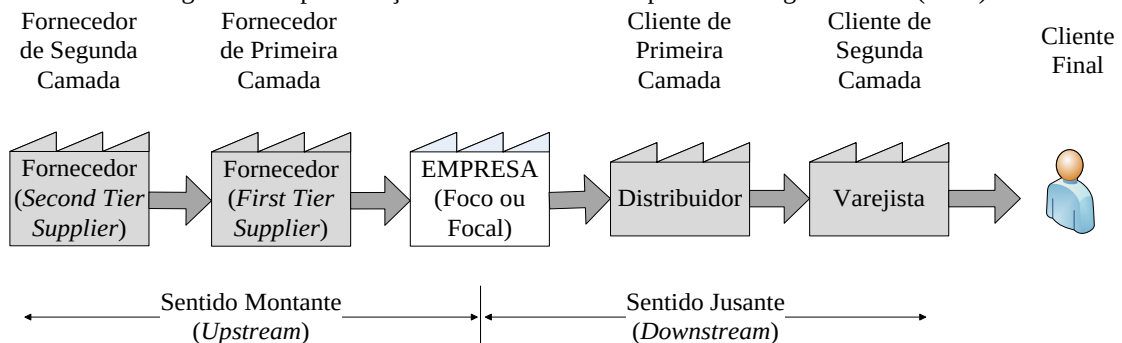


Fonte: Adaptado de Lambert; Cooper (2000).

Essa estrutura varia de cadeia para cadeia, podendo ter um número muito maior de camadas e/ou membros em cada uma delas. Quanto maior o número de camadas, mais longa é a cadeia de suprimentos e quanto maior o número de membros, maior o número de conexões a serem gerenciados.

Pires (2004) utiliza-se de uma lógica semelhante à de Lambert; Cooper (2000) quando define que a estrutura da cadeia de suprimentos também é baseada em uma empresa foco a qual possui um conjunto de fornecedores ligados diretamente a ela (fornecedor de primeira camada), um conjunto de fornecedores ligados aos seus fornecedores diretos (fornecedor de segunda camada), e assim segue até a última camada de fornecedores. A mesma regra é atribuída aos clientes. Essa estrutura pode ser visualizada na Figura 4.

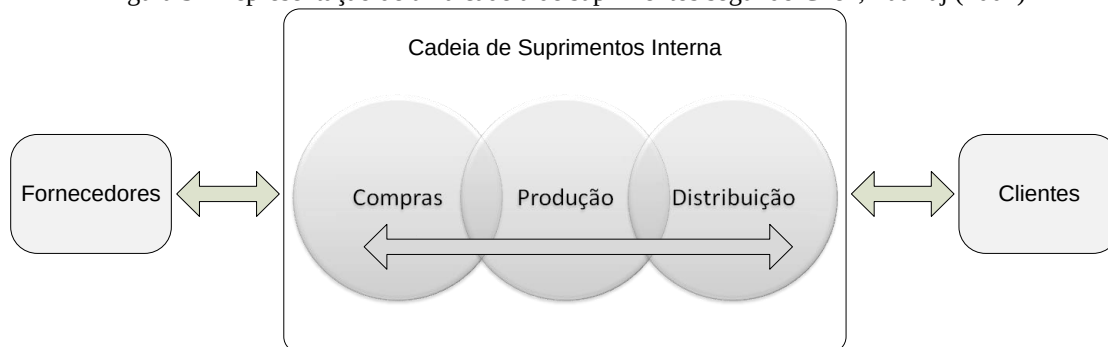
Figura 4 - Representação de uma cadeia de suprimentos segundo Pires (2004)



Fonte: Adaptado de Pires (2004, p. 49).

Chen; Paulraj (2004) acrescentam que a cadeia é formada por conexões não só externas, mas também internas, ou seja, utiliza-se da lógica de cliente e fornecedores internos e externos (Figura 5), como é também citado por Slack; Chambers; Johnston (2002).

Figura 5 - Representação de uma cadeia de suprimentos segundo Chen; Paulraj (2004)



Fonte: Adaptado de Chen; Paulraj (2004, p. 120).

As três atividades logísticas devem se comunicar internamente entre elas, e externamente com as atividades desenvolvidas por seus fornecedores e clientes.

Para uma eficiente integração da cadeia, requiere-se o compartilhamento dos processos dentro e entre as empresas, a montante e a jusante. No Quadro 3 são apresentados os cinco processos básicos que determinam os esforços envolvidos ao longo da cadeia: planejar, abastecer, fazer, entregar e retornar (do inglês, *plan*, *source*, *make*, *delivery* e *return*, respectivamente) (COHEN; ROUSSEL, 2005; BLARCHAND, 2010).

Quadro 3 - Processos Básicos da cadeia de suprimentos

PROCESSO	DEFINIÇÃO
Planejar (Plan)	Utiliza como entrada as informações referentes à demanda, oferta, capacidade e recursos da cadeia de suprimentos, a fim de melhor orientar os demais processos dentro da cadeia, permitindo uma orientação adequada na tomada de decisão. Este processo é base dos demais processos.
Abastecimento (Source)	Utilizando informações desenhadas no processo de planejamento, são adquiridos todos os materiais e serviços necessários, através da realização das atividades de compra, programação, recebimento, inspeção e pagamento dos fornecedores. Além de selecionar fornecedores e gerenciar os relacionamentos.
Fazer (Make)	Objetiva transformar os recursos adquiridos em produtos e/ou serviços de acordo com as especificações dos clientes e leis regulamentares (caso existam) aumentando a flexibilidade da cadeia, diminuindo os custos e aumentando a taxa de utilização dos ativos.
Entregar (Delivery)	Inicia suas atividades com o pedido do cliente confirmado, assegurando que as informações lá contidas serão transmitidas corretamente para os setores responsáveis pelos processos de abastecimento e produção. Também inclui a estocagem, transporte e distribuição dos produtos.
Retornar (Return)	Inclui as atividades concernentes à pós-venda do produto ou serviço, entre elas: recebimento de materiais defeituosos, fora das especificações, insatisfação do cliente, manutenção, reparo, reciclagem e reutilização.

Fonte: Adaptado de Cohen; Roussel (2005).

Esses processos, desenvolvidos por todos os membros da cadeia de suprimentos, interagem entre si nos limites internos e externos de cada um deles.

Como há uma tendência em terceirizar cada vez mais, o alongamento da estrutura da cadeia induz o aumento do número de variáveis a serem analisadas, o aumento do número de interações entre empresas, e assim, aumenta também a complexidade em gerir a cadeia de suprimentos. Ao unir esses fatores com a necessidade de maior integração entre os membros, o que incide em uma maior dependência entre eles, há ainda um aumento da vulnerabilidade dos membros a eventos disruptivos e que podem afetar o bom desempenho das operações da cadeia de suprimentos (CHRISTOPHER; PECK, 2004; NORRMAN; JANSSON, 2004; HALLIKAS *et al.*, 2004; TANG, 2006; CHRISTOPHER, 2007; WANG; YANG, 2007; ADHITYA; SRINIVASAN, 2009).

Essa questão tem despertado o interesse de pesquisadores em desenvolver modelos de gestão que permitam gerenciar uma cadeia de forma mais eficiente, apresentados na seção 2.1.1, e no desenvolvimento do tema de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos na busca de torná-la mais resiliente, apresentado na seção 2.2 deste trabalho.

2.1.4 Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos

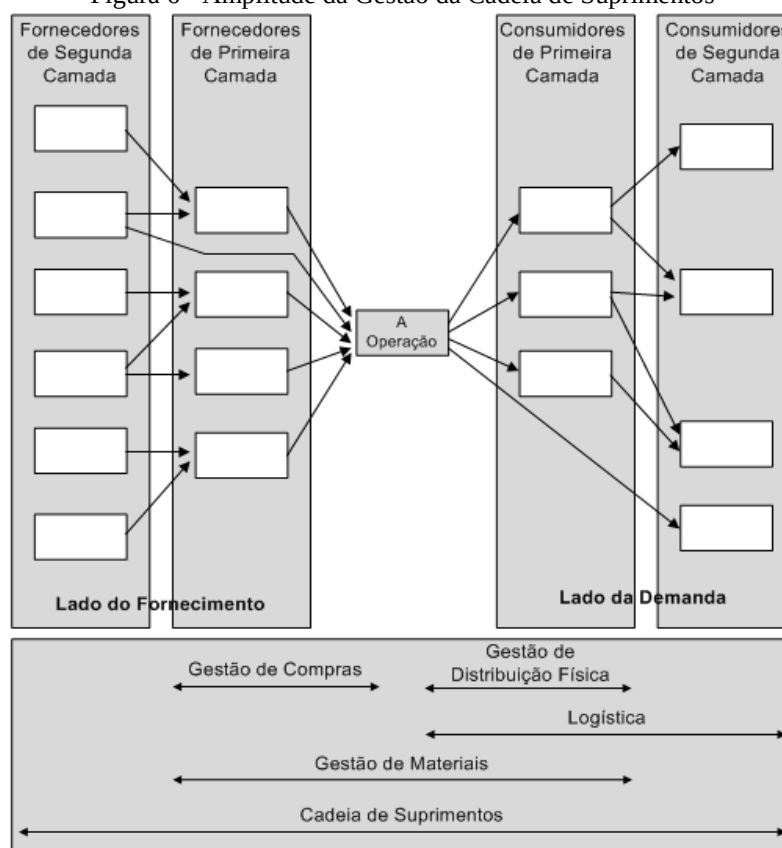
Nas últimas décadas muito tem se discutido acerca do gerenciamento da cadeia de suprimentos, inferindo que a integração e cooperação entre seus componentes são necessárias para o bom funcionamento da cadeia (PIRES, 2004).

O termo Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (*Supply Chain Management* – SCM) surgiu na década de 80, introduzida por consultores e, a partir da década de 90, ganhou a atenção de acadêmicos (LAMBERT; COOPER, 2000).

Conceitua-se SCM como a atividade que busca integrar os processos-chave de negócios através da cadeia de suprimento buscando o aumento de sua eficiência e eficácia (LAMBERT; COOPER; PAGH, 2000; PARRA; PIRES, 2003; HILSDORF; ROTONDARO; PIRES, 2009).

Slack; Chambers; Johnston (2002) definem a SCM como “a gestão da interconexão das empresas que se relacionam por meio de ligações à montante e à jusante entre os diferentes processos, que produzem valor na forma de produtos e serviços para o consumidor final”. Os autores acrescentam que ao realizar a gestão de forma sistêmica, quebrando as fronteiras das empresas, é possível obter ganhos substanciais. A amplitude da gestão da cadeia de suprimentos em relação a outros conceitos logísticos é representada na Figura 6.

Figura 6 - Amplitude da Gestão da Cadeia de Suprimentos



Fonte: Slack; Chambers; Johnston (2002, p. 416).

Como pode ser visto na Figura 6, a gestão da cadeia de suprimentos engloba, e ainda extrapola, a gestão de compras, gestão de materiais, gestão de distribuição física e a logística, demonstrando a necessidade de gerir todo o fluxo de informações, materiais e serviços ao longo de todo o sistema.

Pagell (2004) afirma que o bom gerenciamento da cadeia de suprimentos está ligado ao conceito de integração, pois os processos de criação de valor trabalham em conjunto para prover altos níveis de valor ao cliente e maiores níveis de *performance* operacional. O autor ressalta que essa integração deve ocorrer tanto interna a uma organização quanto entre as organizações da cadeia.

Corroborando com Pagell (2004), Qi; Chu (2009) afirmam que vantagem competitiva só é possível ao integrar os processos chave desde os fornecedores até os clientes, devendo essa integração ocorrer tanto intra organizacional quanto inter organizacional. Segundo Pires (2004) uma vantagem competitiva construída conjuntamente ao longo da cadeia será muito mais difícil de ser ultrapassada pela concorrência.

Em vista da importância da integração dos processos, são apresentados, ao longo desta seção, os dois modelos de gestão mais utilizados para integrar os processos ao longo cadeia de

suprimentos e encontrados na literatura: o modelo proposto por Lambert, Cooper e Pagh (LCP) e o modelo SCOR.

2.1.4.1 Modelo de Lambert, Cooper e Pagh

Segundo Simon; Pires (2006), o modelo de Lambert, Cooper e Pagh foi apresentado à literatura em 1997 após um seminário realizado em 1996 organizado pelo *Council of Logistics Management* (CSCMP). Por ser bastante estudado, o modelo recebe várias nomenclaturas, algumas delas são: modelo A (PIRES, 2004), modelo *Ohio State University* (HILSDORF, 2007), modelo LCP (MORAES; CARDOSO, 2006).

O modelo enfatiza a natureza inter-relacionada e a necessidade de proceder através de vários passos para projetar e gerenciar adequadamente a cadeia de suprimentos. Este modelo consiste de três elementos: estrutura da cadeia de suprimentos, processos de negócios da cadeia de suprimentos e componentes do gerenciamento da cadeia de suprimento (LAMBERT; COOPER, 2000; PIRES, 2004).

a) Estrutura da cadeia de suprimentos

Consiste dos membros participantes e das relações entre eles. Para isso, deve-se: levantar e definir o tipo dos membros da cadeia de suprimento (membros primários ou de apoio), definir as dimensões estruturais da cadeia (estrutura horizontal e vertical, e posição horizontal da empresa foco) e os diferentes tipos de ligações dos processos ao longo da cadeia de suprimento (LAMBERT; COOPER, 2000). No Quadro 4 são apresentadas as definições dos tipos de membros e as dimensões estruturais de uma cadeia de suprimentos.

Quadro 4 - Classificação dos tipos de membros e estrutura da cadeia de suprimentos

TIPOS DE MEMBRO	Membros Primários	Reúnem as organizações estratégicas dentro da cadeia que executam as atividades que agregam valor aos consumidores.
	Membros de Apoio	Compreendem as organizações que propiciam recursos, conhecimentos ou ativos para os membros primários da cadeia de suprimentos.
DIMENSÕES ESTRUTURAIS	Estrutura horizontal	Refere-se ao número de camada da cadeia de suprimentos;
	Estrutura vertical	Compreende o número de fornecedores/clientes dentro de uma mesma camada da cadeia;
	Posição horizontal da empresa foco	Indica, dentro da cadeia, o posicionamento da empresa focal, podendo esta se localizar em qualquer ponto (mais próxima do fornecedor inicial ou do cliente final).

Fonte: Adaptado de Lambert; Cooper (2000)

Segundo Moraes (2008) a configuração das dimensões da cadeia é determinada pela estratégia adotada por cada empresa com relação ao número de fornecedores (fornecedores

exclusivos ou muito fornecedores), mercado consumidor que atende (exemplos: muitos clientes diretos ou terceirizar serviços via distribuidores) e à variedade de produtos produzidos.

b) Processos de Negócios

Os processos de negócios são as atividades que produzem uma saída específica de valor para o consumidor. Segundo Lambert; Cooper (2000) os processos chave da cadeia de suprimentos são:

- Gestão do relacionamento com o cliente: deve-se identificar os clientes ou grupo de clientes chave que são vitais para o atendimento da missão do negócio e a partir dessa seleção definir os acordos de produtos e serviços bem como os níveis de desempenho esperados;
- Gestão do serviço ao cliente: disponibiliza ao cliente informações atualizadas (em tempo real) da situação do pedido: data de entrega, disponibilidade dos produtos, através de interfaces com outras áreas funcionais da organização. Não deve ser confundido com os conceitos tradicionais de serviço ao cliente;
- Gestão da demanda: este processo deve balancear os requisitos dos clientes com a capacidade da empresa, buscando reduzir as incertezas sobre a demanda, permitindo o fluxo eficiente ao longo da cadeia de suprimento. Além de desenvolver planos de contingência para quando houver interrupção na produção ou desajustes entre suprimentos e demanda;
- Atendimento de pedidos: busca satisfazer as necessidades dos clientes nos aspectos quantidade, qualidade e prazo, por exemplo. Para o seu perfeito funcionamento, requer a integração dos planos de manufatura, logística e marketing da empresa;
- Gestão do fluxo de produção: relaciona-se com a programação correta da produção, para que esta seja flexível a fim de atender as flutuações da demanda e oferecer o portfólio correto de produtos e que seja enxuta o suficiente para somente produzir no momento que os clientes demandarem os produtos objetivando reduzir os estoques e, também, se adequar à demanda;
- Gestão do relacionamento com fornecedor: provê a criação e manutenção da gestão de compras da organização, destacando os fornecedores chaves para a organização (assim como foi feito para os clientes) em função de diversas dimensões como: contribuição, especialização, tecnologia que incorporam ao produto, volume de abastecimento;

- Desenvolvimento e comercialização de produtos: refere-se à integração entre fornecedores, clientes e organização para o lançamento de novos produtos no mercado em intervalos de tempo cada vez menores;
- Gestão dos retornos: engloba as atividades relativas ao retorno de materiais, embalagens, logística reversa, devoluções, etc. Tem por objetivo dar à organização vantagem competitiva sustentável ao permitir a identificação de oportunidades de melhoria de produtividade e desenvolvimento de novos produtos e/ou processos. Em alguns países, esta prática é obrigatória por lei ao envolver questões ambientais.

Lambert; Cooper (2000) reconhecem que gerenciar todos esses processos com todos os membros da cadeia de suprimentos não seria possível e nem mesmo apropriado. O nível de integração é distinto a cada par de elos. Assim os autores indicam quatro tipos fundamentais de processos de negócios que podem ser identificados entre os membros da cadeia (Quadro 5).

Quadro 5 - Tipos de Ligação entre processos de negócios

TIPOS	DEFINIÇÃO
Processos de Negócios Gerenciados	São processos de negócio que envolve um conjunto de membros da cadeia e que são considerados críticos para o desempenho da cadeia, devendo ser tratados e gerenciados de forma detalhada e integrada;
Processos de Negócios Monitorados	Embora não sejam tão críticos, os processos devem ser gerenciados e integrados e monitorados entre os outros membros. A empresa focal deve apenas monitorá-los;
Processos de Negócios Não-gerenciados	São processos nos quais a empresa focal não está diretamente envolvida e que não são considerados críticos. É repassada a outros membros a responsabilidade de gerenciar tais processos.
Processos de Negócios com Não-membros	São processos que envolvem membros de outras cadeias, mas que podem afetar o desempenho da empresa focal e sua cadeia de suprimento.

Fonte: Adaptado de Lambert; Cooper (2000).

Como pode ser visto no Quadro 5, o tipo de ligação definirá o nível de criticidade com o qual aquele processo é gerido pelas empresas interligadas, demonstram a necessidade em gerenciá-lo de forma mais ou menos integrada. Hilsdorf (2007) acrescenta ainda que esta classificação possibilita identificar e concentrar os esforços em integrar os processos que têm influência sobre a cadeia.

c) Componentes Gerenciais

Os componentes de gerenciamento são variáveis gerenciais pelas quais os processos de negócios são integrados e gerenciados ao longo da cadeia de suprimentos. Lambert; Cooper (2000) distinguem duas categorias (componentes físicos e técnicos e componentes gerenciais e comportamentais) que abrangem nove componentes gerenciais para o sucesso no gerenciamento da cadeia de suprimentos, como pode ser visto no Quadro 6. Lambert;

Leuschner; Rogers (2008) afirmam que os componentes gerenciais proveem orientações para a implementação de cada processo.

Quadro 6 - Componentes fundamentais de gerenciamento

TIPOS	COMPONENTES	DEFINIÇÃO
Componentes físicos e técnicos	Planejamento e controle	São componentes gerenciais chave para direcionar uma organização. O planejamento deve ser realizado conjuntamente com os membros para que seus objetivos sejam alcançados. O controle deve apresentar bons indicadores que facilitem mensurar o desempenho da cadeia.
	Estrutura do trabalho	É um componente importante que indica como as tarefas e atividades estão sendo executadas.
	Estrutura organizacional	Está relacionado ao nível de integração na cadeia. São utilizadas equipes multifuncionais para sugerir uma abordagem de processo. Uma maior integração pode ser obtida quando estas equipes cruzam os limites organizacionais.
	Estrutura facilitadora do fluxo de produto	Refere-se à estrutura da rede para abastecer, produzir e distribuir ao longo da cadeia. Busca-se a racionalização da cadeia de suprimento.
	Estrutura facilitadora do fluxo de informação	É definido como um ponto chave para o sucesso da cadeia. É importante avaliar tanto o tipo de informação quanto a frequência com que essa é atualizada ao longo da cadeia.
Componentes gerenciais e comportamentais	Métodos de gestão	Inclui a filosofia e as técnicas de gestão utilizadas pelos membros da cadeia.
	Estrutura de poder e liderança	Define-se pela forma como é exercido o poder e a liderança dentro da cadeia, podendo afetar como ela será direcionada e o nível de comprometimento de seus membros.
	Estrutura de risco e recompensa	Considera que as políticas de riscos e recompensas afetam os compromissos de longo prazo ao longo da cadeia.
	Cultura e atitude	Trata como sendo importante analisar as atitudes individuais de cada empresa e a compatibilidade entre suas culturas.

Fonte: Adaptado de Lambert; Cooper (2000).

Lambert; Cooper (2000) afirmam que os componentes estruturais são caracterizados por serem mais visíveis, tangíveis, mensuráveis e mais fáceis de serem alterados, enquanto os componentes comportamentais são de mais difícil avaliação e modificação devido ao nível de intangibilidade, definindo a maneira como as organizações realizam o gerenciamento dos negócios e o seu comportamento.

Segundo Lambert; Leuschner; Rogers (2008), os componentes físicos e técnicos são importantes, pois estrutura conduz comportamento. Afirma ainda que, embora os componentes gerenciais e comportamentais não sejam tão visíveis quanto os físicos e técnicos, eles são essências na implementação dos oito processos de negócios.

2.1.4.2 Modelo SCOR (*Supply-Chain Operations Reference-model*)

Segundo Pires (2004) o modelo SCOR foi criado em 1996 por duas empresas privadas de pesquisa e consultoria dos EUA (Pittiglio Rabin Todd & McGrath e *Advanced Manufacturing Research*) com o objetivo descrever, caracterizar e avaliar um complexo sistema de produção. O mesmo afirma ainda que o modelo possibilita rápida modelagem e

entendimento da SC, melhor avaliação, comparação e comunicação mais efetiva dos processos de negócio (interno e externo à empresa), utilização das técnicas de *benchmarking* e melhores práticas para priorizar atividades e quantificar benefícios, e o mapeamento dos sistemas (*softwares*) que melhor se adaptam às necessidades específicas.

Morais (2008) acrescenta que o grande mérito do modelo SCOR é o grau de detalhamento e abrangência dos processos de negócios da cadeia e as métricas que permitem a avaliação de desempenho da cadeia.

Segundo o *Supply Chain Council* (2010), o modelo SCOR promove um *framework* único, que reúne processos de negócio, indicadores, melhores práticas e recursos tecnológicos em uma estrutura conceitual. Ele auxilia a comunicação dos envolvidos na cadeia de suprimento e aumenta a eficácia de sua gestão e das atividades relacionadas ao aperfeiçoamento da cadeia. O modelo percorre todas as interações com os clientes, todas as transações de materiais (do primeiro fornecedor até o último cliente, incluindo equipamentos, abastecimento, peças reservas e softwares) e todas as interações com o mercado.

Dois elementos são referência do modelo SCOR: processo de negócios e níveis de detalhamento, listados e discutidos a seguir:

a) Processos de negócios

Para aumentar a *performance* da cadeia, este modelo promove uma abordagem de indústria padrão para analisar, projetar e implementar mudanças através de cinco processos integrados da cadeia de suprimentos: planejar, abastecer, fazer, entregar e retornar (BLANCHARD, 2010). Segundo Pires (2004) esses processos são tratados de forma genérica, mas são ajustados a realidade de cada empresa caso produzam para estoque (MTS – *Make-to-stock*), sob encomenda (MTO – *Make-to-order*) ou projetem e produzam sob encomenda (ETO – *Engineering-to-order*). Os cinco processos são definidos pela *Supply Chain Council* (2010) como:

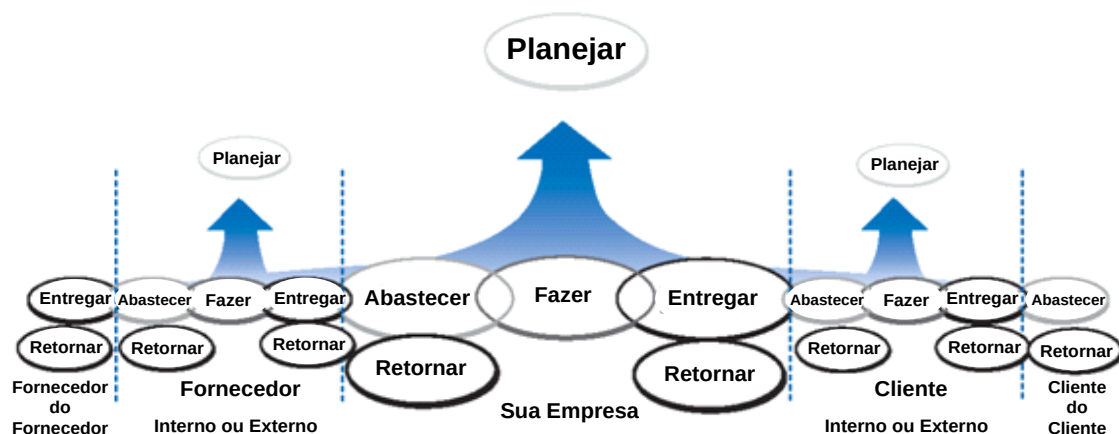
- Planejar (*Plan*): descreve as atividades de planejamento associados com as operações da cadeia de suprimentos. Inclui coletar requerimentos dos clientes, coletar informações sobre recursos disponíveis, e balancear necessidades e recursos para determinar as capacidades planejadas e a falta de recursos. Segue com a identificação de ações necessárias para corrigir qualquer lacuna;
- Abastecer (*Source*): descreve a sequenciamento (ou programação) e recebimento de bens e serviços. Este processo inclui emitir ordens de compra, programação de

entregas, recebimento, validação de expedição e estocagem, e aceitação de fatura de fornecedores;

- **Fazer (*Make*):** descreve as atividades associadas com a conversão de materiais ou criação de conteúdo para serviços. Seu foco está na conversão de materiais em vez de na produção ou manufatura, pois este processo representa todos os tipos de conversão de materiais: montagem, processamento químico, manutenção, reparo, inspeção, reciclagem, renovação, recondicionamento e outros processos de conversão. De maneira geral, estes processos são reconhecidos pelo fato de que há uma diferença entre o número de itens de entrada (*input*) e o número de itens de saída (*output*);
- **Entregar (*Deliver*):** é descrito pelas atividades associadas com a criação, manutenção e atendimento das ordens do cliente. Inclui o recebimento, validação e criação de ordens do cliente; programação de ordem de entrega; escolha, embalagem e expedição; faturamento do cliente;
- **Retornar (*Return*):** é descrito como as atividades associadas com o fluxo reverso de bens a partir dos clientes. Inclui a identificação da necessidade de um retorno, a tomada de decisão de disposição, a programação do retorno e a expedição e recebimento de bens retornados (Processos de reparo, reciclagem, renovação e remanufatura não são descritas usando elementos do processo “Retornar”, para tal utilizar o processo “Fazer”).

Todos os membros da cadeia realizam esses processos de negócios, como pode ser visto na Figura 7.

Figura 7 - Processos de negócios do modelo SCOR



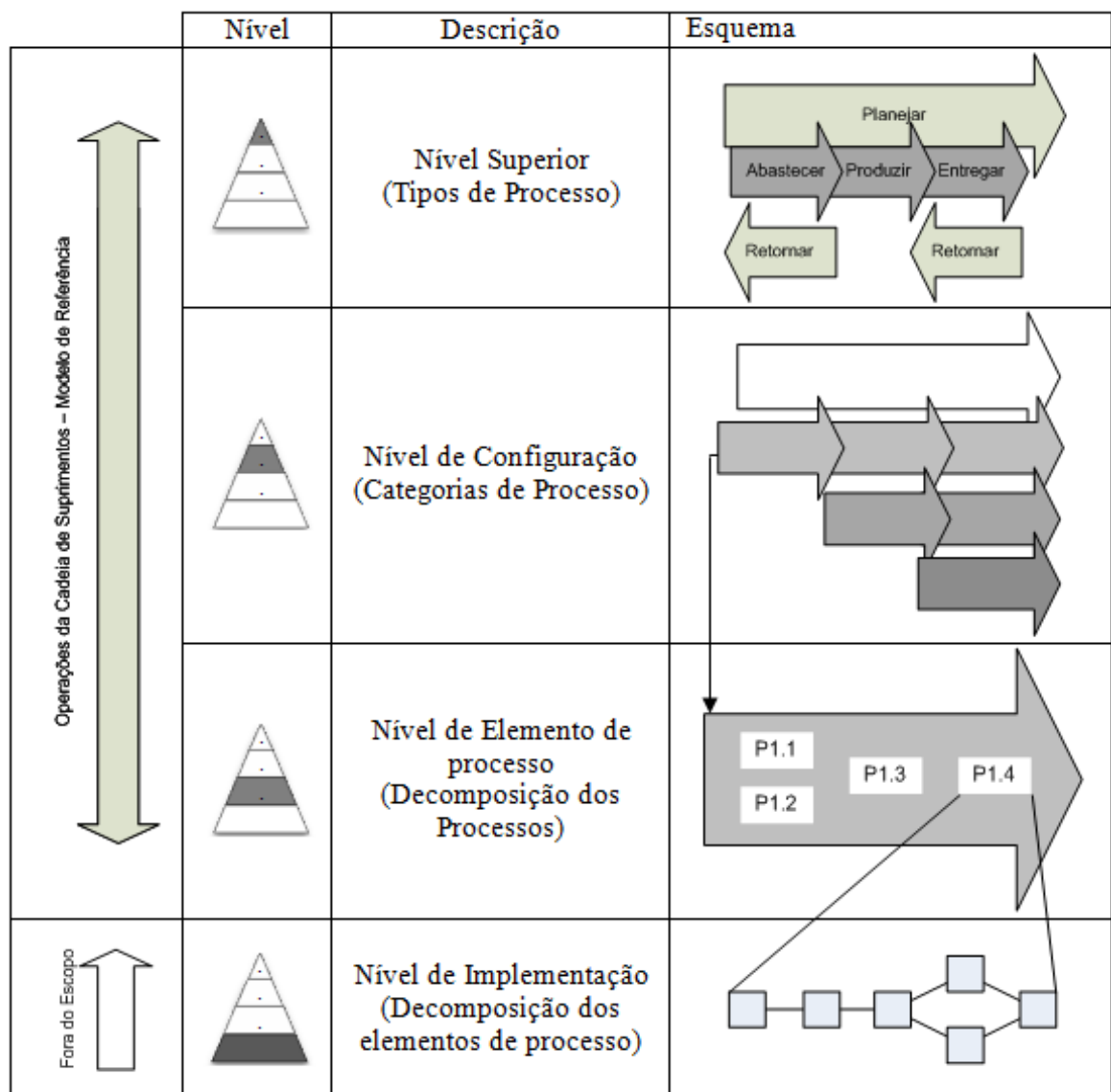
Fonte: Adaptado de *Supply Chain Council* (2010)

Como se pode observar na Figura 7, os processos de negócios interagem entre si tanto nos limites internos (cliente e fornecedor interno) como nos limites externos da empresa focal, se estendendo ao longo de toda a cadeia de suprimentos à montante e à jusante.

b) Níveis de detalhamento

O modelo constitui de quatro níveis de detalhamento, representados na Figura 8. À medida que se passa de um determinado nível de detalhamento para o seguinte, maior é o nível de decomposição de cada processo de negócios (processos, subprocessos e atividades).

Figura 8 - Níveis de detalhamento do modelo SCOR



Fonte: Adaptado de Pires (2004)

Segundo o *Supply Chain Council* (2010), o nível 1 (nível superior) consiste em definir o escopo e o conteúdo do SCOR, fazer a definição dos cinco processos básicos e estabelecer as metas de desempenho competitivo da SC. Cohen; Roussel (2005) acrescentam que esta

etapa é útil para estabelecer o alinhamento entre processo e domínios organizacionais para descrever onde os processos precisam ser padronizados ao longo das entidades da cadeia. Os mesmos afirmam que a criação de métricas de desempenho é uma das atividades mais críticas e mais difíceis no desenvolvimento de uma cadeia de suprimentos. Considera-se nesta etapa, o nível mais alto de estrutura (Unidades de negócio, regiões, etc.).

No segundo nível (nível de configuração) é definida a configuração da cadeia de suprimento com base em 24 categorias principais de processo, através da qual as companhias implementam suas estratégias de operações. Os processos chave são categorizados em três tipos de processo: Planejamento (do inglês, *planning*), execução (do inglês, *execution*) e habilitado (do inglês, *enable*) (SUPPLY CHAIN COUNCIL, 2010). Segundo Hilsdorf (2007), é neste momento que, segundo as características da empresa, são definidos os processos de operação.

No terceiro nível (nível de elementos do processo) determina-se a capacidade da empresa para concorrer com êxito no mercado, o que inclui: definição de processos; informações de entradas e saídas dos processos; indicadores de desempenho; melhores práticas, e quando podem ajustar suas estratégias de operações (SUPPLY CHAIN COUNCIL, 2010).

No quarto e último nível (nível de implementação) são implementadas as práticas definidas para a empresa que visam o alcance de vantagem competitiva e/ou a adaptação às mudanças das condições do ambiente de negócios.

Supply Chain Council (2010) acrescenta ainda um item ao modelo SCOR referente a melhores práticas (do inglês, *Best Practices*), os quais consistem em práticas de gestão, soluções de software e definições associadas a cada processo. Afirma que elas podem contribuir para o melhor desempenho da otimização da cadeia de suprimentos (SCOR), da gestão risco em cadeia de suprimentos e da responsabilidade ambiental no gerenciamento da cadeia de suprimentos (*GreenSCOR*).

Com respeito à gestão de riscos, ela é definida como a sistemática de identificar, avaliar e mitigar rupturas em redes logísticas, dentro da cadeia de suprimentos (demanda incerta, qualidade insuficiente, etc.) e fora da cadeia de suprimentos (inundação, terrorismo, etc.) que tem o intuito de reduzir o impacto das rupturas sobre o seu desempenho. Para tal, define seis etapas:

1. Estabelecer contexto: Definir e documentar o objetivo e o escopo (interno e externo) para gerir o risco;

2. Identificar o risco: Coletar e documentar todos os potenciais eventos de risco que podem impactar a organização de atingir suas metas;
3. Estimar o risco: Coletar e documentar as causas, probabilidade e consequências para cada risco potencial;
4. Avaliar o risco: Determine para cada risco se ações de mitigação são requeridas ou se ele é aceitável. Priorizar riscos;
5. Mitigar risco: Determinar as ações requeridas para eliminar, reduzir, ou aceitar e monitorar os riscos (Plano de mitigação do risco);
6. Monitorar o risco: Monitorar continuamente a eficácia dos planos de mitigação; identificar riscos emergentes e mudanças no contexto interno e externo.

2.1.4.3 Discussão sobre os modelos de gerenciamento da cadeia de suprimentos

O modelo LCP tem como particularidade o fato de representar, configurar e analisar de maneira bastante detalhada os relacionamentos entre os membros da cadeia de suprimentos. Ou seja, o modelo se destaca por permitir melhor visibilidade da estrutura da cadeia de suprimentos e dos relacionamentos existentes entre os seus membros, diferenciando-os de acordo com o nível de integração necessário definido pelo tipo de processo de negócio entre eles (gerenciado, monitorado, não-gerenciado e não-membro).

Com relação ao risco, o modelo LCP apresenta o componente gerencial e comportamental denominado estrutura de risco e recompensa, a qual alega que as políticas de risco e recompensas afetam a cadeia no longo prazo, pois os elos da cadeia podem utilizar políticas de risco diferentes. Embora seja considerada uma questão importante, não são apresentadas formas de realizar um bom gerenciamento dos riscos ao longo da cadeia.

O modelo SCOR tem como aspecto extremamente relevante a utilização de métricas que permitem a avaliação de desempenho da cadeia. Também se destaca por permitir rápida modelagem e uma comunicação mais efetiva dos processos de negócio (interno e externo à empresa), além de tratar os processos de negócios da cadeia de suprimentos de maneira bem detalhada ao decompor os cinco processos básicos até o nível de implementação. Embora de forma breve, o modelo SCOR expõe que o gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos é uma prática importante ao SCM e demonstra a necessidade de avaliar periodicamente os riscos através de etapas listadas pelo modelo.

Assim, observando as lacunas do gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos, o a grande contribuição do Modelo LCP está na etapa de mapeamento da cadeia de

suprimentos, definição dos elos ligados diretamente à empresa focal e o tipo de ligação existente entre a empresa focal e cada elo ligado diretamente a ele, o que permite gerenciar os riscos apenas considerando as relações com os elos mais importantes ou mais influentes e assim, reduzir a complexidade de gerir os riscos, dado que a extensão da cadeia pode ser muito grande.

Já no caso do modelo SCOR, a maior contribuição consiste na existência de métricas de desempenho da cadeia de suprimentos. Como o impacto do risco deveria ser descrita através do custo, o que torna quase impossível a obtenção de números acurados para rupturas causadas pelos riscos. Assim, verifica-se a possibilidade de avaliar o impacto do risco através de métricas, como sugerido pelo modelo SCOR, o que, além de permitir obter dados referentes às rupturas causadas pelo risco, permite ainda a utilização tanto de dados qualitativos quanto de dados quantitativos. De tal modo, são apresentadas nove abordagens sobre indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos (seção 2.1.5).

Verificada a existência de uma lacuna nos modelos de gerenciamento da cadeia de suprimentos, na seção 2.2 serão discutidos os fatores que expõem uma cadeia de suprimentos a um maior risco, os procedimentos que devem ser seguidos no intuito de tornar a cadeia menos vulnerável ao risco e várias classificações de risco encontradas na literatura.

2.1.5 Indicadores de Desempenho em Cadeia de Suprimentos

O nível de criticidade do risco sobre a cadeia de suprimentos é calculado a partir de dois parâmetros: severidade ou impacto e probabilidade. O impacto do risco está relacionado ao custo que ele pode vir a gerar, seja no curto, médio ou longo prazo, tangível ou intangível. Mas a mensuração do custo dos riscos não é uma tarefa simples e, quando isso é feito, os valores levantados podem não ser acurados (DANI, 2009; JÜTTNER; ZIEGENBEIN, 2009).

Baseado na lógica do modelo SCOR que avalia o desempenho da cadeia de suprimentos utilizando-se de indicadores ou métricas de desempenho para tal, nesta seção o conceito de custo dos riscos (impacto) é definido através de indicadores de impacto. Assim, ao longo desta seção serão apresentadas nove abordagens sobre indicadores, medidas ou métricas de desempenho em cadeias de suprimentos no intuito de encontrar indicadores que permitam avaliar o risco em cadeias de suprimentos.

2.1.5.1 Abordagem de Beamon (1998)

Segundo Beamon (1998) o estabelecimento de métricas de desempenho é um componente importante no projeto e análise de uma cadeia de suprimentos, pois permite determinar a eficiência e/ou eficácia de um sistema existente, comparar sistemas concorrentes e propor sistemas através da determinação de valores de variáveis de decisão que produzam níveis desejáveis de desempenho. O autor afirma que estas métricas podem ser categorizadas em dois tipos: qualitativa (não é descrito numericamente) e quantitativa (descrito numericamente), como pode ser visto no Quadro 7.

Quadro 7 - Métricas de desempenho de Beamon (1998)

QUALITATIVO	Satisfação do Cliente	Satisfação da Pré-transação	Associa-se com os elementos de serviço que ocorrem anteriormente a aquisição do produto
		Satisfação da Transação	Associa-se com os elementos de serviço diretamente envolvidos na distribuição física de produtos
		Satisfação da Pós-Transação	Associa-se com os elementos que promovem suporte enquanto o produto permanece em uso
	Flexibilidade		Refere-se ao grau ao qual a cadeia pode responder a flutuação aleatória da demanda padrão
	Integração do Fluxo de Informação e material		Refere-se à forma como todas as funções dentro da cadeia comunicam informação e transportam materiais
	Gestão do risco efetivo		Descreve o grau em que os efeitos dos riscos são minimizados
	Desempenho do fornecedor		É descrito como a consistência que fornecedores entregam matérias-primas no prazo e em boa condição às instalações industriais
QUANTITATIVO	Baseada em Custo	Minimização do custo	O custo é minimizado ou para uma cadeia inteira (Custo total) ou para uma unidade ou estágio de negócio particular
		Maximização das vendas	Maximiza a quantidade de vendas em dólares ou unidades
		Maximização do Lucro	Maximizam receitas menos custos
		Minimização do investimento em estoque	Minimiza a quantidade de custos de estoque (incluir custos do produto e custos de manter)
		Maximização do Retorno sobre investimento	Maximiza a relação de lucro líquido para capital que foi empregado para produzir aquele lucro.
	Baseado em Responsividade	Maximização da taxa de atendimento	Maximiza a fração de atendimento de ordens do cliente no prazo
		Minimização de atraso do produto	Minimiza o tempo entre a data de entrega prometida e a data de entrega real
		Minimização de tempo de reposta ao consumidor	Minimiza o tempo necessário desde a emissão de ordem até o recebimento pelo cliente (geralmente refere-se ao consumidor externo)
		Minimização do <i>Lead time</i>	Minimiza o tempo necessário desde o início de fabricação até que esteja completamente processado
		Minimização da duplicação de função	Minimiza o número de funções de negócio que são providas por mais de uma entidade de negócio

Fonte: Adaptado de Beamon (1998)

Baseado em uma revisão de literatura relacionada a modelos multi-estágio para modelagem e análise de uma cadeia de suprimentos, Beamon (1998) resumizou, no Quadro 8, métricas de desempenho utilizadas no processo de modelagem da cadeia.

Quadro 8 - Métricas de desempenho em Modelagem de Cadeia de Suprimentos

BASE	MÉTRICA DE DESEMPENHO	AUTOR(ES)
Custo	Minimizar o custo	Camm, <i>et. al.</i> (1997); Lee, <i>et. al.</i> (1997); Lee e Feitzinger (1995); Tzafestas e Kapsiotis (1994); Pyke e Cohen (1994); Pyke e Cohen (1993); Lee, <i>et. al.</i> (1993); Svoronos e Zipkin (1991); Cohen e Moon (1990); Cohen e Lee (1988); Ishii, <i>et. al.</i> (1988); Williams (1983); Williams (1981)
	Minimizar níveis médios de estoque	Altiok e Ranjan (1995); Towill e Del Vecchio (1994)
	Maximizar o lucro	Cohen and Lee (1989)
	Minimizar quantidade de estoque obsoleto	Ishii, <i>et. al.</i> (1988)
Responsividade ao cliente	Alcançar o nível de serviço alvo (taxa de atendimento)	Lee e Billington (1993); Lee, <i>et. al.</i> (1993); Towill e Del Vecchio (1994)
	Minimizar probabilidade da falta de estoque	Altiok e Ranjan (1995); Ishii, <i>et. al.</i> (1988)
Custo e Responsividade ao cliente	Minimizar variação da demanda ou amplificação da demanda do produto	Newhart, <i>et. al.</i> (1993); Towill, <i>et. al.</i> (1992); Towill (1991); Wikner, <i>et. al.</i> (1991)
	Maximizar benefícios da relação comprador-fornecedor	Christy e Grout (1994)
Custo e tempo de atividade	Minimizar o número de dias de atividade e o custo total	Arntzen, <i>et. al.</i> (1995)
Flexibilidade	Maximizar capacidade disponível do sistema	Voudouris (1996)

Fonte: Adaptado de Beamon (1998)

O autor acrescenta ainda que as métricas são expressas em função de uma ou mais variáveis de decisão, as quais são escolhidas no intuito de otimizar uma ou mais métricas de desempenho, são elas:

- Programação da Produção/Distribuição: consiste em programar a fabricação e/ou distribuição;
- Níveis de estoque: refere-se à quantidade e localização de toda a matéria-prima, produto em processo e produto final em estoque;
- Número de estágios: determinar o número de estágios que compreenderá a SC. Envolve ainda o aumento ou redução do nível de integração vertical da cadeia ao combinar, eliminar, separar ou adicionar estágios.
- Centro de distribuição (associado ao cliente): consiste em determinar que centro(s) de distribuição irá servir o cliente(s);
- Instalação (associado ao produto): consiste em determinar que planta(s) fabril irá fabricar determinado(s) produto(s);
- Comprador (relacionamento com fornecedor): tem como propósito determinar e desenvolver aspectos críticos da relação comprador-fornecedor;

- Etapa de especificação de diferenciação do produto: consiste em determinar a etapa dentro do processo de fabricação do produto na qual ele deveria ser diferenciado (ou especializado);
- Número de tipos de produtos mantidos em estoque: consiste em determinar o número de tipos de produtos diferentes que permanecerão em estoque de bens acabados.

A partir do levantamento e da discussão sobre métricas de desempenho em cadeia de suprimentos realizados em seu trabalho, o autor sugere estudos sobre: (1) avaliação e desenvolvimento de métricas de desempenho em SC; (2) desenvolvimento de modelos e procedimentos para relacionar variáveis de decisão às métricas; (3) consideração de questões que afetem a modelagem de uma cadeia; (4) e a classificação de sistemas que permitam desenvolver regras ou técnicas gerais para auxiliar na modelagem e análise de cadeias de suprimentos de fabricação.

2.1.5.2 Abordagem de Beamon (1999)

Para Beamon (1999), avaliações qualitativas através de escalas como “bom”, “adequado” e “pobre” são vagos e dificultam o processo de análise de desempenho de um sistema. Embora sugira a utilização de métricas quantitativas, pois se baseiam em dados disponibilizados ao longo do tempo, o autor afirma que a escolha não adequada das métricas a serem utilizadas pode fornecer avaliações vagas e difíceis assim como quando se utilizasse de métricas qualitativas.

Outras questões também são levantadas como fatores dificultadores no desenvolvimento de métricas de desempenho: Contexto; Escopo; Inclusão de uma ou muitas organizações; Inclusão de uma ou muitas linhas de produto.

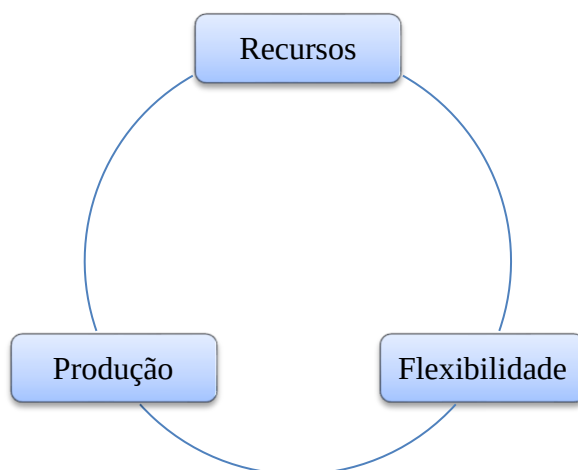
Segundo Beamon (1999), a dificuldade de estabelecer métricas em cadeias se dá principalmente devido à complexidade gerada pelo número de estágios (fornecimento, fabricação, distribuição e consumidores) e pelo número de empresas que compreende cada estágio. Acrescenta ainda que as cadeias costumam utilizar as métricas listadas por Beamon (1998) no Quadro 8, seja isoladamente ou conjuntamente.

Embora seja atrativo utilizá-las isoladamente, Beamon (1999) conclui que esta lógica apresenta uma fraqueza significativa ao avaliar sob os critérios de inclusividade, universalidade, mensurabilidade e consistência. O autor cita como exemplo o caso de que se uma cadeia usar apenas o custo como métrica de desempenho e ela estiver operando abaixo do custo mínimo, pode ocorrer de, simultaneamente, apresentar um desempenho pobre no

tempo de resposta ao consumidor ou uma falta de flexibilidade em atender a variação da demanda, avaliando pobremente o cenário em que está presente. Finaliza assegurando a necessidade de desenvolver um sistema de medição de desempenho para análise de cadeias de suprimentos que não trabalhe com métricas individuais (geralmente baseadas em custo), associe as relações de interação, não ignore os efeitos da incerteza, e não se relacione com as metas estratégicas.

Assim, em sua proposta, Beamon (1999) descreve que as metas estratégicas e os tipos de métricas de desempenho em três elementos-chave: Recursos (do inglês, *Resources*), Produção (do inglês, *Output*) e Flexibilidade (do inglês, *Flexibility*). A inter-relação entre os três elementos é apresentada na Figura 9.

Figura 9 - Relação entre os tipos de Métricas



Fonte: Adaptado de Beamon (1999)

Cada um destes três tipos de métricas tem metas distintas, como apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 - Tipos de métricas, suas metas e propósitos

TIPO DE MÉTRICA DE DESEMPENHO	META	PROPÓSITO
Recursos	Alto nível de eficiência	Gestão de recursos eficiente é crítico a lucratividade.
Produção	Alto nível de serviço ao cliente	Sem uma produção aceitável, clientes irão procurar por outras cadeias de suprimentos.
Flexibilidade	Habilidade de responder as mudanças do ambiente	Em um ambiente de incerteza, cadeias de suprimentos devem estar aptas a responder a mudança.

Fonte: Adaptado de Beamon (1999)

Deve-se ressaltar que o sistema de mensuração de desempenho da cadeia de suprimentos deve conter pelo menos uma métrica para cada um dos três tipos. Seguem, no Quadro 10, as métricas listadas por Beamon (1999).

Quadro 10 - Métricas de desempenho da SC segundo Beamon (1999)

RECURSOS	Custo Total	Custo dos recursos usados
	Custo de Distribuição	Total de custos de distribuição incluindo os custos com transporte e manuseio.
	Custo de Fabricação	Custos totais de fabricação incluindo mão-de-obra, manutenção e retrabalho.
	Estoque	Custos associados na manutenção de estoque
	Investimento de estoque	Valor investido na manutenção de estoque
	Obsolescência do estoque	Custos associados a estoque obsoleto e refugos
	Trabalho em processo	Custos associados a estoque de trabalho em processo
	Bens acabados	Custos associados com a manutenção de estoque de bens acabados
	Retorno sobre investimento	Razão entre lucro líquido e os ativos totais
PRODUÇÃO	Vendas	Total de receita
	Lucro	Total de receitas menos despesas
	Taxa de Atendimento	Proporção de ordens atendidas imediatamente
	Alcance da taxa de atendimento alvo	Até que ponto a taxa de atendimento alvo foi atingida
	Média da taxa de atendimento do item	Taxa agregada de atendimento dividida pelo número de itens
	Entregas no prazo	Mensura o desempenho do de entrega de item, ordem ou produto.
	Atraso do produto	Data de entrega menos data de vencimento
	Atraso médio das ordens	Atraso agregado dividido pelo número de ordens
	Antecipação média de ordens	Antecipação agregada dividida pelo número de ordens
	Porcentagem de entregas no prazo	Percentual de ordens entregues no prazo ou anteriormente a data de vencimento
	Encomenda/Falta de estoque	Mensura o desempenho de disponibilidade de item, ordem ou produto.
	Probabilidade de falta de estoque	Probabilidade instantânea que um item necessário está em falta no estoque
	Número de Encomendas	Número de itens encomendados devido à falta de estoque
	Número de faltas de estoque	Número de itens necessários que estão em falta no estoque
	Nível médio de encomendas	Número de itens encomendados dividido pelo número de itens
	Tempo de Resposta ao Consumidor	Quantidade de tempo entre uma ordem e sua respectiva entrega
	Lead time de fabricação	Total de tempo requerido para produzir um determinado item ou lote
FLEXIBILIDADE	Erros de expedição	Número de expedições realizadas de forma incorreta
	Reclamações dos clientes	Número de registros de reclamações do cliente
FLEXIBILIDADE	Flexibilidade de Volume (F_v)	Mede a proporção de demanda que pode ser alcançadas pelo sistema da cadeia de suprimentos. Deve-se considerar a demanda (D) uma variável aleatória com aproximação a distribuição normal, $D \sim (N(\mu_D, \sigma_D^2))$, onde μ_D é a demanda média e σ_D^2 a variância da demanda. Define-se ainda O_{min} e O_{max} como os volumes mínimo e máximo de saídas lucráveis durante um período, d_t a demanda durante um período t, T o número de períodos considerados. $\bar{D} = \frac{\sum_{t=1}^T d_t}{T},$ $S_D^2 = \frac{\sum_{t=1}^T (d_t - \bar{D})^2}{T-1},$ $F_v = P\left(\frac{Q_{min} - \bar{D}}{S_D} \leq D \leq \frac{Q_{max} - \bar{D}}{S_D}\right)$ ou $F_v = \Phi\left(\frac{Q_{max} - \bar{D}}{S_D}\right) - \Phi\left(\frac{Q_{min} - \bar{D}}{S_D}\right)$ Onde $F_v \in [0, 1)$.

Quadro 10 - Métricas de desempenho da SC segundo Beamon (1999) (continuação)

FLEXIBILIDADE	Flexibilidade de entrega (F_E)	Traduz-se como a proporção do excesso de folga em todos os trabalhos j. Para seu cálculo considera-se: t o período atual, L_j o período da data de vencimento (ou o último momento em que a entrega pode ser realizada) para o trabalho j, e E_j o período mais cedo que o trabalho j pode ser entregue. $F_E = \frac{\sum_{j=1}^J (L_j - E_j)}{\sum_{j=1}^J (L_j - t^*)}$
	Flexibilidade de Mix (F_m)	Duas definições podem ser dadas a essa métrica: (1) O número de produtos diferentes que podem ser produzidos em um dado período de tempo: $F_m = N(t),$ Onde $N(t)$ é o número de diferentes produtos que podem ser produzidos dentro de um período t, com $t > 0$ e $N(t) \in I^+$. (2) O tempo necessário para produzir um novo <i>mix</i> de produto: $F_m = T_{ij},$ Onde T_{ij} é o tempo necessário para a troca de um <i>mix</i> de produto i para um <i>mix</i> de produto j, com $T_{ij} \geq 0$ para qualquer i e j.
	Flexibilidade de Novo produto (F_n)	É definido como a facilidade com que novos produtos são introduzidos ao sistema. Possui duas abordagens: uma referente ao tempo necessário para adicionar novos produtos (T) e outra relacionada ao custo de requerido para adicionar novos produtos (C). $F_n = T$ ou $F_n = C$

Fonte: Adaptado de Beamon (1999)

2.1.5.3 Abordagem de Lambert; Pohlen (2001)

Conforme Lambert; Pohlen (2001) um sistema de métricas em cadeia de suprimentos bem desenvolvida pode aumentar as chances de sucesso do alinhamento dos processos ao longo dos vários membros, mas a falta de uma definição largamente aceita de Cadeia de Suprimentos dificulta a criação de métricas de desempenho. Os autores afirmam que para melhor entender o inter-relacionamento entre organização e desempenho da cadeia de suprimentos são necessário medidas mais holísticas, podendo ser financeiras ou não financeiras. Assim, propuseram um framework para desenvolver métricas para uma cadeia de suprimentos. Este consiste de sete etapas:

1. Mapear a Cadeia de Suprimentos do ponto de origem ao ponto de consumação para identificação das ligações chave existente;
2. Usar os processos de Gestão do Relacionamento com o Cliente (CRM – *Customer Relationship Management*) e Gestão do Relacionamento com o Fornecedor (SRM –

Supplier Relationship Management), do modelo de gestão da cadeia de suprimentos LCP, com o fornecedor para analisar cada conexão (par Cliente-fornecedor) e determinar onde valor agregado pode ser criado na cadeia;

3. Desenvolver declarações de ganho e perda para avaliar o efeito do relacionamento na lucratividade e valor para os acionistas das duas empresas;
4. Realinhar os processos e atividades da cadeia de suprimentos para alcançar os objetivos de desempenho;
5. Estabelecer métricas de desempenho não financeiras que alinhem o comportamento individual com os objetivos e as metas financeiras dos processos da cadeia de suprimentos;
6. Comparar o valor dos acionistas e capitalização de mercado ao longo das empresas com os objetivos da cadeia de suprimentos e revisar métricas de processo e de desempenho quantas vezes forem necessárias;
7. Replicar os passos anteriores em cada conexão da cadeia de suprimentos.

2.1.5.4 Abordagem de Gunasekaran, Patel e Tirtiroglu (2001)

Segundo Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001) há um crescente número de empresas que acreditam no potencial da gestão da cadeia de suprimentos, mas lhes falta a visão do desenvolvimento de medidas e métricas de desempenho eficazes para o alcance de uma cadeia de suprimento totalmente integrada. Assim, citam três razões que definem a necessidade de estudar medidas e métricas em cadeia de suprimentos:

- A falta de uma abordagem balanceada: embora muitas empresas acreditem na importância de métricas de desempenho financeira e não financeira, elas falham em entendê-las de maneira balanceada. Enquanto métricas financeiras são importantes para decisão estratégica e relatórios externos, o controle diário das operações de manufatura e distribuição é mais bem executado com métricas não financeiras.
- Falta de conhecimento em decidir o número de métricas a serem usadas: Muitas vezes as empresas tem um número grande de métricas de desempenho. Uma quantidade pequena de bons indicadores é melhor do que uma quantidade grande deles;
- A falta de uma distinção entre métricas nos níveis estratégico, tático e operacional: as métricas utilizadas para avaliação de desempenho influenciam decisões nos níveis estratégico, tático e operacional, devendo-se classificá-las de acordo com o nível mais apropriado a cada uma das métricas utilizadas.

Observando tais lacunas, Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001) propuseram, a partir de uma revisão de literatura, métricas de desempenho para cadeia de suprimentos classificando-as como financeira ou não financeira, associando-as ao nível estratégico (EST), tático (TAT) e operacional (OPE), e associando-as a quatro processos básicos da cadeia de suprimentos (planejar – PLN; abastecer – ABS; fazer – FAZ; e entregar - ENT) e a Serviço e satisfação do cliente (SSC), como pode ser visualizado no Quadro 11.

Quadro 11 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001)

MÉTRICAS	Financeiro	Não Financeiro	Nível	Processos Básicos
Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto		X	TAT	PLN
Métodos de entrada do pedido		X	TAT	PLN
Tempo de ciclo total		X	EST	PLN
Precisão das técnicas de previsão		X	TAT	PLN
Tempo total de fluxo de caixa	X	X	EST	PLN
Variedade de produtos e serviços		X	EST	PLN
Lucro Líquido vs. Razão de produtividade	X		EST	PLN
Lead time do pedido		X	EST	PLN
Custo de transferência da informação	X	X	OPE	PLN
Taxa de retorno sobre investimento	X		EST	PLN
Interesse do fornecedor em desenvolver parceria				ABS
Desempenho de entrega do fornecedor				ABS
Iniciativas do fornecedor em reduzir gastos	X		TAT	ABS
Lead time do fornecedor contra a norma da indústria		X	EST	ABS
Preço do fornecedor contra o do mercado				ABS
Procedimentos de reserva do fornecedor		X	TAT	ABS
Obtenção de entregas livres de defeito		X	OPE	ABS
Assistência mútua na resolução de problemas		X	TAT	ABS
Habilidade mútua em responder a problemas de qualidade		X	TAT	ABS
Tempo de ciclo do pedido de compra		X	TAT	ABS
Custo de manufatura				FAZ
Utilização da capacidade		X	OPE	FAZ
Quantidade do lote econômico				FAZ
Plano mestre da produção eficaz		X	TAT	FAZ
Tempo de ciclo da produção/processo				FAZ
Nível de inventário (Entrada de Estoque; Produtos semiacabados; Produtos acabados; Desperdício; Inventário em trânsito).	X		OPE	FAZ
Lead time de entrega		X	EST	ENT
Número de entregas sem falhas				ENT
Eficácia dos métodos de fatura de entrega		X	TAT	ENT
Qualidade da informação na realização da entrega				ENT
Resposta ao número de entregas urgentes				ENT
Custo total de distribuição				ENT
Flexibilidade em atender as necessidades particulares do cliente		X	EST	SSC
Tempo de consulta do cliente	X	X	EST	SSC
Nível de valor do produto percebido pelo cliente		X	EST	SSC
Variações contra orçamento	X		EST	
Nível de parceria comprador-fornecedor	X	X	EST	
Desempenho de entrega	X	X	EST	
Tempo de ciclo planejado de processo		X	TAT	
Confiabilidade de entrega	X	X	TAT	

Quadro 11 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001) (continuação)

Eficácia do plano mestre de distribuição		X	TAT	
Custo por operação hora	X		OPE	
Taxa de rejeição do fornecedor	X	X	OPE	
Qualidade da documentação de entrega		X	OPE	
Eficiência do tempo de ciclo do pedido de compra		X	OPE	
Frequência de entrega		X	OPE	
Direcionador de confiança para Desempenho		X	OPE	
Qualidade dos bens entregues		X	OPE	
Nível das entregas livres de defeitos dos fornecedores		X	OPE	

Fonte: Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001)

2.1.5.5 Abordagem de Gunasekaran, Patel e McGaughey (2004)

Segundo Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004) a mensuração e as métricas de desempenho da cadeia de suprimentos são importantes no desenvolvimento de objetivos e avaliação de desempenho, e na determinação de futuras ações. Observando que não é dada a atenção adequada a este tema, Com base no trabalho de Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001), enviaram um questionário para 150 empresas, das quais 21 deram resposta. Com base nas respostas fornecidas, os autores desenvolveram um *framework* relacionando nível organizacional (estratégico, tático e operacional), processo básico da cadeia de suprimentos (planejar, abastecer, fazer e entregar) e as métricas de desempenho. Além disso, sequenciaram as métricas a partir da importância analisada através das respostas dos questionários. O resultado do trabalho destes autores pode ser visto no Quadro 12.

Quadro 12 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004)

	ESTRATÉGICO	TÁTICO	OPERACIONAL
PLANEJAR	Nível do valor do produto percebido pelo cliente	Tempo de consulta do cliente;	Métodos de entrada do pedido
	Variações contra orçamentos	Tempo de ciclo do desenvolvimento do produto	Produtividade dos recursos humanos
	Lead time do pedido	Precisão das técnicas de previsão	-
	Custo do processamento de informação	Tempo de ciclo do planejamento do processo	-
	Lucro líquido vs. Razão de produtividade	Métodos de entrada do pedido	-
	Tempo total de ciclo	Produtividade dos recursos humanos	-
	Tempo total de fluxo de caixa	-	-
	Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto	-	-
ABASTECER	-	Desempenho de entrega do fornecedor	Eficiência do tempo de ciclo do pedido de compra
		Lead time do fornecedor contra a norma da indústria	Preço do fornecedor contra o do mercado
		Preço do fornecedor contra o do mercado	-

Quadro 12 - Métricas de desempenho da SC segundo Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004)
(continuação)

ABASTECER		Eficiência do tempo de ciclo do pedido de compra	-
		Eficiência do método de fluxo de caixa	-
		Procedimento de reserva do fornecedor	-
FAZER	Variedade de produtos e serviços	Percentagem de defeitos	Percentagem de defeitos
	-	Custo por hora de operação	Custo por hora de operação
	-	Utilização de capacidade	Índice de produtividade do recurso humano
	-	Utilização da quantidade do lote econômico	-
ENTREGAR	Flexibilidade do sistema de serviço para atender as necessidades do cliente	Flexibilidade do sistema de serviço para atender as necessidades do cliente	Qualidade dos bens entregues
	Eficácia da programação do planejamento de distribuição da empresa	Eficácia da programação do planejamento de distribuição da empresa	Entrega de produtos no prazo
	-	Eficácia dos métodos da fatura de entrega	Eficácia dos métodos de fatura de entrega
	-	Percentagem de produtos acabados em trânsito	Número de notas de entrega sem falha faturada
	-	Desempenho da confiança de entrega	Percentagem de entregas urgentes
	-	-	Qualidade da informação na realização da entrega
	-	-	Desempenho da confiança de entrega

Fonte: Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004)

Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004) afirmam que embora estas métricas tenham sido baseadas em uma vasta pesquisa bibliográfica, faz-se necessário que cada empresa analise sua realidade e desenvolva indicadores adequados à cadeia de suprimentos a qual é membro.

2.1.5.6 Abordagem de Hausman (2004)

Segundo Hausman (2004), para ganhar no novo ambiente, cadeias de suprimentos precisam melhorar de maneira contínua. Para tal são necessárias medidas de desempenho ou métricas que auxiliam melhorias no desempenho da cadeia de suprimentos global em vez de métricas específicas de uma companhia ou específica de uma função as quais inibem melhorias ao longo de toda a cadeia.

Observando tal lacuna, Hausman (2004) afirma que a cadeia precisa atender três dimensões chave: Serviço, Ativos e Velocidade.

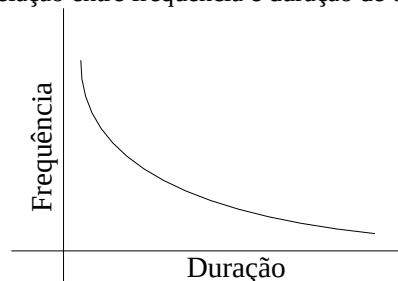
a) Serviço

Serviço refere-se à habilidade de antecipar, capturar e atender a demanda do cliente com produtos customizados e entrega no prazo. Os indicadores relacionados ao serviço têm como objetivo medir quão bem uma cadeia está servindo ou não servindo seu cliente. Ocorrem duas situações nesta dimensão, produzir para estoque e produzir por ordem. Cada uma destas situações propõe métricas diferentes.

Para a produção para estoque têm-se:

- Taxa de atendimento de item na linha: porcentagem de linhas individuais em todas as ordens de clientes que são atendidas imediatamente;
- Taxa de atendimento de ordem completa: Classificam como sucesso apenas os pedidos de clientes em que foram atendidos em todas as linhas;
- Processo de entrega no prazo;
- Relação entre o valor monetário das ordens em atraso e das ordens perdidas;
- Número de ordens em atraso;
- Tempo de ordens em atraso: refere-se aos dados de manutenção sobre quanto tempo leva-se para atender um pedido atrasado (Figura 10).

Figura 10 - Relação entre frequência e duração de ordens atrasadas



Fonte: Hausman (2004)

Para a situação de Produzir por ordem têm-se:

- Tempo de resposta ao cliente: corresponde ao *Lead time* padrão;
- Porcentagem de conclusão no prazo;
- Processo de entrega no prazo;
- Valor monetário de pedidos atrasados;
- Número de pedidos atrasados;
- Tempo das ordens atrasadas (Figura 10): refere-se aos dados de manutenção sobre quanto tempo é necessário para completar uma ordem em atraso.

b) Ativos

Os ativos estão relacionados a algo com valor comercial, principalmente inventário e caixa, sendo o maior ativo envolvido em cadeias de suprimentos o inventário ao longo da cadeia. As duas métricas mais utilizadas para inventário são:

- Valor monetário;
- Tempo de fornecimento (por exemplo: três semanas de abastecimento de inventário) ou Giro de estoque ($Giro = \frac{\text{Custo de bens vendidos}}{\text{Valor do estoque}}$).

As medidas de tempo de fornecimento ou giro estão relacionados ao fluxo do estoque. O valor do estoque define o estoque como um ativo na folha de balanço da empresa.

Hausman (2004) sugere somar os estoques ao longo de toda a cadeia para avaliação do nível de serviço.

c) Velocidade

Velocidade inclui métricas relacionadas a tempo e permitem o rastreamento de responsividade e de velocidade de execução. Uma série de métricas relacionadas à oportunidade, velocidade, responsividade e flexibilidade podem ser listadas, como segue:

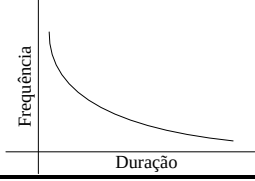
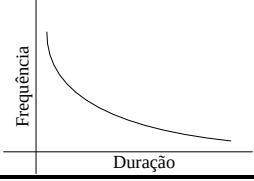
- Tempo de resposta ao cliente;
- Tempo de Ciclo (fluxo) em um nó: tem como objetivo a redução do tempo de ciclo, pois, assim, pode-se reduzir o *lead time* e os níveis de estoque de trabalho em processo;
- Tempo de Ciclo da cadeia de suprimentos: este mede o tempo total que a cadeia utiliza para atender uma nova ordem considerando que o nível de estoque desde o primeiro cliente seja zero. O tempo total é medido somando-se o *lead time* mais longo de cada estágio da cadeia de suprimentos;
- Ciclo de conversão de caixa: refere-se à medição do tempo gasto entre pagar fornecedores e receber o pagamento dos clientes

$$\text{Ciclo de conversão de caixa} = \text{Estoque} + \text{Contas a receber} - \text{Contas a pagar}$$

- Flexibilidade: relaciona-se aos requisitos necessários, principalmente em alta tecnologia, para quem um vendedor esteja preparado para fornecer uma quantidade de material superior à demanda prevista.

Resumindo as métricas apresentadas por Hausman (2004), apresenta-se o Quadro 13.

Quadro 13 - Métricas de desempenho da SC segundo Hausman (2004)

	PRODUZIR PARA ESTOQUE	PRODUZIR PARA ORDEM
SERVIÇO	Taxa de item na linha	Tempo de resposta ao cliente
	Taxa de atendimento de ordem completa	Porcentagem de conclusão no prazo
	Processo de entrega no prazo	Processo de entrega no prazo
	<i>Valor monetário das ordens em atraso</i> <i>Vendas perdidas</i>	Valor monetário de pedidos atrasados
	Número de ordens em atraso	Número de pedidos atrasados
	Tempo de ordens em atraso: 	Tempo das ordens atrasadas: 
ATIVOS	Inventário em valor monetário;	
	Tempo de fornecimento ou Giro de estoque	
VELOCIDADE	Tempo de resposta ao cliente	
	Tempo de ciclo (fluxo) em um nó	
	Tempo de ciclo da cadeia de suprimentos	
	Ciclo de conversão de caixa	
	Flexibilidade	

Fonte: Adaptado de Hausman (2004)

2.1.5.7 Abordagem de Huan, Sheoran e Wang (2004)

Huan; Sheoran; Wang (2004) combinaram o AHP com as métricas de nível 1 do modelo SCOR para avaliar a eficiência da cadeia de suprimentos e auxiliar a tomada de decisão. Segue no Quadro 14 a lista de métricas segundo o modelo SCOR.

Quadro 14 - Métricas de desempenho da SC segundo Huan; Sheoran; Wang (2004)

CONFIABILIDADE DE ENTREGA	Desempenho de entrega
	Taxa de atendimento
	<i>Lead time</i> de atendimento da ordem
	Atendimento da ordem perfeita
FLEXIBILIDADE E RESPONSABILIDADE	Responsividade da cadeia de suprimentos
	Flexibilidade da Produção
CUSTO	Custos totais da gestão logística
	Valor agregado à produtividade do empregado
	Custo de garantia
ATIVOS	Tempo de ciclo de caixa para caixa
	Dias de inventário de abastecimento
	Giro de ativos

Fonte: Adaptado de Huan; Sheoran; Wang (2004)

2.1.5.8 Abordagem de Shepherd e Günter (2006)

Segundo Shepherd; Günter (2006) confrontar e delinear métricas de desempenho para cadeias de suprimentos é uma tarefa difícil devido à sua complexidade. Em seu trabalho, os autores levantaram várias taxonomias de medidas de desempenho da cadeia de suprimentos, classificando-as através dos cinco processos básicos da cadeia de suprimentos definido pelo modelo SCOR – Planejar, Abastecer, Fazer, Entregar e Retornar. Além disso, classificou as medidas de desempenho da cadeia de suprimentos em Custo (C), Tempo (T), Qualidade (Q), Flexibilidade (F) e Inovação (I), e em Quantitativo (QN) e Qualitativo (QL).

Para o processo básico planejar, os indicadores para medida de desempenho da cadeia de suprimentos podem ser visualizados no Quadro 15.

Quadro 15 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Planejar – segundo Shepherd e Günter (2006)

	MEDIDA DE DESEMPENHO	C	T	Q	F	I	QN	QL
PLANEJAR	Vendas	X					X	
	Lucro	X					X	
	Retorno sobre investimento	X					X	
	Taxa de Retorno sobre investimento	X					X	
	Lucro Líquido versus Razão de produtividade	X					X	
	Custo de transferência da informação	X					X	
	Variações contra orçamento	X					X	
	Custos totais de gerenciamento da cadeia	X					X	
	Custo de bens Vendidos	X					X	
	Giro de ativos	X					X	
	Produtividade de valor agregado	X					X	
	Custos indiretos	X					X	
	Custos intangíveis	X					X	
	Custos de incentivo e subsídios	X					X	
	Sensitividade a custos de longo prazo	X					X	
	Porcentagem de vendas de novos produtos comparados com o total vendido no período	X					X	
	Capabilidade de expansão	X					X	
	Custos de capital amarrado	X					X	
	Tempo total de reposta da cadeia de suprimentos		X				X	
	Tempo de Ciclo total da cadeia de suprimentos		X				X	
	Lead time da ordem		X				X	
	Lead time do atendimento da ordem		X				X	
	Tempo de resposta ao cliente		X				X	
	Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto		X				X	
	Tempo total de fluxo de caixa		X				X	
	Tempo de ciclo de conversão de caixa		X				X	
	Horizonte do relacionamento do negócio		X					X
	Redução da percentagem do tempo de produzir um produto		X				X	
	Taxa de atendimento			X			X	
	Métodos de entrada de pedido			X			X	
	Precisão das técnicas de previsão			X			X	
	Autonomia de Planejamento			X				X
	Eficácia das relações departamentais percebidas			X				X
	Flexibilidade de ordem			X			X	
	Perfeito atendimento de ordem			X			X	
	Flexibilidade de mix				X		X	
	Flexibilidade de novo produto				X		X	
	Número de novos produtos lançados					X	X	
	Uso de nova tecnologia					X	X	

Fonte: Adaptado de Shepherd; Günter (2006)

No Quadro 16 verificam-se os indicadores de desempenho para o processo básico Abastecer.

Quadro 16 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Abastecer – segundo Shepherd e Günter (2006)

	MEDIDA DE DESEMPENHO	C	T	Q	F	I	QN	QL
ABASTECER	Iniciativas de economia de custo do fornecedor	X					X	
	Porcentagem de atraso e erros na entrega do fornecedor	X					X	
	Lead time do fornecedor contra a norma da indústria		X				X	
	Procedimentos de reserva do fornecedor		X				X	
	Tempo de ciclo da ordem de compra		X				X	
	Eficiência do tempo de ciclo de pedido de compra		X				X	
	Nível de parceria do Comprador-fornecedor			X				X
	Nível das entregas livres de defeito do fornecedor			X			X	
	Taxa de rejeição do fornecedor			X			X	
	Confiança mútua			X				X
	Satisfação com transferência do conhecimento			X				X
	Satisfação com o relacionamento com fornecedor			X				X
	Auxílio do fornecedor na resolução de problemas técnicos			X				X
	Extensão da cooperação de planejamento mútuo liderando a aumento da qualidade			X				X
	Extensão do auxílio mútuo liderando esforços de resolução de problemas			X				X
	Distribuição de competências de decisão entre fornecedor e cliente			X				X
	Qualidade e frequência de troca de informação logística entre fornecedor e cliente			X				X
	Qualidade da perspectiva considerada em redes de suprimentos			X				X
	Precisão da informação			X				X
	Oportunidade da informação			X				X
	Disponibilidade da informação			X				X
	Habilidade do fornecedor de responder a problemas de qualidade				X			X

Fonte: Adaptado de Shepherd; Günter (2006)

No Quadro 17 verificam-se os indicadores de desempenho para o processo básico Fazer.

Quadro 17 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Fazer – segundo Shepherd e Günter (2006)

	MEDIDA DE DESEMPENHO	C	T	Q	F	I	QN	QL
FAZER	Custo total de recursos	X					X	
	Custo de manufatura	X					X	
	Investimento em estoque	X					X	
	Obsolescência do estoque	X					X	
	Trabalho em processo	X					X	
	Custo por hora de operação	X					X	
	Utilização de capacidade como entrada do nível de estoque, trabalho em processo, nível de desperdício, bens acabados em trânsito	X					X	
	Custo de estoque	X					X	
	Razão de giro de estoque	X					X	
	Taxa de fluxo do estoque	X					X	
	Dias de estoque de fornecimento	X					X	
	Quantidade do lote econômico	X					X	
	Eficácia do Plano mestre de produção	X					X	
	Número de itens produzidos	X					X	
	Custos de armazém	X					X	
	Capacidade de estoque	X					X	
	Utilização do estoque	X					X	

Quadro 17 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Fazer – segundo Shepherd e Günter (2006)
(continuação)

FAZER	Número de pedidos em atraso	X					X	
	Número de itens fora de estoque						X	
	Média do nível de pedidos em atraso						X	
	Porcentagem de excesso/falta de recursos em determinado período						X	
	Custo de estocar por unidade de volume						X	
	Custos de venda	X					X	
	Tempo de ciclo do processo planejado		X				X	
	Lead time da manufatura		X				X	
	Tempo requerido para produzir um item particular ou conjunto de itens		X				X	
	Tempo requerido para produzir um novo mix de produto		X				X	
	Precisão de inventário			X			X	
	Variedade de inventário				X		X	
	Porcentagem de produtos manufaturados defeituosos			X			X	
	Flexibilidade da produção				X		X	
	Flexibilidade da capacidade				X		X	
	Flexibilidade de volume				X		X	
	Número de tarefas que o trabalhador pode executar				X		X	

Fonte: Adaptado de Shepherd; Günter (2006)

No Quadro 18 verificam-se os indicadores de desempenho para o processo básico Entregar.

Quadro 18 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Entregar – segundo Shepherd e Günter (2006)

	MEDIDA DE DESEMPENHO	C	T	Q	F	I	QN	QL
ENTREGAR	Custos logísticos totais	X					X	
	Custos de distribuição	X					X	
	Custos de Transporte	X					X	
	Custos de transporte por unidade de volume	X					X	
	Custos de pessoal por unidade de volume movida	X					X	
	Produtividade de transporte	X					X	
	Erros de expedição	X					X	
	Eficiência de entrega	X					X	
	Porcentagem de precisão de entrega	X					X	
	Lead time de entrega		X				X	
	Frequência de entrega		X				X	
	Atraso de Produto		X				X	
	Atraso médio de ordens		X				X	
	Antecipação média de ordens		X				X	
	Porcentagem de entregas no prazo		X				X	
	Desempenho de entrega			X			X	
	Confiança de entrega			X			X	
	Número de entregas no prazo			X			X	
	Eficácia da programação de planejamento de distribuição			X				X
	Eficácia dos métodos de entrega da fatura			X			X	
	Direcionador de confiança para desempenho			X			X	
	Qualidade dos bens entregues			X				X
	Alcance das entregas livres de erro			X			X	
	Qualidade da documentação entregue			X				X
	Flexibilidade de entrega				X		X	
	Responsividade para entregas urgentes				X		X	
	Flexibilidade de transporte				X		X	

Fonte: Adaptado de Shepherd; Günter (2006)

E no Quadro 19 verificam-se os indicadores de desempenho para o processo básico Abastecer.

Quadro 19 - Métricas de desempenho da SC – processo básico Retornar – segundo Shepherd e Günter (2006)

RETORNAR	MEDIDA DE DESEMPENHO	C	T	Q	F	I	QN	QL
	Custos do processo de garantia/retorno	X					X	
	Tempo de consulta dos clientes		X				X	
	Satisfação do cliente (ou insatisfação)			X				X
	Nível de valor percebido do produto pelo cliente			X				X
	Reclamações de clientes			X			X	
	Taxa de reclamação			X			X	
	Qualidade do produto			X				X
	Flexibilidade de sistemas de serviço para encontrar as necessidades do cliente				X			X

Fonte: Adaptado de Shepherd; Günter (2006)

2.1.5.9 Abordagem de Sellitto e Mendes (2006)

Em seu trabalho, Sellitto; Mendes (2006) construiu uma estrutura utilizando como base os cinco processos básicos da cadeia de suprimentos, segundo o modelo SCOR, para avaliar três cadeias de suprimentos com características semelhantes. Segundo os autores os sistemas de medição de desempenho devem ser individuais, mas devem ser acrescentados indicadores que reflitam a ação da cadeia.

Ao longo do trabalho são explicados os procedimentos utilizados na avaliação das três cadeias, sendo os cinco processos básicos ponderados utilizando o AHP e os indicadores julgados com a utilização de escalas ou julgamentos (muito ruim = 0; ruim = 5; médio = 10; bom = 15; muito bom = 20).

No Quadro 20, seguem os conceitos utilizados pelos autores.

Quadro 20 - Estrutura apriorística para definição de indicadores da cadeia de suprimentos

	CONCEITO	DESCRIÇÃO DO CONCEITO
PLANEJAMENTO	Alinhamento estratégico	Como é a inter-relação dos participantes na SC e suas aderências a estratégia geral da cadeia.
	Formulação das estratégias	Como é formulada a estratégia da SC.
	Desdobramento da estratégia	Como a cadeia desdobra a estratégia em ações individuais, estabelece metas e acompanha a execução estratégica.
	Medição do desempenho	Como a cadeia define e implementa a medição de desempenho e de que forma os participantes realimentam a estratégia.
	Gestão da qualidade	Como a cadeia opera sistema de qualidade e estimula melhoria contínua nos participantes e na cadeia.
FORNECIMENTO	Flexibilidade	Como é o nível de flexibilidade quanto a modificações nas quantidades e nas variedades e em fornecimentos emergenciais.
	Pontualidade	Como é a confiabilidade em relação ao cumprimento das entregas nas datas devidas e ao nível de serviço.
	Qualidade	Como é o fornecimento de produtos quanto a avarias, conformidade a especificações técnicas e integridade dos lotes (quantidades).
	Condições de negociação	Como se distribui a governança e o nivelamento em relação ao poder de negociação de prazos, tamanhos de lote e periodicidades.
	Custos	Como são, no fornecimento, os custos de fornecimento relativamente a concorrentes e requisitos de mercado.
FABRICAÇÃO	Flexibilidade	Como é, na fabricação, o nível de flexibilidade quanto a modificações nas quantidades, variedades e me fornecimentos emergenciais.
	Velocidade	Como é, na fabricação, a confiabilidade de cumprimentos de datas devidas.
	Qualidade	Como é, na fabricação, a conformidade a requisitos técnicos e a capacidade dos produtos para requisitos de variabilidade.
	Processo	Como é a confiabilidade, a consistência e a capacidade dos processos de fabricação.
	Custo	Como e de que tipo são os esforços desenvolvidos para redução de custos de produção
ENTREGA	Flexibilidade	Como é a flexibilidade em relação às modificações em quantidades e variedades, e em fornecimentos emergenciais.
	Pontualidade	Como é a confiabilidade das entregas nas datas devidas
	Qualidade	Como é a entrega de produtos quanto a avarias, conformidade e especificações técnicas e integralidade da carga.
	Condições de negociação	Como se distribui a governança e o nivelamento em relação ao poder de negociação de prazos, tamanhos de lote e periodicidade.
	Custos	Como são os custos de fornecimento em relação a concorrentes e requisitos de mercado na entrega.
RETORNO	Reciclabilidade	Como é a importância dada pela cadeia a embalagens retornáveis e reaproveitamento de resíduos.
	Devolução de itens	Como é a metodologia para recebimento de devoluções de vendas, de embalagens retornáveis e de descartes de produtos usados.
	Conformidade legal	De que modo são atendidas as normas e os preceitos legais exigidos das operações da SC.
	Custos de devolução	Como são os custos de retorno, comparando ao mercado e segundo a realidade do processo.
	Ética ambiental	Como é o posicionamento da cadeia quanto à questão ambiental, certificações e demais legislações pertinentes.

Fonte: Adaptado de Sellitto; Mendes (2006)

Baseados no Quadro 21 desenvolveram os seguintes indicadores para cada processo básico. Os autores entenderam não ser necessário desenvolver indicadores para o processo Planejar por caracterizá-lo intangível e apriorístico.

Quadro 21 - Métricas de desempenho da SC segundo Sellitto; Mendes (2006)

	INDICADOR	DESCRIÇÃO
FORNECIMENTO	Flexibilidade	Porcentagem de fornecimentos satisfatórios extracontratuais em valor e em unidades.
	Pontualidade	Porcentagem de fornecimentos em unidades (tonelada, peças, etc.) na data devida.
		Porcentagem de fornecimentos em unidade monetária na data devida.
		Tempo esperado (média e variabilidade) até a entrega de uma unidade fornecida.
		Inventário médio em unidades e em unidades monetárias em fornecimento.
	Qualidade	Porcentagem de fornecimentos em unidades (toneladas, peças, etc.) aceitos na primeira vez.
		Porcentagem de fornecimentos em valor monetário aceitos na primeira vez.
	Condições de negociação	Nível de satisfação dos fornecedores em relação à empresa focal (<i>proxi</i>).
FABRICAÇÃO	Custos	Custo dos fornecimentos por unidade do produto principal.
		Participação % dos fornecimentos no custo do produto principal.
	Flexibilidade	Porcentagem de ordens de fabricação satisfatórias extracontratuais em valor e em unidades.
	Velocidade	Porcentagem de ordens de fabricação em unidades (toneladas, peças, etc.) no prazo.
		Porcentagem de ordens de fabricação em valor monetário cumpridas no prazo.
		Tempo esperado (média e variabilidade) até a fabricação de uma unidade.
		Inventário médio em unidades e em valor monetário em processamento.
	Qualidade	Porcentagem de refugo e retrabalho em unidades (toneladas, peças, etc.).
		Porcentagem de refugo e retrabalho em valor monetário.
ENTREGA	Processo	Disponibilidade do principal processo de fabricação (porcentagem de tempo).
		Capabilidade do principal processo de fabricação (CP, CPK).
	Custo	Custo da fabricação por unidade do produto principal.
		Participação em porcentagem da fabricação no custo do produto principal.
	Flexibilidade	Porcentagem de entregas satisfatórias extracontratuais em valor e em unidades.
	Pontualidade	Porcentagem de entregas em unidades (toneladas, peças, etc.) no prazo.
		Porcentagem de entregas em valor monetário cumpridas no prazo.
		Tempo esperado (média e variabilidade) até a entrega de uma unidade.
		Inventário médio em unidades e em valor monetário em trânsito.
RETORNO	Qualidade	Porcentagem de entregas em unidades (toneladas, peças, etc.) sem avarias e integrais.
		Porcentagem de entregas em valor monetário sem avarias e integrais.
	Condições de negociação	Nível de satisfação dos distribuidores em relação à empresa focal (<i>proxi</i>).
	Custos	Custo da entrega por unidade do produto principal.
		Participação porcentagem da entrega no custo do produto principal.
	Reciclabilidade	Porcentagem de materiais reciclados na cadeia, em unidades.
		Porcentagem de materiais reciclados na cadeia, em valor monetário.
	Devolução de itens	Porcentagem de materiais devolvidos reaproveitados, em unidades.
		Porcentagem de materiais devolvidos reaproveitados, em valor monetário.
GERAL	Geral da cadeia	Inventário de devolvidos, em unidades e em valor monetário.
		Conformidade legal
		Valor pago por autuações.
		Custo da devolução por unidade do produto principal.
		Participação em porcentagem da devolução no custo do produto principal.
	Ética ambiental	Correlação entre os indicadores locais de qualidade.
		Nível de satisfação dos participantes da cadeia com suas ações ambientais (<i>proxi</i>).
		Valor esperado e variabilidade do tempo até a entrega.

Fonte: Adaptado de Sellitto; Mendes (2006)

2.1.5.10 Abordagem de Bhagwat e Sharma (2007)

Em seu trabalho, Bhagwat; Sharma (2007) levantaram uma lista de indicadores e alocaram-nos as quatro perspectivas do BSC (Financeira, do Cliente, Interna ao negócio e da Inovação e aprendizado).

Os indicadores de desempenho de perspectiva financeira definem se a estratégia, implementação e execução da empresa contribuem eficientemente no desenvolvimento dela. Considerando a perspectiva do cliente, os indicadores de desempenho definem os fatores que realmente são definidos como importante aos clientes. Sob a perspectiva interna ao negócio tem-se a decisão sobre quais processos e competências as empresas devem se sobressair. A habilidade de inovar e aprender são elementos diretamente alinhados no desenvolvimento de melhorias e criação de valor da empresa. Ela assegura a redução de custo e a diferenciação do produto, consequentemente, maior lucratividade e maior fatia de mercado. Os indicadores ligados a todas as perspectivas são apresentados no Quadro 22.

Quadro 22 - Métricas de desempenho da SC segundo Bhagwat; Sharma (2007)

PERSPECTIVA	INDICADOR
FINANCEIRA	Lucro líquido vs. Razão de produtividade.
	Taxa de retorno de investimento.
	Variações contra orçamento.
	Nível de parceria Comprador-fornecedor.
	Desempenho de entrega.
	Iniciativas de economia do fornecedor.
	Confiança de entrega.
	Custo por hora de operação.
	Custo de transferência de informação.
	Taxa de rejeição do fornecedor.
CLIENTE	Tempo de resposta ao consumidor.
	Nível de valor do produto percebido pelo cliente.
	Variedade de produtos e serviços.
	<i>Lead time</i> da ordem.
	Flexibilidade de os sistemas de serviços atenderem a necessidade do cliente.
	Nível de parceria Comprador-fornecedor.
	<i>Lead time</i> de entrega.
	Desempenho de entrega.
	Eficácia dos métodos da fatura de entrega.
	Confiança de entrega.
	Responsividade a entregas urgentes.
	Eficácia da programação do planejamento de distribuição.
	Custo de transferência de informação.
	Qualidade da documentação de entrega.
	Direcionador de confiança para desempenho.
	Qualidade de bens entregues.
	Obtenção de entregas livres de defeito.
INTERNA AO NEGÓCIO	Tempo total de ciclo da cadeia de suprimentos.
	Tempo total do fluxo de caixa.
	Flexibilidade dos sistemas de serviço para atender as necessidades particulares do cliente.
	<i>Lead time</i> do fornecedor vs. Normas da indústria.

Quadro 22 - Métricas de desempenho da SC segundo Bhagwat; Sharma (2007) (continuação)

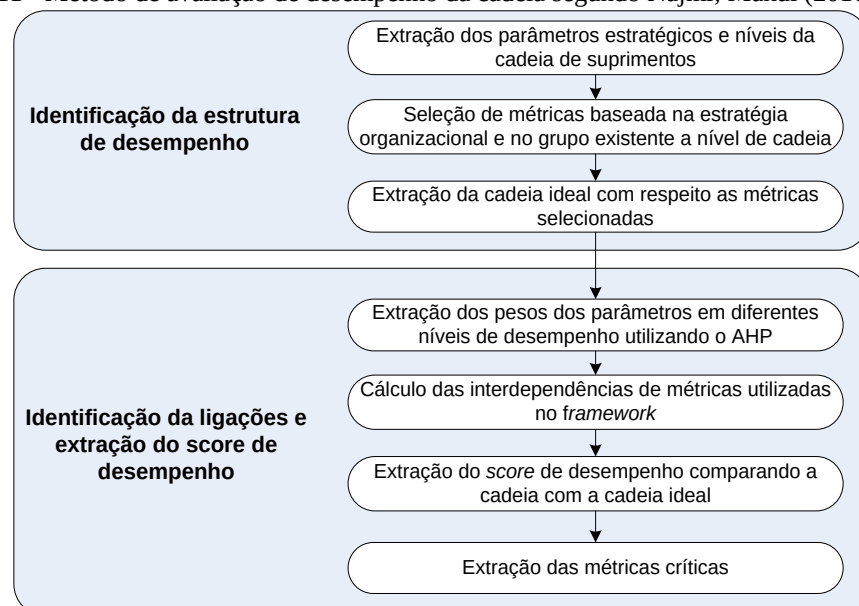
INTERNA AO NEGÓCIO	Nível de entregas livres de defeito do fornecedor.
	Precisão das técnicas de previsão.
	Tempo de ciclo do desenvolvimento do produto.
	Tempo de ciclo da ordem de compra.
	Tempo de ciclo do processo planejado.
	Eficácia da programação mestre da produção.
	Utilização da capacidade.
	Custo Total de inventário (Nível de entrada de estoque; Produto semiacabado - WIP; Valor de sucata; Bens acabados em transito).
	Taxa de rejeição do fornecedor.
	Eficiência do ciclo de ordem de compra.
	Frequência de entrega.
INOVAÇÃO E APRENDIZADO	Auxílio do fornecedor na resolução de problemas técnicos.
	Habilidade do fornecedor em responder a problemas de qualidade.
	Procedimentos de reserva do fornecedor.
	Utilização de capacidade.
	Métodos de entrada de ordem.
	Precisão das técnicas de previsão.
	Tempo de ciclos do desenvolvimento do produto.
	Flexibilidade dos sistemas de serviço para atender as necessidades de um cliente particular.
	Nível de parceria entre comprador-fornecedor.
	Variedade de produtos e serviços.
	Nível de valor do produto percebido pelo cliente.

Fonte: Adaptado de Bhagwat; Sharma (2007)

2.1.5.11 Abordagem de Najmi e Makui (2010)

Najmi; Makui (2010) propuseram um método para avaliação do desempenho de uma cadeia de suprimentos utilizando o AHP. O método consiste de dois momentos que totalizam sete passos (Figura 11).

Figura 11 - Método de avaliação de desempenho da cadeia segundo Najmi; Makui (2010)



Fonte: Adaptado de Najmi; Makui (2010)

Para tal avaliação criou critérios e métricas associados a eles. Seguem, no Quadro 23, os critérios e métricas criadas pelos autores.

Quadro 23 - Métricas de desempenho da SC segundo Najmi e Makui (2010)

CRITÉRIO	MÉTRICAS
Flexibilidade	Desvantagem da adaptabilidade de Cadeia de suprimentos.
	Nível do estoque de matérias-primas.
	Flexibilidade Operational.
Confiabilidade	Atendimento perfeito de ordem.
	Valor total da ordem de acordo com as ordens.
	Tempos de espera.
Responsividade	<i>Lead times</i> .
	Entregas no prazo.
	Tempo de ciclo do produzir e testar.
Qualidade	Nível de serviço ao cliente.
	Comunicação.
	Taxa de reclamações do cliente.
Gestão de ativo	Fluxo de caixa.
	Rotação do estoque.
	Utilização de capacidade.

Fonte: Adaptado de Najmi; Makui (2010)

As nove abordagens sobre indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos são utilizadas na discussão e sugestão de um conjunto de indicadores para o procedimento proposto neste trabalho que podem ser utilizados no entendimento do impacto que os riscos podem gerar.

A seguir, são apresentados conceitos de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos.

2.2 Gestão de Riscos em Cadeia de Suprimentos

A vulnerabilidade das cadeias de suprimentos tem se tornado uma questão que precisa de atenção, pois elas ficam mais complexas ao tornarem-se mais extensas, o que incide em níveis crescentes de riscos na cadeia (CHRISTOPHER; PECK, 2004). A vulnerabilidade a eventos adversos é maior à medida que o nível de integração e interdependência entre as empresas membros da cadeia de suprimentos aumenta (HALLIKAS *et al.*, 2004; NORRMAN; JANSSON, 2004; NARASIMHAN; TALLURI, 2009).

Cranfield University School of Management (2002), Norrman; Jansson (2004), Jüttner (2005) e Pfohl; Köhler; Thomas (2010) listam algumas estratégias das cadeias de suprimento que aumentam a sua vulnerabilidade (Quadro 1), são elas: Foco na eficiência; *Outsourcing*; Fábricas focadas e distribuição centralizada; Volatilidade da demanda; Falta de visibilidade e procedimentos; Globalização da cadeia de suprimentos; Redução da base de fornecedores;

Processos mais entrelaçados e integrados entre empresas; Produtos e serviços complexos; Dependência da Tecnologia da Informação; e Déficits de Informação.

Ao aumentar a vulnerabilidade da cadeia aumentam-se as chances de determinados eventos interromperem o fluxo normal de operações. Interrupções em uma cadeia de suprimentos acarretam danos no curto, médio e longo prazo, apontando como exemplos a Ericsson, que perdeu 400 milhões de euros após um incêndio no galpão de um de seus fornecedores, e a Apple que perdeu muitos pedidos em decorrência da falta de fornecimento de um chip originário de um fabricante do Taiwan atingido por um terremoto (TANG, 2006).

Na busca por reduzir a vulnerabilidade aos riscos, surgiu o conceito de gerenciamento de riscos. Segundo Christopher; Peck (2004) riscos podem ter várias definições. O autor argumenta que na teoria da decisão clássica, risco é visto como “variação na distribuição de possíveis resultados, suas probabilidades e seus valores subjetivos”. Entretanto, a definição comumente utilizada no estudo do gerenciamento da cadeia de suprimentos está focada no perigo, apresentando o risco como a probabilidade de certo evento e sua severidade ou impacto negativo ao negócio.

Segue-se neste trabalho a abordagem mais utilizada na literatura, na qual vários autores conceituam o risco como uma relação entre a variedade de resultados negativos possíveis (severidade ou impacto) e a distribuição das respectivas probabilidades para cada um dos resultados (probabilidade) (HALLIKAS *et al.*, 2004; NORRMAN; JANSSEN, 2004; WANG; YANG, 2007; RAO; GOLDSBY, 2009; ZSIDISIN e RITCHIE, 2009).

Definido o termo risco, o foco do gerenciamento de riscos em cadeias de suprimento (SCRM - *Supply Chain Risk Management*) é entender, e tentar evitar, os efeitos devastadores que qualquer perturbação pode gerar em uma cadeia.

Inicialmente, de maneira mais reativa, através da SCM, buscou-se isolar as empresas dos riscos originados pelas rupturas da cadeia de suprimento, em sua maioria devido a problemas com os fornecedores imediatos. Atualmente, é necessária uma visão mais proativa, uma abordagem estratégica e corporativa, com os outros membros da cadeia, visando obter uma vantagem competitiva sustentável e rentabilidade através de conceitos de estratégias mais enxutas, ágeis, eficientes, visando a resiliência e focada no cliente (ZSIDISIN; RITCHIE, 2009).

Entendendo a importância do gerenciamento dos riscos em cadeias de suprimentos, Jüttner *et al.* (2003) afirmam que o seu objetivo deve ser a identificação e gestão dos riscos para a cadeia de suprimentos, através de uma abordagem coordenada entre os membros da cadeia de suprimentos, para reduzir a vulnerabilidade da cadeia como um todo.

Ritchie; Brindley (2007) afirmam que o gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos procura lidar com as três dimensões do risco através da análise das causas, procurando entender as forças que podem motivar uma sequência particular de eventos para com isto melhor gerir as chances de resultados positivos em termos de *performance* e, por dedução, evitar consequências negativas.

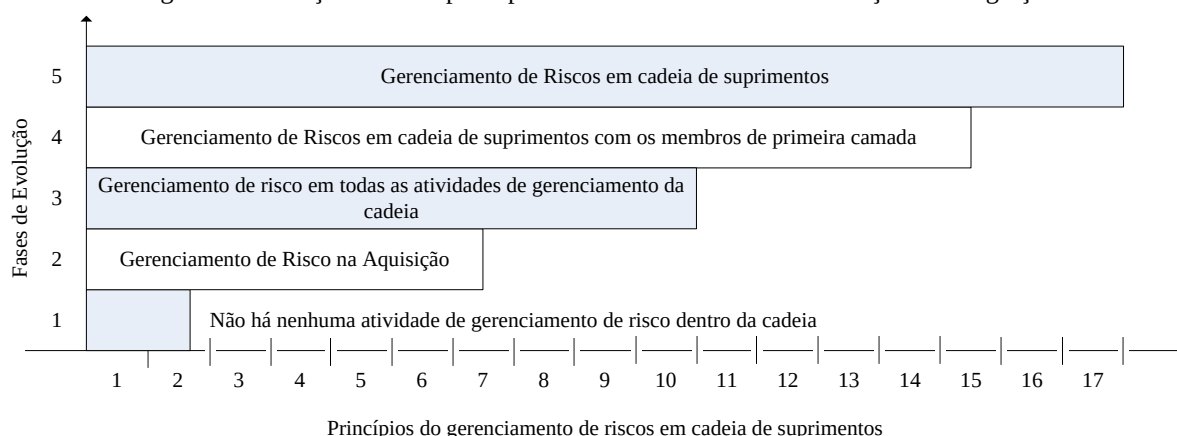
Qun (2010) expõe que o SCRM tem o objetivo de evitar o risco ao minimizar o custo e assegurar a segurança, continuidade e eficiência da cadeia através da análise, reconhecimento e mensuração de acidentes e perdas potenciais.

Pfohl; Köhler; Thomas (2010) apresentam 17 princípios para a gestão de riscos em cadeia de suprimentos:

1. O foco do gerenciamento do risco está além dos limites da empresa e dentro da cadeia de suprimentos;
2. A empresa deve ter profundo conhecimento sobre todas as interfaces da cadeia;
3. O SCM e o SCRM devem estar integrados e não independente um do outro;
4. O gerenciamento de risco interno e o SCRM são coordenados e integrados;
5. O SCRM é parte da estratégia corporativa;
6. A alta gerência suporta e é responsável pelo SCRM;
7. Todos os atores da cadeia têm compreensão mútua dos riscos potenciais;
8. A informação do risco da cadeia está disponível para uma empresa;
9. As empresas da SC têm um relacionamento estreito, cooperativo e honesto;
10. As empresas da SC confiam uma nas outra;
11. Não existe assimetria de informação entre as empresas;
12. As empresas têm objetivos e processo de planejamento mútuo para a cadeia;
13. Informação sobre risco é compartilhada na cadeia;
14. Os parceiros diretos na cadeia cooperam em relação à gestão de risco;
15. Os riscos e recompensas da gestão de risco são alcançados e compartilhados juntos;
16. Todos os membros da SC estão envolvidos nas atividades de gestão do risco;
17. Todos os membros têm os mesmos objetivos relacionados à SCRM.

Estes princípios são relacionados aos níveis de integração da cadeia, apresentado na Figura 12.

Figura 12 - Relação entre os princípios da SCRM e as fases de evolução de integração



Fonte: Pfohl; Köhler; Thomas (2010)

As fases de evolução apresentadas na Figura 12 são baseadas na extensão do gerenciamento de riscos e no nível de integração entre os membros. Na fase 1 considera-se que o gerenciamento de riscos é estabelecido apenas dentro da organização. Na fase 2 os riscos de fornecimentos são considerados como parte do gerenciamento de riscos interno a empresa. Na fase 3 são considerados os riscos em toda a cadeia de suprimentos, mas o único responsável pela avaliação, controle e supervisão é a empresa focal. Na fase 4 o gerenciamento de riscos ocorre além dos limites da empresa, há colaboração dos elos de primeira camada e possivelmente a segunda camada. Por fim, a fase 5 define o verdadeiro conceito de gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos, onde todas as etapas de gerenciamento de risco são implementadas e comunicadas ao longo de toda a cadeia (PFOHL; KÖHLER; THOMAS, 2010).

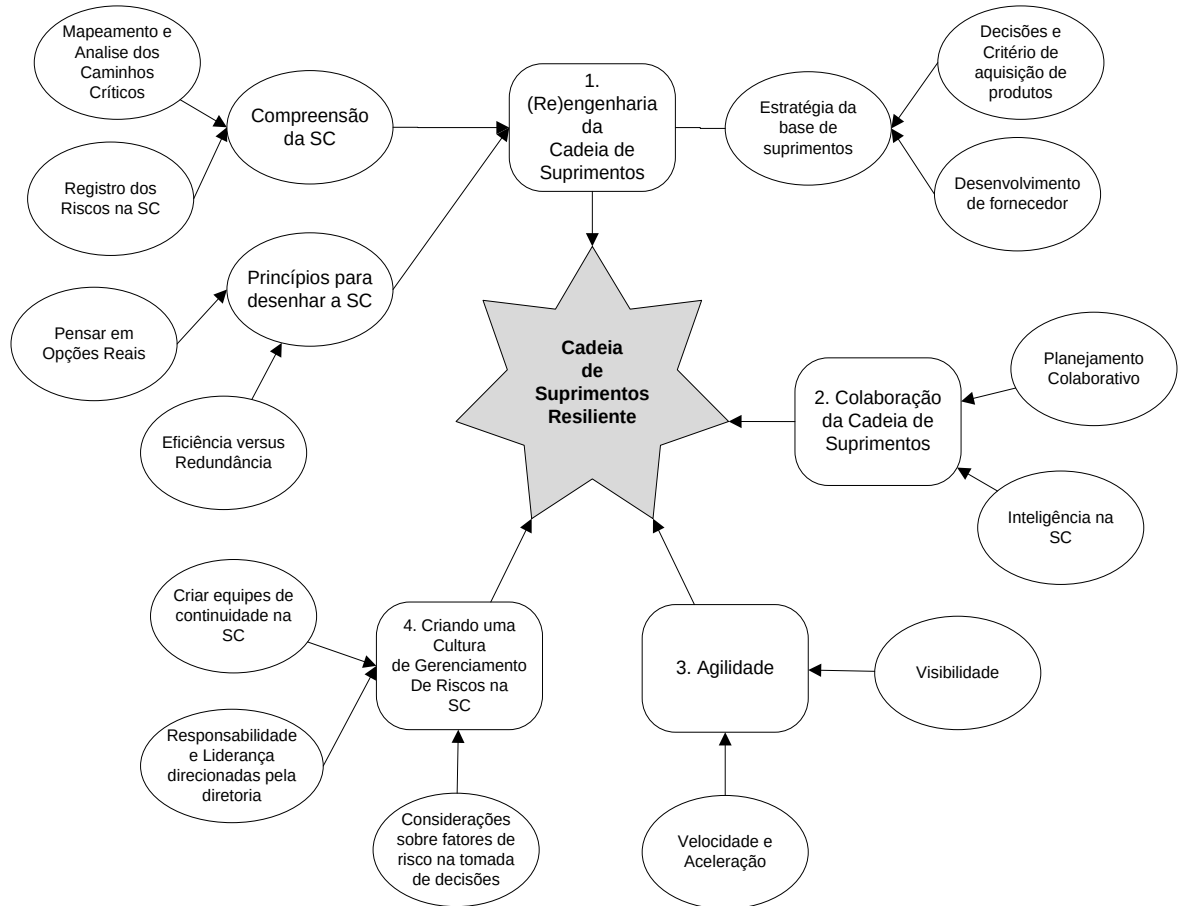
Para que se atinja a fase de SCRM e a cadeia de suprimentos se torne resiliente, Christopher; Peck (2004) propõem alguns princípios a serem seguidos por ela, explanados na próxima seção.

2.2.1 Construindo uma Cadeia de Suprimentos Resiliente – Christopher e Peck (2004)

Zsidisin; Ritchie (2009) definem que a vulnerabilidade é caracterizada pela falta de robustez ou resiliência da cadeia de suprimentos relacionadas às ameaças originadas de dentro e fora dos limites do sistema, sendo robustez a capacidade de resistir a um evento acidental e retornar a atender a sua missão, mantendo o sistema na mesma situação em que se encontrava antes de o evento ocorrer, e resiliência a capacidade do sistema de retornar a uma nova situação estável após o evento.

Com o objetivo de tornar uma cadeia resiliente, Christopher; Peck (2004) propõem quatro princípios chaves: (Re) engenharia da cadeia de suprimentos; Colaboração; Agilidade; e Criação de uma cultura baseada na gestão de riscos na cadeia, apresentados na Figura 13.

Figura 13 - Criando uma cadeia de suprimentos resiliente



Fonte: Christopher (2007)

Cada princípio será mais bem definido a seguir, segundo Christopher; Peck (2004).

a) A (re) engenharia da cadeia de suprimentos

As cadeias geralmente são formadas visando à otimização dos custos e/ou dos serviços aos clientes. Essa lógica deve ser alterada, dada à vulnerabilidade na qual elas se encontram. Assim, é sugerido inicialmente entender a rede que conecta os membros da cadeia, na busca de identificar os gargalos que limitam a sua capacidade. Posteriormente, desenvolver uma estratégia base de fornecimento, não se atendo a obter vantagem apenas nos aspectos de gerenciamento de custo e da qualidade, mas também em termos de resiliência. Por último, projetar princípios para a resiliência da cadeia de suprimentos através da escolha de estratégias que mantenham várias opções em aberto e fazendo uma análise baseada no *trade off* eficiência-redundância.

b) Colaboração da cadeia de suprimentos

O alto grau de colaboração ao longo da cadeia pode ajudar na mitigação de riscos. Este princípio trabalha sob a perspectiva que a troca de informações pode criar um alto nível de inteligência da cadeia de suprimentos, aumentando a visibilidade do perfil do risco a montante e a jusante. O tipo de conhecimento criado pode ajudar a identificar as fontes de riscos e incertezas em cada nó ou interligação na cadeia, e pode ser classificado em estratégico, tático e operacional.

c) Agilidade

A habilidade de responder rapidamente as alterações de demanda e fornecimento define agilidade. Quando não se consegue responder com velocidade as estas mudanças, a organização pode estar em risco. Dois itens são definidos como chave nesse princípio: visibilidade e velocidade.

Visibilidade está relacionada ao conhecimento dos estoques, das condições de demanda e fornecimento, e das programações produção e compra dos membros a montante e a jusante da empresa focal.

Velocidade refere-se à com que rapidez a cadeia reage às mudanças da demanda. Existem três fundamentos para aumentar a sua agilidade: Racionalização de processos, *lead-times* reduzidos de fornecimento e redução do tempo de atividades que não agregam valor.

d) Criando uma cultura de gerenciamento dos riscos em cadeia de suprimentos

A cultura de gerenciamento de riscos deve se estender além das fronteiras do risco corporativo e gerenciamento da continuidade do negócio, ampliando para uma visão sistêmica, e tornar-se a cultura do gerenciamento da continuidade da cadeia de suprimentos. Esta mentalidade deve estar presente em todos os níveis organizacionais dos membros da cadeia.

Além de seguir tais princípios, para operacionalizar o gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos, segundo Zsidisin; Ritchie (2009), faz-se necessário seguir algumas etapas de implementação. Estas serão discutidas a seguir.

2.2.2 Etapas de implantação do SCRM

Para implementar o SCRM, são propostas as etapas de identificação do risco, análise, avaliação e mensuração do impacto e da probabilidade do risco, gerenciamento do risco e

monitoramento e avaliação das implementações realizadas (NORRMAN; JANSSON, 2004; WANG; YANG, 2007). Zsidisin; Ritchie (2009) acrescentam uma quinta etapa, denominada aprendizagem organizacional e pessoal incluindo a transferência de conhecimento.

a) Identificação do risco

Consiste em identificar os riscos para que o tomador de decisão conheça os eventos que causam incerteza e permitir o gerenciamento destes cenários proativamente (HALLIKAS *et al.*, 2004). Norrman; Jansson (2004) afirmam haver muitos métodos de identificação do risco, e cita o mapeamento do risco como sendo um dos métodos mais importantes. Outras ferramentas citadas por Waters (2007^a) que podem ser utilizadas são: os cinco Ws, diagramas de causa-efeito, análise de Pareto, *checklists*, entrevistas, método Delphi, gráficos de processo, controle de processo, gerenciamento de evento da cadeia de suprimento, análises *what-if*. Welborn (2007) acrescenta a esta lista a análise dos modos e efeitos de falha (FMEA) e Adhitya; Srinivasan (2009) adiciona a análise de cenários e análises HazOP.

Shi (2004) afirma que para uma eficiente identificação dos riscos, uma classificação dos riscos é importante. Várias classificações de risco são apresentadas na seção 2.2.3 deste trabalho.

b) Análise, avaliação quantitativa e mensuração do impacto do risco

Após identificar os riscos, estes devem avaliados e priorizados com relação a sua probabilidade e severidade. Podem ser avaliados com a utilização de dados históricos, o que torna um processo simples e quantitativo, ou através de julgamentos subjetivos de especialistas (NORRMAN; JANSSON, 2004). Segundo Shi (2004) através de dados históricos pode-se construir uma distribuição de probabilidade para cada fator de risco e, caso não seja possível quantificar, podem ser feitos julgamentos qualitativos.

Waters (2007a) levanta algumas ferramentas que podem ser utilizadas para avaliar o risco e priorizar o risco: FMEA, análises de cenário, simulação, modelos de rede (fluxo máximo, caminho mínimo, problemas de transporte, localização de instalações, método do caminho crítico). Outros métodos utilizados são: *Data mining* (DANI, 2009), *Analytic Hierarchy Process* (WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; GAUDENZI, 2009) e o *Analytic Network Process* (XIA; CHEN, 2011).

c) Gerenciamento do risco

É o processo no qual são decididas e implementadas ações para transferir, aceitar, eliminar, reduzir, compartilhar ou analisar de forma mais detalhada determinado risco. Essas ações podem atuar sobre a probabilidade, a severidade ou ambos os aspectos (HALLIKAS *et al.*, 2004; NORRMAN; JANSSON, 2004; SHI, 2004).

Segundo Zsidisin; Ritchie (2009), esta etapa consiste em gerar e considerar cenários e soluções alternativas, julgando seus respectivos méritos, selecionando soluções e implementando-as.

d) Monitoramento e avaliação

O perfil do risco está em constante mudança o que torna necessário um acompanhamento constante das tendências do risco para que sejam avaliados e sejam tomadas as decisões necessárias caso alterações ocorram (HALLIKAS *et al.*, 2004).

Segundo Norrman; Jansson (2004) o risco merece ser monitorado quando no caso de não ter sido mitigado esteja em um nível muito alto ou alto, ou no caso de após ser mitigado o risco permanecer em um nível acima do aceitável.

e) Aprendizagem organizacional e pessoal incluindo a transferência de conhecimento

Nesta etapa procura-se capturar, extrair, destilar e disseminar lições e experiências a outros dentro da organização e membros da cadeia de suprimento (ZSIDISIN; RITCHIE, 2009).

Como suporte a primeira etapa de implantação do gerenciamento de risco em cadeia de suprimentos, identificação do risco, são apresentadas a seguir dezesseis classificações encontradas na literatura.

2.2.3 Classificações de Risco em Cadeia de Suprimentos

Diversas classificações podem ser encontradas na literatura. A partir delas é possível fazer a identificação dos riscos presentes na cadeia, para que posteriormente sejam avaliados e controlados. Nesta seção são apresentadas classificações propostas por alguns autores levantadas a partir de uma revisão teórica.

2.2.3.1 Classificação proposta por Svensson (2002)

No artigo sobre a vulnerabilidade dos cenários para fornecedores e clientes de uma cadeia de suprimentos, Svensson (2002) aponta dois tipos primordiais de dependências entre as empresas: de tempo e de relacionamento. Para chegar a esta conclusão, o autor analisou uma cadeia de suprimentos do setor automobilístico da Suécia, partindo de um modelo (desenvolvido pelo mesmo autor anos antes) que tem como principais componentes que serviram de guia para a análise: fontes de alterações, os tipos de alterações e os tipos de fluxo logísticos.

Assim, o autor menciona que:

“A dependência de tempo refere-se ao fato que existe uma dependência cronológica ou sequencial entre as atividades de negócios das companhias em uma cadeia de suprimentos. Isto pode depender das atividades em si ou dos recursos disponíveis para o desempenho dessas atividades”,

fazendo alusão aos sistemas de produção que adotam o *Just in time* em suas estruturas e que, assim, passam a depender fortemente dos seus fornecedores e clientes, gerando, portanto, um risco à empresa e à cadeia como um todo.

O autor expõe que as dependências de relacionamento estão ligadas a outras atividades executadas pela empresa e fatores específicos inerentes a uma relação que influenciam na interação entre as empresas de uma cadeia de suprimentos. E ressalta que este tipo de dependência tem sido estudado por diversas áreas do conhecimento há muitas décadas, diferenciando-se neste ponto das dependências de tempo que vêm sendo consideradas nas últimas três décadas, mas pouco pesquisadas.

Entende-se ao longo do texto, que ao se referir à dependência de uma empresa com relação à outra, o autor emprega a palavra no sentido de risco. Logo, os termos descritos acima podem ser substituídos por: risco de tempo (ou de interrupção) e risco de relacionamento.

2.2.3.2 Classificação proposta por Harland, Brenchley e Walker (2003)

No trabalho desenvolvido por Harland; Brenchley; Walker (2003), para o desenvolvimento de uma ferramenta para ajudar a identificar, avaliar e gerenciar riscos em cadeias de suprimentos classificaram o risco, a partir de uma revisão de literatura, em sete tipos: Risco Estratégico;

Risco Operacional; Risco de Suprimentos; Risco de Cliente; Risco de depreciação de ativos; Risco de Competitividade; Risco de Reputação; Risco Financeiro; Risco Fiscal; Risco Regulatório; Risco Legal.

O risco estratégico é definido como sendo aquele que afeta a implementação da estratégia de negócio. O risco operacional está relacionado com tudo que afete a habilidade interna da empresa de produzir e fornecer bens e serviços.

Risco de suprimentos é aquele que surge de problemas que afetam negativamente o fluxo interno de qualquer tipo de recurso, impedindo assim a realização das operações.

Fatores que reduzam a probabilidade de clientes fazerem pedidos, agrupado com fatores como obsolescência do produto e de mercado, caracterizam o Risco de cliente. Já os fatores que reduzam a capacidade de um ativo gerar renda definem o risco de depreciação de ativos.

Questões que afetem a habilidade de tornar ou manter a diferenciação de seus produtos ou serviços perante os de seus concorrentes marcam o risco de competitividade.

O risco de reputação surge de problemas que afetem a confiança perante a organização, afetando assim o valor dela como um todo. Alterações em mercados financeiros e inadimplência de certos devedores alavancam o risco financeiro. Quando há mudanças em taxas de impostos, surge o risco fiscal.

Problemas que expõem uma firma a partir de mudanças em regulamentos definem o risco regulatório. Enquanto eventos que exponham uma organização a litígio (processo) deliberam o risco legal.

2.2.3.3 Classificação proposta por Jüttner, Peck e Christopher (2003)

Os autores sugerem três fontes de riscos apreciadas como relevantes para uma cadeia de suprimentos: ambientais, relacionadas com a cadeia e organizacionais. As fontes ambientais comportam os riscos externos à cadeia, por exemplo: terremotos, ataques terroristas e ações governamentais ou políticas. As relacionadas com a cadeia (ou seja, interno à cadeia) referem-se aos resultados das interações entre empresas, podendo ser oriundos de má comunicação entre os membros, falta de delimitação das responsabilidades de cada um, entre outros. Finalmente, as fontes organizacionais estão presentes dentro dos limites da empresa, exemplificada por: greves, quebra de máquinas ou problemas no sistema de informação.

Apoiados em trabalhos da literatura consultada, Jüttner; Peck; Christopher (2003) distinguem três tipos diferentes de riscos no nível interno à cadeia: falta de liderança, caos e inércia.

A falta de liderança concerne aos riscos resultantes da indefinição das fronteiras entre os membros da cadeia de suprimentos, ocasionados pelas tendências de terceirização e aumento da complexidade das cadeias, por exemplo. Esses riscos podem gerar custos de estoque em virtude da obsolescência dos produtos, aumento nos descontos para reduzir estoques.

O efeito de caos em uma cadeia ocorre quando intervenções desnecessárias são feitas pelos próprios membros na cadeia a qual pertencem, reações exageradas (desproporcionais à situação vivida), segundas intenções, falta de confiança, distorção das informações ao longo do fluxo da cadeia, carência de entendimento entre as organizações. Um exemplo reconhecido é o efeito chicote. Os riscos de inércia são aqueles gerados pela ausência de atitudes da empresa frente as mudanças do mercado.

2.2.3.4 Classificação proposta por Cavinato (2004)

Cavinato (2004) supõe que todos os riscos envolvem as atividades logísticas da cadeia de suprimento. Assim, para a identificação de riscos e incertezas, o autor propõe cinco categorias de risco: físico, financeiro, informacional ou de informação, relacional ou de relacionamento e de inovação.

O risco físico decorre de problemas que afetem os movimentos e fluxos de bens que ocorrem dentro ou entre empresas, transporte, mobilização de serviços, movimento de entrega, armazenamento e inventários.

O risco financeiro provém de problemas nos fluxos de caixa entre as empresas, constituição de despesas e realização de investimentos na cadeia inteira.

O risco informacional surge da ineficiência nos processos e sistemas eletrônicos, na movimentação de informações, no acesso a informações chave, captura e uso de dados, permissão de processos.

O risco relacional ou de relacionamento é definido pela ligação inadequada entre fornecedor – empresa – cliente, como também por problemas de relacionamentos no abastecimento interno da empresa.

Risco de inovação ocorre devido à inabilidade da cadeia de descobrir e desenvolver oportunidades de produtos, serviços e processos.

2.2.3.5 Classificação proposta por Chopra e Sodhi (2004)

Segundo Chopra; Sodhi (2004) antes de as empresas desenvolverem meios eficazes de reduzir o risco na cadeia de suprimentos, os gestores devem entender as categorias de risco e os eventos e condições que os direcionam. Assim, apresenta nove categorias de risco: Risco de Ruptura; Risco de atrasos; Risco de sistemas; Risco de previsão; Risco de propriedade intelectual; Risco de aquisição; Risco de Recebimento; Risco de Inventário; Risco de Capacidade.

O risco de Ruptura se caracteriza pela interrupção no fluxo de material. Pode surgir devido a desastres naturais, disputas trabalhistas, falência de fornecedores, guerra e terrorismo, e dependência de uma única fonte de suprimentos como também da capacidade e responsividade de fornecedores alternativos.

Risco de atraso se dá pelo atraso no fluxo de materiais devido a fatores como: incapacidade de um fornecedor responder a mudanças rápidas da demanda (inflexibilidade), baixa qualidade da produção da(s) planta(s) do(s) fornecedores e altos níveis de manuseio e/ou inspeção durante o cruzamento de fronteiras e mudanças no modo de transporte.

Quanto mais interligado um sistema de informação de uma companhia for maior é a ameaça que uma falha qualquer pode causar uma falha em tudo. A falha no sistema de informação caracteriza o risco de sistemas e pode ter como origem questões como queda da infraestrutura de informação, integração do sistema ou sistemas em redes extensas e *E-commerce*.

O risco de previsão resulta do desencontro entre as projeções de demanda e a demanda real. Fatores como a previsão não acurada devido a longos *Lead times*, sazonalidade, variedade de produtos, curto ciclo de vida, pequena base de clientes, e o efeito chicote ou distorções de informações devido a promoções, incentivos, falta de visibilidade da cadeia de suprimentos e demanda exagerada em épocas de escassez do produto definem essa categoria de risco.

O risco de propriedade intelectual tem aumentado rapidamente devido, principalmente, a tendência de as cadeias serem cada vez menos integradas verticalmente e mais globais, e pelo fato de as empresas terceirizarem para os mesmos fabricantes utilizados pelos concorrentes. Como exemplo desta categoria de risco o autor cita o caso de um fornecedor redesenhar peças e criar seu próprio produto.

Quando há um aumento imprevisto nos custos de aquisição resultante de flutuação das taxas de câmbio ou elevação de preços dos fornecedores, pode-se definir que ocorreu o risco aquisição.

Risco de recebimento refere-se à possibilidade de não recolher todos os recebíveis, seja ocasionado pela capacidade financeira dos clientes seja pelo número de clientes.

O risco de inventário depende de três fatores: valor do produto, sua taxa de obsolescência e incerteza de demanda e suprimentos. Como estes fatores são gerenciados definirá quão exposto estará uma cadeia a esta categoria de risco.

Por fim, o risco de capacidade pode ser dado pelo excesso de capacidade, gerando assim subutilização de capacidade e, conseqüentemente, impacta sobre a *performance* financeira de uma organização, ou também pela falta de flexibilidade da capacidade.

2.2.3.6 Classificação proposta por Christopher e Peck (2004)

Afirmam que os riscos em cadeia de suprimento podem ser classificados de distintas maneiras e várias perspectivas. Baseando-se em um trabalho realizado por Mason-Jones; Towill (1998), classificaram os riscos com relação a sua abrangência e subdivididos com relação a sua fonte.

Com relação à abrangência do risco, definiram três níveis: Riscos internos a empresa, externo a empresa, mas interno a cadeia e externo a cadeia. Os riscos internos a empresa os riscos de processo e de controle.

O risco de processo está associado à ruptura dos processos (sequências que agregam valor e atividades gerenciais encarregadas pela empresa). Estes são dependentes dos ativos internos detidos ou geridos e da infraestrutura em funcionamento.

O risco de controle decorre da aplicação ou não aplicação dos pressupostos, regras, sistemas e procedimentos que orientam como uma organização exerce controle sobre os processos. Na cadeia de suprimentos, este risco está ligado à quantidade pedida nas ordens, tamanho de lote, política de estoque de segurança, etc.

Com relação aos riscos externos a empresa, mas interno a cadeia, os tipos de risco são: Risco de demanda e risco de suprimentos. Define-se risco de demanda como os distúrbios, potencial ou atual, no fluxo de produto, informação, e de caixa provenientes de dentro da cadeia, entre a empresa focal e o mercado. Está ligado em particular aos processos, controles, dependências de infraestrutura e ativo de organizações a jusante e adjacente a empresa focal. Risco de suprimentos emana de qualquer distúrbio do fluxo de produto e/ou informação de dentro da cadeia, a montante da empresa focal.

O risco ambiental surge de eventos que a cadeia de suprimento não tem controle como desastres naturais, eventos sócio-político, econômico ou tecnológico, e pode afetar a empresa focal, a cadeia inteira e até mesmo o próprio mercado. Este é o único risco categorizado sob a abrangência de risco externo a cadeia de suprimento.

2.2.3.7 Classificação proposta por Hallikas *et al.*(2004)

Para Hallikas *et al.*(2004), os riscos surgem das incertezas que tem como fontes principais a demanda de clientes e a entrega do pedido ao cliente. Este autor classifica o risco em quatro tipos: risco de demanda, risco de entrega ao cliente, risco financeiro e risco de deficiência de recursos, desenvolvimento e flexibilidade.

O Risco de demanda decorre da má previsão da demanda devido às tendências econômicas ou mudança de geração de um produto. O risco de entrega ao cliente ocorre devido a problemas de atendimento do pedido dos clientes, exigindo que cada um dos membros da cadeia controle as atividades das empresas subcontratadas, em critérios como qualidade e prazo.

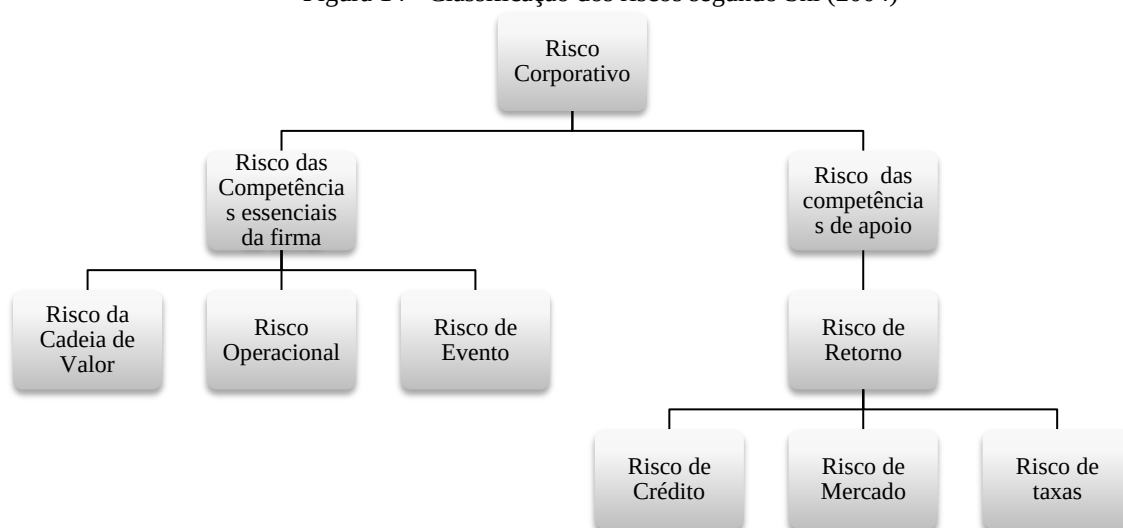
O risco proveniente da má gestão dos custos e precificação de produtos, análise de investimentos é classificado como risco financeiro. Já o risco de deficiência de recursos, desenvolvimento e flexibilidade é definido como o risco advindo falta de habilidade de seguir tendências, de desenvolver e criar novos conhecimentos quando necessário, ou seja, falta de competitividade.

2.2.3.8 Classificação proposta por Shi (2004)

Várias técnicas podem ser utilizadas para uma identificação efetiva dos riscos, entre elas o processo de mapeamento. Para que este processo possa ser realizado é necessária uma taxonomia para os riscos decorrentes dos vários fluxos de negócio, possibilitando uma análise de toda a cadeia de suprimentos (SHI, 2004).

No trabalho intitulado *A review of enterprise supply chain risk management*, o autor apresenta uma classificação que inicialmente divide os riscos relativos às competências essenciais da organização e à atividade que não são competências essenciais da organização O primeiro está ligado ao processo de produção da empresa, enquanto o segundo refere-se às atividades de apoio. O tipo de risco relacionado a cada uma destas duas classificações pode ser visualizado na Figura 14.

Figura 14 - Classificação dos riscos segundo Shi (2004)



Fonte: Adaptado de Shi (2004).

O risco de competências essenciais é dividido em: risco da cadeia de valor, operacional e de evento. O risco da cadeia de valor tem como fonte questões relativas à qualidade, quantidade, preço, complexidade associada a produtos e atividades de negócio, aos serviços e ao tempo. O risco operacional é marcado pelos problemas com sistemas, políticas internas, procedimentos, processos e pessoas. Já o risco de evento surge de questões legais, regulatórias, políticas, econômicas, de reputação e desastres naturais.

Sob o ponto de vista dos riscos associados às atividades que não são fim da empresa, são definidos os riscos de retorno, classificado como risco de crédito, de mercado e de impostos. O risco de crédito é potencializado por risco de liquidez, financiamentos, dívidas, negligência, contas a pagar e a receber. Já o risco de mercado ocorre por alterações em taxas de juros, preço de commodities, preço de ações e políticas cambiais.

2.2.3.9 Classificação proposta por Tang (2006)

Segundo Tang (2006) risco em cadeia de suprimentos é categorizado em dois tipos: Riscos operacionais e Riscos de ruptura.

Incertezas relacionadas à demanda do cliente, fornecimento e custo caracterizam o risco operacional. Já o risco de ruptura refere-se a incertezas causadas por fatores externos como desastres naturais e desastres causados pelo homem, crises econômicas, greves.

2.2.3.10 Classificação proposta por Wu, Blackhurst e Chidambaram (2006)

Wu; Blackhurst; Chidambaram (2006) definiram uma classificação do risco no fornecimento de suprimentos (*inbound supply*) através de uma revisão de literatura e de entrevistas com executivos de quatro indústrias: uma referente à montagem e distribuição de computadores, uma referente à fabricação de componentes de computadores, uma de tecnologia da informação e uma fábrica de alimentos.

Inicialmente existe uma divisão em duas categorias: interno e externo. Cada categoria é classificada em controlável, parcialmente controlável e incontrolável.

O risco interno controlável é originado da por fatores controláveis pela empresa como: qualidade, custo, entrega no prazo, capacidade/capacidade de produção, flexibilidade da produção, recursos tecnológicos, questões financeiras e de seguro e questões relacionadas à gestão.

O risco interno parcialmente controlável surge de problemas como acidentes (incêndio, acidentes com empregados, etc.), força do mercado, questões jurídicas internas (greve) e continuidade de suprimentos. A nível interno e incontrolável não foi identificado nenhum fator de risco.

Já na categoria externo, o risco controlável pode surgir, por exemplo, na seleção da próxima camada de fornecedores. O risco externo parcialmente controlável emerge de problemas com questões jurídicas (reclamações de clientes, situação de produto ou serviço, greve trabalhista de terceiros), imprevisibilidade da demanda e segurança.

Desastres naturais (terremoto, vulcão, inundação, etc.) ou ocasionados pelo homem (terrorismo), estabilidade econômica e política e características do mercado (crescimento do mercado, perda de contrato, baixa margem de lucro) caracterizam o risco externo incontrolável.

2.2.3.11 Classificação proposta por Wang e Yang (2007)

Wang; Yang (2007) classificam as causas das rupturas em duas categorias: risco externo e risco interno. Externo quando o risco provém da exposição a incertezas do ambiente externo e interno quando as incertezas emergem de dentro da cadeia. O risco externo é separado em político, econômico, cultural, técnico, natural e de demanda. Enquanto o interno é classificado

em logístico, de capital e de informação. O autor afirma que a categorização de riscos pode ajudar a identificar seus fatores, suas fontes e consequências.

O risco Político caracteriza-se pela imperfeição das leis, barreiras comerciais, rigorosas políticas ambientais, mudança de regime, guerra, terrorismo, depressão da economia mundial.

O risco Econômico ocorre devido à flutuação da taxa de câmbio. Já o risco Cultural surge da diferença cultural entre países. O risco técnico tem origem na incapacidade de acompanhar a rápida inovação de produtos.

O risco natural é proveniente de desastres naturais e variação dos aspectos climáticos. Finalizando os riscos externos, tem-se o risco de demanda que decorre do aumento do número de produtos substitutos e concorrentes.

Com origem na cadeia, o risco logístico advém da ineficiência no fluxo de matérias, como a utilização de infraestrutura de transporte e inventário obsoletos, falha nas operações de produção, falta ou falha em planos de contingências, fraudes. O risco de capital pode ocorrer devido a problemas no fluxo de capital, como um aumento na demanda de capital (aumento do preço de recursos), produtos não comercializáveis, não pagamento, baixo preço de ações. E o risco de informação tem origem na deficiência do fluxo de informação, como recebimento de informações (atitude hostil, incompatibilidade de informação, não padronização das informações), transferência de informação (distorção e/ou atraso), e no oportunismo (seleção adversa, fraude deliberada).

2.2.3.12 Classificação proposta por Manuj e Mentzer (2008)

Manuj; Mentzer (2008) afirmam que diferentes eventos de risco em cadeias de suprimentos globais estão ligados entre eles em padrões complexos em que um risco é influenciado pela ocorrência de outro ou influenciando o impacto de outros riscos. A partir de uma análise de vários autores e através de entrevistas com gestores de cadeias de suprimentos globais, encontraram que os eventos de risco que mais ocorrem são: Risco de moeda, Risco do tempo de trânsito, Risco de previsões, Risco de qualidade, Risco de segurança, Risco de ruptura do negócio, Risco de sobrevivência, Risco de propriedade de inventário e ferramentas, Risco de Cultural, Risco de dependência e oportunismo, e Risco de flutuação do preço do petróleo.

O risco de moeda ocorre quando há alterações nas taxas de câmbio. Já o risco de tempo de trânsito ocorre devido à alta variabilidade do tempo gasto no tempo de trânsito, incluindo tempo de transporte e apuramento no porto.

Quando há erros na previsão de demanda e, conseqüentemente, excesso ou falta de estoque, caracteriza-se o risco de previsão.

O risco de qualidade refere-se a problemas que afetem a qualidade do produto como um todo (defeitos, danos, produto errado). Ocorrem problemas também devido ao fato de que qualidade pode ter visões diferentes para cada fornecedor.

Com a globalização do mercado, produtos são distribuídos para empresas ao redor de todo o mundo. Muitas dessas empresas não implementam padrões de qualidade e segurança, e assim, os produtos produzidos por seus fornecedores podem causar riscos à segurança, caracterizando assim o risco de segurança.

O risco de ruptura se dá por questões que impeçam de produzir bens e vendê-los aos seus clientes. Enquanto o risco de sobrevivência se trata de problemas que envolvam a saída de uma empresa do negócio ou declare falência.

Uma empresa focal pode disponibilizar ferramentas á uma fornecedora de peças e, em determinado momento, pode decidir mudar de fornecedor por qualquer que seja o motivo (preço das peças fornecidas), exigindo assim o retorno das ferramentas que lhe foram disponibilizadas. Assim, a empresa focal precisa retomar a posse das ferramentas que foram disponibilizadas e que estão localizadas nas instalações de seu atual fornecedor. O risco de propriedade de inventário e ferramentas ocorre devido à confusão ou disputa pela propriedade/uso de estoque e/ou ferramentas que pode ocorrer devido a um problema como este apresentado.

O risco cultural decorre do desconhecimento sobre as pessoas, cultura e linguagem. O risco de dependência e oportunismo está ligado à habilidade de fornecedores e clientes agirem de forma oportunista. Por fim, o risco de flutuação do preço de petróleo está relacionado à sua cotação e o impacto que tem sobre vários custos, entre eles o de transporte.

2.2.3.13 Classificação proposta por Miccuci (2008)

Miccuci (2008), a partir de uma vasta revisão bibliográfica, definiu que uma cadeia de suprimento pode estar vulnerável a 11 tipos de risco, apresentados a seguir.

O Risco de Interrupções ocorre quando um evento qualquer afeta o abastecimento da cadeia, podendo ser este um atraso no fluxo produtivo, um desastre natural, greve de funcionários.

Risco de Suprimentos ocorre quando o processo de aquisição afeta as operações da cadeia. Como exemplo de eventos tem-se: aumento do preço de um produto, indisponibilidade de materiais em termos de quantidade ou qualidade.

Riscos Estratégicos originam da inexistência de uma visão gerencial e planejamento estratégico conjuntos, afetando a implementação estratégica do negócio. A diferença do cenário de planejamento horizontal entre os membros, o aumento do grau de verticalização na cadeia e de outsourcing são exemplos de eventos que podem impulsionar a ocorrência deste risco.

Quando a cadeia não consegue se manter de forma competitiva caracteriza-se o Risco de Inércia. Pode ser ocasionado pelo fato de não conseguir acompanhar uma mudança tecnológica ou de design exigida pelo mercado.

Risco de Demanda está associado com a má previsão de demanda e a demanda real, e pode ocorrer devido à sazonalidade, variedade do produto, incentivos, demanda exagerada em tempos de pouca procura.

Risco de Capacidade é decorrente do baixo grau de flexibilidade dos membros-chave perante a demanda. Pode ser ocasionado pelo fato de que um membro esteja operando em sua capacidade máxima ou bastante ociosa, pela inabilidade de alguns no planejamento e controle da produção e no gerenciamento de estoques.

Risco de Relacionamentos pode surgir da interação entre organizações dentro da cadeia de suprimentos. Alguns eventos que podem alavancar esse risco são: interações e cooperações aquém do desejável, perda de visibilidade, aumento do uso de parceiros logísticos e de outsourcing.

Risco Financeiro relaciona-se a fragilidade da cadeia perante as mudanças no mercado financeiro e/ou nos impostos, pela incapacidade de diminuir os custos do produto/serviço por algum membro.

Risco na Infraestrutura de Apoio emerge de problemas devido aos ativos e a infraestrutura necessária para a produção e distribuição dos produtos, e sistemas de informação. Os modos de distribuição, manuseio e transportes utilizados, a incompatibilidade ou quebra dos sistemas de informação de forma a não permitir a intercomunicação, a perda de ativos móveis são exemplos de eventos que podem ocasionar este risco.

Risco Regulatório/Legal é o risco devido à impossibilidade de atender a alguma restrição ambiental ou legal. Pode ocorrer devido à impossibilidade de recolher um produto usado, modificar o projeto do produto, melhorar algum processo da cadeia, exposição a litígios junto a outros membros da cadeia.

Por fim, o Risco ao Cliente está ligado aos medos e anseios do cliente, ocasionado, por exemplo, pelo não cumprimento da expectativa gerada ou pela obsolescência rápida de um produto, pela perda de confiança de um produto ou marca.

2.2.3.14 Classificação proposta por Tang e Tomlin (2008)

Segundo Tang; Tomlin (2008) há seis tipos riscos em cadeias de suprimentos: Risco de suprimentos; Risco de processo; Risco de demanda; Risco de propriedade intelectual; Risco Comportamental; e Risco Político/Social.

A tendência em reduzir a base de fornecedores diretos tem sido uma estratégia utilizada para reduzir custos e facilitar o gerenciamento de relacionamento com fornecedores. Embora possa ser vantajoso para a empresa, esta permanecerá mais exposta ao risco de suprimentos. O risco de suprimentos pode ser de dois tipos: Risco do custo de suprimentos e risco de comprometimento de suprimentos. O primeiro refere-se à falta de controle sobre o preço de aquisição de certo produto ou serviço devido à base reduzida de fornecedores. Já o segundo está relacionado aos acordos desenvolvidos entre uma empresa e seu fornecedor.

O risco de processo refere-se a questões que causem flutuações na capacidade e qualidade das operações internas de uma organização. Por sua vez, a imprevisibilidade tanto do volume quanto a variedade (*mix*) de produtos que será demandado pelo mercado caracterizam o risco de demanda.

Outra tendência que incide em uma maior propensão ao risco é a terceirização. Se por um lado trás benefícios como a redução de custo, por outro lado dificulta a proteção sobre a propriedade intelectual, o que emerge a possibilidade de ocorrência do risco de propriedade intelectual.

Com o aumento do número de membros da cadeia menor é a visibilidade e o controle sobre ela, gerando certa desconfiança em compartilhar informações importantes como previsão de demanda, *Lead time* e nível de estoque dos membros. Isso pode gerar um comportamento danoso ao longo de toda cadeia, caracterizando assim o risco comportamental.

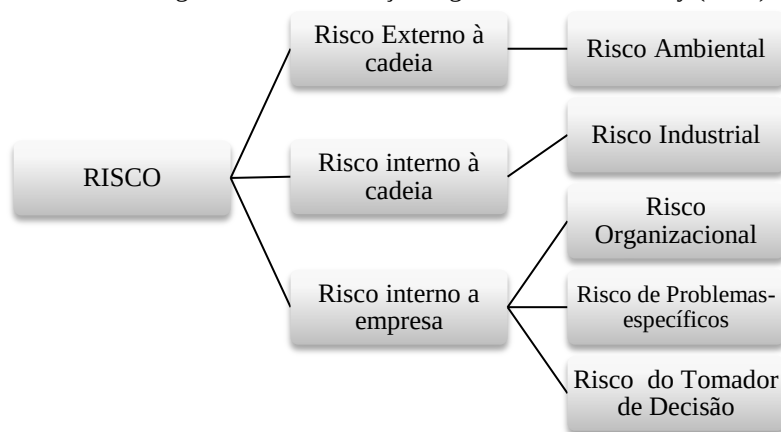
Por último, devido à presença de membros em vários locais do mundo, uma cadeia está sujeita a riscos político/social, como por exemplo, batalhas políticas entre países.

2.2.3.15 Classificação proposta por Rao & Goldsby (2009)

Baseado em Ritchie e Marshall (1993), o autor aponta que os riscos emergem de um ou mais fontes: Fatores ambientais; fatores Industriais, fatores organizacionais, fatores de problema específico e fatores relacionados ao tomador de decisão (gestor).

Embora o autor não apresente uma classificação abordando a fonte do risco, verifica-se, a partir das definições apresentadas, que o risco ambiental foge ao controle da cadeia, caracterizando-se como um risco externo a cadeia. Já o risco industrial pode ser considerado como um risco interno a cadeia e os riscos organizacional, de problema-específico e de tomada de decisão podem ser definidos como risco interno a organização. Esta abordagem é ilustrada na Figura 15.

Figura 15 - Classificação segundo Rao & Goldsby (2009)



Fonte: Adaptado Rao; Goldsby (2009).

O risco ambiental é composto por variáveis que afetam um contexto global de negócios. É constituído de incertezas políticas e mudanças na política governamental, incertezas macroeconômicas, sociais e da natureza.

O risco industrial está relacionado aos eventos que afetam segmentos específicos da indústria. Elementos que impulsionam este tipo de risco são: incertezas sobre o mercado dos recursos de entrada acerca da aquisição de quantidade e/ou qualidade apropriada para o processo de produção (por exemplo: mudanças do processo de produção ou flutuações na demanda de outros usuários pelo mesmo recurso); incertezas ligadas às variações na demanda de determinado produto (imprevisibilidade da demanda) devido à mudança das preferências do consumidor ou a disponibilidade de produtos substitutos e complementares; e incertezas proporcionadas pelo nível de competitividade como o grau concorrência entre as empresas existentes e potenciais entrantes no mesmo setor.

Já o risco organizacional é definido por incertezas que ocorrem em cada membro específico da cadeia, mas que afeta toda ela. É caracterizado por problemas que se referem à operação (greve, falha de máquinas, etc.), responsabilidade social e ambiental, pesquisa e desenvolvimento (P&D), crédito (fluxo de caixa) e comportamento com os outros integrantes da cadeia.

Risco de problema-específico é determinado pelas incertezas geradas pela forma como cada empresa gerencia seus riscos. Fatores que influenciam este risco são: a estrutura global de risco e a compreensão das variáveis-chave e as inter-relações envolvidas; a influência dos objetivos e restrições sob a resolução de problemas; e a complexidade de tomar decisão devido as várias dimensões que esta possui. Como exemplo pode-se citar a terceirização de um processo de negócio, que reduz o risco individual de uma empresa, mas que, ao reduzir o controle sobre o processo, aumenta a vulnerabilidade da cadeia.

Por fim, o risco de tomada de decisão caracteriza-se pelo risco proporcionado por uma tomada de decisão, individual ou em grupo, dentro de uma organização. Alguns elementos que podem emergir este tipo de risco são: o nível de conhecimento, habilidade, experiência ou viés sobre questões relacionadas a risco; a forma com que os gestores buscam informação; regras e procedimentos institucionais para a atividade de tomada de decisão; racionalidade limitada dos gestores.

2.2.3.16 Classificação proposta por Qun (2010)

Segundo Qun (2010) o risco na cadeia de suprimentos é gerado por incertezas. Destarte, o autor argumenta que as incertezas surgem de quatro aspectos: Incertezas em empresas membro; Incerteza de empresa membro interna; Incertezas de demanda do mercado; e Incerteza no ambiente externo.

As incertezas em empresas membro são motivadas nas interligações entre as empresas membros da cadeia de suprimentos devido a problemas nos sistemas de gerenciamento logístico e da informação, barreiras de transporte e outros problemas que atrasam a informação. Ao ocorrer um atraso de informação acarretará em uma inadequada comunicação entre os membros sobre o que produzir e, por conseguinte, diferenças nas necessidades dos clientes.

No caso das incertezas de empresa membro interna os fatores que a manifestam e a definem são os problemas que incidem na paralisação do processo de produção, resultando em níveis de produção distintos ao longo da cadeia e, portanto, desbalanceamento da

produção e dificuldades de coordenação. O autor afirma ainda que cadeia inteira terá sua estabilidade afetada.

Fatores como variedade e homogeneização de produtos fazem com que os consumidores façam escolhas diferentes facilmente. A cadeia de suprimentos opera em um mercado baseado na demanda, onde todas as atividades ao longo dela são baseadas em previsões acuradas de vendas e suprimentos. Ao estar em um ambiente onde a demanda é bastante imprevisível, temos que caracterizado a incerteza de demanda do mercado.

Já a incerteza do ambiente externo é determinada por eventos do ambiente externo (desastres naturais, instabilidade política, guerra, etc.) que podem afetar a estabilidade da cadeia inteira.

Verificada a existência de lacunas nas classificações apresentadas, na seção 4.1 faz-se uma discussão sobre as classificações pesquisadas que serviu de base para propor uma classificação própria, apresentada no Quadro 55.

A etapa do gerenciamento de risco subsequente à identificação é a avaliação do risco, a qual consiste em levantar dados para análise e avaliação do risco com relação a seu impacto e probabilidade. Assim, seguem na seção 2.3 métodos que se adequam abordagem utilizada neste trabalho para avaliar o impacto do risco e na seção 2.4 as distribuições de probabilidade que podem servir para mensurar a probabilidade. De maneira combinada, as seções 2.3 e 2.4 deram suporte no desenvolvimento de uma metodologia para priorização do risco.

2.3 Métodos para Avaliação do Impacto do Risco

Como abordado ao longo do trabalho, o risco é composto de impacto e probabilidade que, após avaliados e combinados, permitem priorizar o risco segundo seu nível de criticidade. Para avaliação do impacto é sugerido por alguns autores (DE LA ROCQUE; LOBO, 2005; WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; WATERS, 2007a; WANG; YANG, 2007; TSAI; LIAO; HAN, 2008; DANI, 2009; JÜTTNER; ZIEGENBEIN, 2009) integrar aspectos qualitativos e quantitativos. As abordagens utilizadas até então para avaliação do risco utilizam em sua maioria aspectos qualitativos (HALLIKAS et al., 2004; WU; BLACKHURST; CHIDAMBARAM, 2006; WELBORN, 2007; TSAI; LIAO; HAN, 2008; ASBJORNSLETT, 2009; JÜTTNER; ZIEGENBEIN, 2009; ZHANG; CHAI, 2010; XIA; CHEN, 2011), ou seja, julgamentos. Isto ocorre devido à dificuldade em obter números acurados, representado principalmente pelo custo, para indicar o impacto dos vários tipos de risco, pois alguns deles são de difícil mensuração.

Desse modo, sugeriu-se então representar o custo (impacto) sob a perspectiva de vários indicadores ou critérios quantitativos (possíveis de serem mensurados) e qualitativos (a partir de julgamentos dos decisores) para avaliar o impacto dos riscos. Logo, verificou-se a necessidade de utilizar métodos da teoria da decisão que permitem avaliar o impacto do risco através de vários indicadores, ou seja, métodos de análise multicritério.

Segundo Costa (2002), o nível de competição atual exige maior eficiência, eficácia e flexibilidade na tomada de decisão. Gomes; Gomes; Almeida (2006) definem teoria da decisão como “conjunto de procedimentos e métodos de análise que procuram assegurar a coerência, eficácia e eficiência das decisões tomadas em função das informações disponíveis, antevendo cenários possíveis”. Os autores salientam ainda que o ser humano tem capacidade cognitiva limitada, logo possui capacidade reduzida para compreender e processar todas as informações que recebe, tornando muito importante o uso de ferramentas para auxiliá-lo na tomada de decisão.

Nesse intuito, as ferramentas da teoria da decisão procuram transformar problemas complexos em problemas simples, ajudando os tomadores de decisão a não empregar tanto tempo e dinheiro na resolução dos mesmos (COSTA, 2002). Assim, quanto mais complexo é o problema a ser resolvido, mais importante será o uso de ferramentas da teoria da decisão. O autor acrescenta ainda que um problema de decisão caracteriza-se pela necessidade de avaliação de um conjunto de alternativas e classifica o problema de decisão em:

- a) Escolha: escolher uma alternativa dentre várias viáveis;
- b) Classificação: classificar um conjunto de alternativas em subconjuntos;
- c) Ordenação: ordenar as alternativas segundo algum critério;
- d) Classificação ordenada: Classificar um conjunto de alternativas em subconjuntos ordenados, ou em classes de referência ordenadas;
- e) Priorização: estabelecer uma ordem de prioridades.

A eficácia de um modelo de decisão depende de quanto ele se aproxima da realidade do problema em questão. Sua função é processar informações para auxiliar na tomada de decisão, independente da classificação de problema a ser solucionado. O esforço e o tipo de análise utilizados neste processo são função da relevância da decisão e das restrições associadas ao problema (tempo, dinheiro, disponibilidade de dados e complexidade do problema).

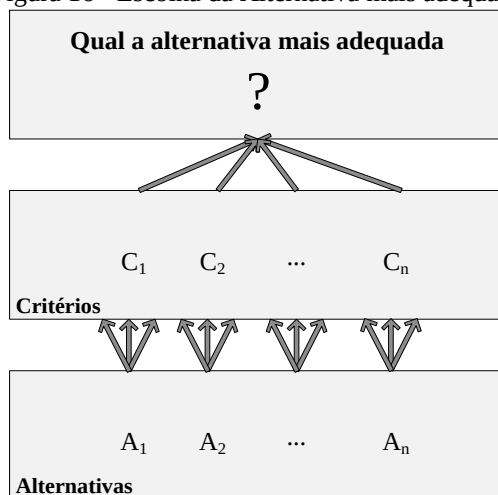
Uma das ferramentas da teoria da decisão é a análise multicritério. Segundo Silva; Belderrain (2005) a análise de decisão multicritério tem o objetivo de auxiliar o tomador de decisão na resolução de problemas nos quais vários são os objetivos a serem alcançados de

forma simultânea, pois o processo de tomada de decisão é usualmente complexo no ambiente empresarial. Afirmam ainda que o processo de tomada de decisão consiste de cinco etapas:

- a) Definir as alternativas de escolha;
- b) Definir os critérios relevantes para o problema de decisão;
- c) Avaliar as alternativas em relação aos critérios;
- d) Avaliar a importância relativa de cada critério;
- e) Determinar a avaliação global de cada alternativa.

A análise de problemas caracteriza-se por abordar a solução de problemas a partir de vários critérios, como apresentado na Figura 16.

Figura 16 - Escolha da Alternativa mais adequada



Fonte: Adaptado de Costa (2002)

Na visão de Gomes; Gomes; Almeida (2006), os métodos multicritério têm o objetivo de “apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas-solução, em diferentes espaços” e não de eleger uma solução única e inquestionável.

A estes tipos de métodos são atribuídas várias nomenclaturas: Análise de Decisões com Múltiplos Critérios (ADMC), Auxílio Multicritério à Decisão (AMD), *Multi Attribute Decision Making* (MADM), *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), *Multiple Objective Decision Aiding* (MODA), *Multi Objective Decision Making* (MODM) e *Multi Criteria Decision Aid* (MCDA) (COSTA, 2002; GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2006).

Gomes; Gomes; Almeida (2006) apresentam algumas características da abordagem multicritério:

- a) Processos decisórios complexos e compostos pelo envolvimento de vários atores que definem os aspectos relevantes do processo de decisão;
- b) Cada ator tem a sua subjetividade (juízo de valor);

- c) Reconhece os limites da objetividade e considera as subjetividades dos atores;
- d) Tem como pressuposto que o problema não está claramente definido nem bem estruturado.

Um aspecto relevante listado nas características da abordagem multicritério é a utilização de aspectos subjetivos definidos pelos atores, visto que muitos critérios são difíceis de avaliar objetivamente. Além disso, essa subjetividade possibilita que decisores analisem diferentes soluções para um mesmo problema.

A seguir são apresentados cinco métodos de Auxílio Multicritério à Decisão: AHP, ANP, MACBETH, família SMART e família ELECTRE.

2.3.1 AHP

Considerado um dos mais conhecidos métodos de AMD, e talvez o mais utilizado no mundo, o Método de Análise Hierárquica (AHP - *Analytic Hierarchy Process*) é uma ferramenta proposta por Saaty na década de 70 que busca melhorar o processo de tomada de decisão (GOMES; GOMES; ALMEIDA, 2006). Seu objetivo é selecionar alternativas considerando diferentes critérios de avaliação (COSTA, 2002). Silva (2006) afirma que com AHP o gestor pode fazer julgamentos e priorizar critérios a partir de pesos que lhes são atribuídos.

Segundo Saaty (1990) o AHP é “uma abordagem de tomada de decisão multicritério no qual fatores são arranjados em uma estrutura hierárquica”.

Para Saaty; Sodenkamp (2010) a principal preocupação do AHP é como medir a intangibilidade. Acrescentam ainda que o método reduz um problema multidimensional a um problema unidimensional.

Segundo Silva; Belderrain (2005) o AHP é estruturado sobre sete pilares, apresentados no Quadro 24.

Quadro 24 - Os sete Pilares do AHP

PILARES	CARACTERIZAÇÃO
Escalas de Razão, proporcionalidade e escalas de razão normalizada.	São essenciais para a geração de síntese de prioridades, além de ser a única maneira de generalizar uma teoria de decisão para o caso de dependência e <i>feedback</i> , pois podem ser somadas e multiplicadas quando pertencem a mesma escala.
Comparações Recíprocas par a par	Permite expressar o grau de preferência de uma alternativa sobre outra em um determinado critério, através de escala numérica, da qual o principal autovetor de prioridades é derivado.
Sensibilidade do principal autovetor direito	A sensibilidade do principal autovetor direito a perturbações em julgamentos limita o número de elementos em cada conjunto de comparações e requer que os elementos sejam homogêneos. O autovetor esquerdo é significativo e recíproco. Devido à escolha da unidade como um dos dois elementos em uma comparação par a par, não é possível obter o principal autovetor esquerdo através de comparações par a par quando o elemento dominante não pode ser decomposto. Como resultado, para perguntar quão menor é um elemento em relação a outro, deve-se tomar o recíproco perguntando quão maior o outro elemento é.
Homogeneidade e clusterização	Usadas para estender a escala fundamental gradualmente, de <i>cluster a cluster</i> , para aumentá-la de 1-9 até 1- ∞ .
Síntese que pode ser estendida para dependência e <i>feedback</i>	É aplicada para determinar a escala de razão unidimensional, a partir das escalas de razão de cada critério, para representar a avaliação global de cada alternativa. A síntese das escalas na estrutura de decisão pode somente ser feita através da adição ponderada do valor de cada escala.
Preservação e irreversibilidade de ordem	A preservação e a reversibilidade de ordem podem ser mostradas sem adicionar ou remover nenhum critério, apenas introduzindo cópias de uma alternativa. Dessa forma nota-se que a reversibilidade de ordem é tão intrínseca à tomada de decisão quanto é a preservação de ordem.
Decisões em grupo	A decisão de cada membro do grupo deve ser integrada uma por vez, de maneira matemática, podendo ser levados em consideração a experiência, o conhecimento e o poder de cada pessoa dentro do grupo, sem que seja necessário um consenso ou a decisão da maioria.

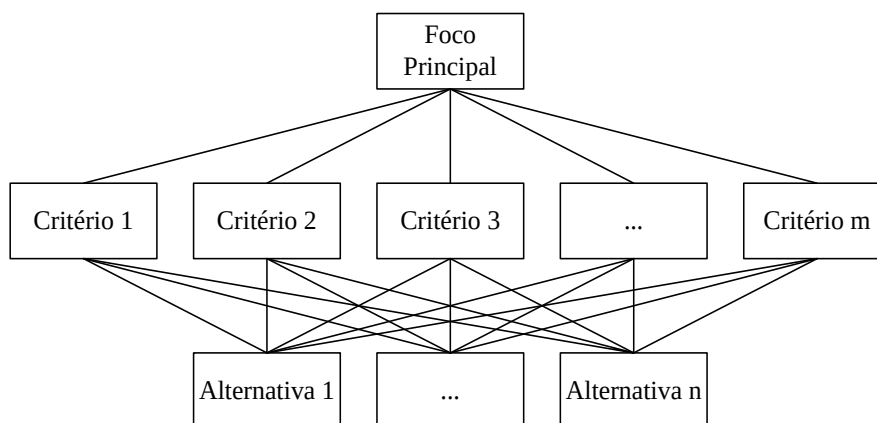
Fonte: Adaptado de Silva; Belderrain (2005)

Saaty (2008) divide o método em quatro fases: Definir o problema e determinar o tipo de conhecimento procurado; Estruturar o problema seguindo uma estrutura hierárquica; Desenvolver uma comparação par a par dos julgamentos; Estabelecer o índice global de prioridades.

A segunda etapa, denominada construção de hierarquia, objetiva identificar o foco principal (nível mais alto), os critérios e subcritérios (caso existam), e as alternativas viáveis. Na Figura 17, por exemplo, são apresentados apenas três níveis hierárquicos, o foco principal no primeiro nível, os critérios no segundo nível e as alternativas no terceiro nível.

Quando se constrói uma hierarquia devem-se incluir detalhes suficientemente relevantes para representar o problema tão minuciosamente quanto possível, mas não tão minuciosamente que faça perder a sensibilidade ao mudar nos elementos; considerar o ambiente que circunda o problema; identificar questões ou atributos que contribuam para a solução; e identificar os participantes associados com o problema (SAATY, 1990).

Figura 17 - Exemplo de Estrutura Hierárquica



Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (2006)

A terceira fase refere-se à aquisição de dados ou coleta de julgamentos de valor emitidos por especialistas, para comparação par a par utilizando a escala apresentada no Quadro 25. Quanto maior o valor atribuído, maior a importância ou dominância de um elemento relativo a outro com respeito a um critério ou propriedade ao qual foram comparados. Cada elemento em um nível mais alto é usado para comparar os elementos no nível imediatamente abaixo relacionado a ele. Este método de comparação que usa escalas é denominado modelo relativo (*Relative Model*) (SAATY, 2008).

Em seu trabalho, Salomon (2004) utiliza, em uma aplicação do AHP, além das escalas de julgamento do Quadro 25, valores quantitativos reais que representam o desempenho das alternativas para determinado critério (preço). Para tal é necessário normalizá-los, dividindo o desempenho de uma alternativa pela soma dos desempenhos no critério.

No exemplo do critério preço, como é um atributo quantitativo e inverso (quanto maior o preço pior a alternativa), a normalização é realizada em duas etapas: havendo as alternativas A, B e C, e o preço de cada um deles R\$ 15,00, R\$ 20,00 e R\$ 17,00, deve-se, na primeira etapa, dividir a soma dos preços pelo preço de cada critério individualmente (exemplo: $52 \div 15 = 3,47$); Na segunda etapa repete-se o procedimento, só que agora desenvolvendo a divisão entre o valor obtido e o valor resultante da soma dos resultados (exemplo: $3,47 \div 9,13 = 38\%$).

Outra forma de obter prioridades para as alternativas é estabelecendo categorias (alto, médio e baixo, por exemplo) para cada critério e priorizar as categorias comparando-as par a par por preferência, denominado modelo de avaliação (*Rating Model*). Neste caso, após desenvolver a comparação par a par utilizando o modelo relativo, para obtenção das prioridades idealizadas deve-se dividir a prioridade encontrada para cada categoria pela maior prioridade dentre elas (SAATY, 2006a; SAATY, 2006b; SAATY, 2008).

Quadro 25 - Escala de importância

INTENSIDADE	DEFINIÇÃO	EXPLICAÇÃO
1	Igual Importância	Ambas contribuem igualmente ao objetivo.
2	Fraca ou leve importância	
3	Moderada importância	Experiência e julgamento levemente favoráveis a uma atividade sobre a outra.
4	Mais moderado	
5	Forte Importância	Experiência e julgamento fortemente favoráveis a uma atividade sobre a outra.
6	Mais forte Importância	
7	Muito forte ou importância demonstrada	Uma atividade é favorecida fortemente sobre a outra; seu domínio é demonstrado na prática.
8	Muitíssimo forte	
9	Extrema importância	A evidência favorecendo uma atividade sobre a outra é de uma afirmação da mais alta ordem possível.
1.1 à 1.9	Quando atividades são muito próximas, um decimal é adicionado a 1 para mostrar a diferença como apropriado.	Talvez uma melhor forma do que assinalar números decimais seja comparar duas atividades muito próximas com outras amplamente contrastantes, favorecendo a atividade maior um pouco mais do que a atividade menos quando usando valores de 1 a 9.
Recíproco dos valores acima	Se atividade i tem um número acima assinalado a ele (diferente de zero) quando comparado com a atividade j , então j tem o valor recíproco quando comparado com i .	Um pressuposto lógico.

Fonte: Adaptado de Saaty; Sodenkamp (2010)

Inicialmente os valores julgados na comparação dos elementos são apresentados em forma de matriz, denominada matriz de comparação “A” (Quadro 26).

Quadro 26 - Matriz de Comparação “A”

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	1	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	$\frac{1}{a_{12}}$	1	...	a_{2n}
...	-	-	-	-
A_n	$\frac{1}{a_{1n}}$	$\frac{1}{a_{2n}}$	...	1

Fonte: Saaty; Sodenkamp (2010)

Posteriormente, é calculada a prioridade de cada elemento em relação ao nível acima. Para isso, são calculados o autovetor e o autovalor normalizado. Saaty (1977 *apud* SILVA, 2006, p. 119) argumenta que o autovetor define a hierarquia dos atributos. Silva e Belderrain (2005) acrescentam que o autovetor mostra a dominância de cada elemento relativo a outro para um determinado critério.

O autovetor da matriz é calculado a partir da Equação 1:

$$W_i = \left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{1/n} \quad (1)$$

Sendo a_{ij} os valores julgados e preenchidos na matriz de comparação, W_i o autovetor calculado que se refere a cada elemento, i o índice que designa a posição na linha e j o índice que representa posição na coluna da matriz.

O autovetor deve ser normalizado para que a soma seja igual a 1. Para normalizá-lo, calcula-se a proporção de cada elemento W_i em relação à soma conforme Equação 2:

$$T = \left[\frac{W_1}{\sum_{i=1}^n W_i}; \quad \frac{W_2}{\sum_{i=1}^n W_i}; \quad \dots \quad \frac{W_n}{\sum_{i=1}^n W_i} \right] \quad (2)$$

Tem-se que $T = [T_1; \quad T_2; \quad \dots \quad T_n]$.

Para analisar o índice de consistência do resultado, inicialmente calcula-se o autovalor ($\lambda_{máx}$). O autovalor é obtido a partir do produtório entre cada elemento do autovetor normalizado (T) e a soma dos elementos de cada coluna da matriz de comparações conforme Equação 3:

$$\lambda_{máx} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n \left(\frac{a_{ij} \times T_i}{T_i} \right) \right] \quad (3)$$

Em seguida é calculado o Índice de consistência (IC), sendo n a ordem da matriz, como apresentado na Equação 4:

$$IC = \frac{(\lambda_{máx} - n)}{(n - 1)} \quad (4)$$

E, por fim, calcula-se a razão de consistência (RC), a partir da Equação 5, definida pela razão entre o IC e um índice de Consistência Aleatória (CA):

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (5)$$

O índice de CA é obtido a partir de uma amostra de até 500 matrizes recíprocas positivas geradas aleatoriamente, com ordem n de no máximo igual a 11, apresentado na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores de CA em função da ordem de matriz

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
CA	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51

Fonte: Pamplona (1999)

Caso o resultado da razão de consistência apresente valor maior que 0,10, devem ser feitas revisões na matriz de comparações até que se obtenha um valor menor ou igual a este.

Seguindo como exemplo os três níveis hierárquicos apresentados na Figura 17, essa sequência de cálculo é realizada primeiramente fazendo-se uma análise entre os critérios, definindo entre eles qual tem o maior peso sobre o foco principal e, posteriormente, fazendo-se uma comparação das várias alternativas sob a perspectiva de cada critério, definindo qual alternativa tem melhor desempenho/importância em relação a cada critério (SAATY, 1990).

Na quarta fase é calculado o índice de prioridade global, ao analisar as alternativas sob o aspecto de todos os critérios simultaneamente. O índice global de cada alternativa é definido pelo somatório do produto entre o autovetor normalizado de cada critério (inter critério) e o autovetor normalizado da alternativa para cada critério (intra critério), como pode ser mais bem visualizado no Quadro 27.

Quadro 27 - Prioridades Locais e Globais						
		Autovetor Normalizado – Inter critério				Índice Global
		Critério 1 (T_{c_1})	Critério 2 (T_{c_2})	...	Critério m (T_{c_m})	
Autovetor Normalizado Intra critério	Alternativa 1	$T_{A_1C_1}$	$T_{A_1C_2}$	...	$T_{A_1C_m}$	$\sum_{j=1}^m [(T_{A_1C_j}) \cdot (T_{c_j})]$
	Alternativa 2	$T_{A_2C_1}$	$T_{A_2C_2}$	...	$T_{A_2C_m}$	$\sum_{j=1}^m [(T_{A_2C_j}) \cdot (T_{c_j})]$
	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	Alternativa n	$T_{A_nC_1}$	$T_{A_nC_2}$	...	$T_{A_nC_m}$	$\sum_{j=1}^m [(T_{A_nC_j}) \cdot (T_{c_j})]$

Fonte: Elaboração Própria

Onde:

T_{c_j} = Autovetor normalizado do critério j ;

$T_{A_iC_j}$ = Autovetor normalizado da alternativa i no critério j .

O índice global permitirá analisar o grau de importância de cada alternativa sob o foco do problema, auxiliando assim o gestor(es) tomar(em) a decisão que achar(em) mais cabível.

• EXEMPLO

Para melhor entendimento do método, a seguir será apresentado um exemplo retirado de Saaty (2008).

Três elementos compõem a decisão: Objetivo, Critérios e Alternativas.

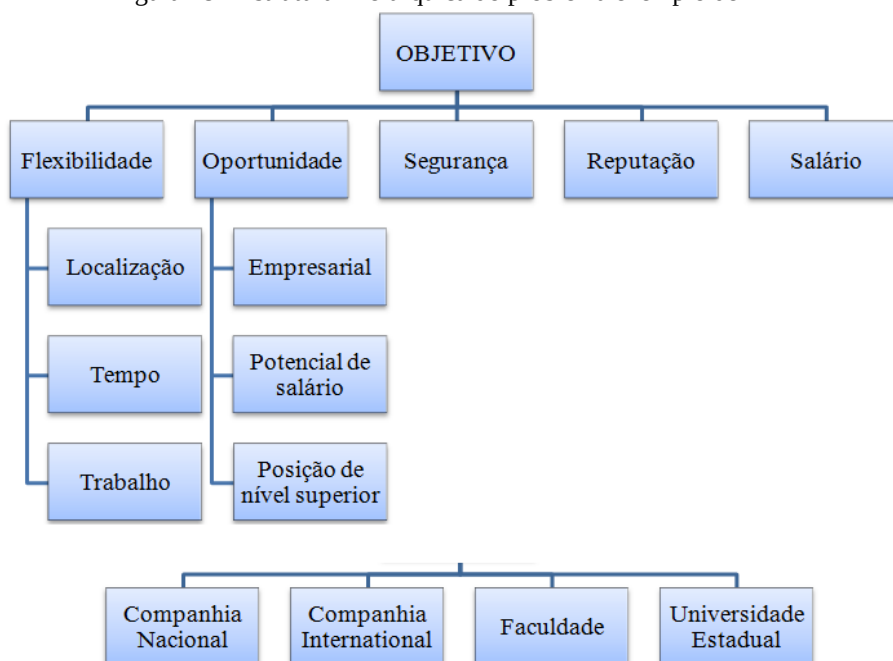
- Objetivo da decisão: Selecionar o melhor tipo de emprego após ele ou ela terminar seu PhD;

- Alternativas: Trabalhar em uma das duas companhias ou em uma das duas instituições de ensino,

- Critérios: Flexibilidade (Localização, Tempo, Trabalho), Oportunidade (Empresarial, Potencial de salário, Posição de nível superior), Segurança, Reputação e Salário.

Estes elementos são resumidos na Figura 18.

Figura 18 - Estrutura Hierárquica do problema exemplo de AHP



Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

Existem, a partir da estrutura apresentada na Figura 18, doze matrizes de comparação par a par: Um dos critérios com relação a meta, duas para os subcritérios (dos critérios de flexibilidade e oportunidade) e nove matrizes para comparar as alternativas com relação a cada critério ou subcritério relacionado a ele. A Figura 19 apresenta três destas doze matrizes de comparação.

Figura 19 - Matrizes de comparação do problema exemplo de AHP
Matriz de Comparação par a par dos Critérios principais com relação ao objetivo

	Flexibilidade	Oportunidades	Segurança	Reputação	Salário	Prioridades
Flexibilidade	1	1/4	1/6	1/4	1/8	0,036
Oportunidades	4	1	1/3	3	1/7	0,122
Segurança	6	3	1	4	1/2	0,262
Reputação	4	1/3	1/4	1	1/7	0,075
Salário	8	7	2	7	1	0,506

Matriz de Comparação par a par para os subcritérios de Flexibilidade

	Localização	Tempo	Trabalho	Prioridades
Localização	1	1/3	1/6	0,091
Tempo	3	1	1/4	0,218
Trabalho	6	4	1	0,691

Matriz de Comparação par a par para as Alternativas com relação ao aumento potencial no salário

	Cia. Nacional	Cia. Intern.	Faculdade	Univ. Estadual	Prioridades
Cia. Nacional	1	4	3	6	0,555
Cia. Internacional	1/4	1	3	5	0,258
Faculdade	1/3	1/3	1	2	0,124
Univ. Estadual	1/6	1/5	1/2	1	0,064

Fonte: Adaptado de Saaty (2008)

O processo de comparação de todas as matrizes é realizado comparando, um a um, os elementos listados em cada linha da matriz com cada elemento nas colunas. Para obtenção das prioridades foi utilizada a Equação 1 e em seguida a Equação 2.

Em seguida desenvolve-se a análise de consistência. Como exemplo será calculado, com base nos dados apresentados na Figura 19, a razão de consistência (RC) para a matriz de comparação de subcritérios referentes ao critério Flexibilidade.

Primeiro calcula-se o autovalor ($\lambda_{máx}$) através da Equação 3.

$$\lambda_{máx} = \frac{1}{3} \left[\frac{1 \times 0,091 + \frac{1}{3} \times 0,218 + \frac{1}{6} \times 0,691}{0,091} + \frac{3 \times 0,091 + 1 \times 0,218 + \frac{1}{4} \times 0,691}{0,218} + \frac{6 \times 0,091 + 4 \times 0,218 + 1 \times 0,691}{0,691} \right]$$

Assim, tem-se que $\lambda_{máx} = 3,053642$.

Em seguida, com $n=3$ (índice da matriz), calcula-se o índice de consistência (IC), conforme Equação 4.

$$IC = \frac{(3,053642 - 3)}{(3 - 1)} = 0,026821$$

Para finalizar a análise de consistência, sabendo-se, a partir da Tabela 1, que CA=0,58, pode ser calculada a razão de consistência (RC) conforme Equação 5.

$$RC = \frac{0,026821}{0,58} = 0,046243$$

Como $RC = 0,046243 \leq 0,10$, conclui-se que a matriz de comparações é coerente. Este mesmo procedimento deve ser realizado para todas as matrizes de comparações. Segue-se então para a fase de cálculo de índice global de prioridade das alternativas.

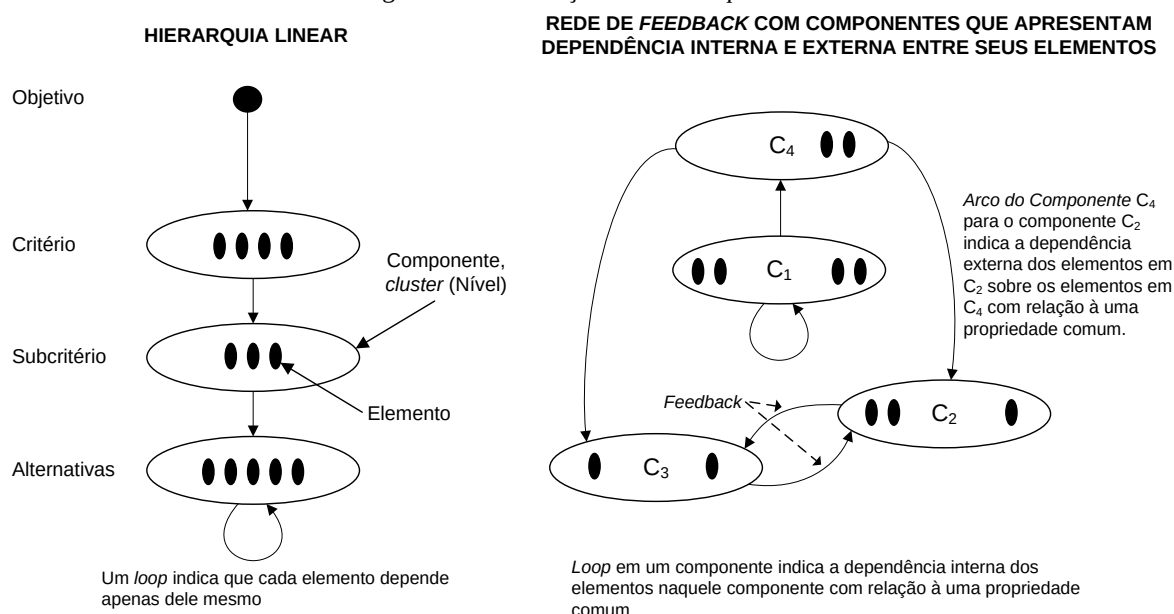
O cálculo do índice global de prioridade de cada alternativa é realizado seguindo o Quadro 27. Primeiro calcula-se o índice local obtido através da multiplicação entre o Índice de Prioridade do Critério, índice de prioridade subcritério (caso exista) e o peso de cada alternativa (desempenho da alternativa em cada critério ou subcritério). A soma de todos os índices locais de cada alternativa determina o índice global.

Utilizando como exemplo o critério Flexibilidade (0,122), subcritério Localização (0,091) e o peso da alternativa Companhia Doméstica neste subcritério (0,295), obtém-se um índice de prioridade local de 0,0033. O mesmo procedimento é realizado para todos os critérios e subcritérios.

2.3.2 ANP

Desenvolvido por Saaty, o ANP (*Analytic Network Process*) é considerado uma generalização do método AHP. Diferencia-se pelo fato de que o ANP usa uma estrutura de rede, além de permitir relações de dependências entre elementos. Influência é a palavra-chave do ANP (SAATY, 1999). Esta diferença pode ser visualizada através na Figura 20.

Figura 20 - Diferença entre hierarquia e rede



Fonte: Adaptado de Saaty (2004)

Segundo Saaty (2004), uma hierarquia é uma estrutura linear com *feedback* dos níveis inferiores com os níveis superiores, ou seja, qualquer *cluster* ou conjunto de elementos que

influenciam outro grupo não é influenciado por qualquer outro grupo. Já a estrutura de rede, na qual os *clusters* não são arranjos seguindo uma hierarquia, permite a análise de influência em todas as direções entre os *clusters*.

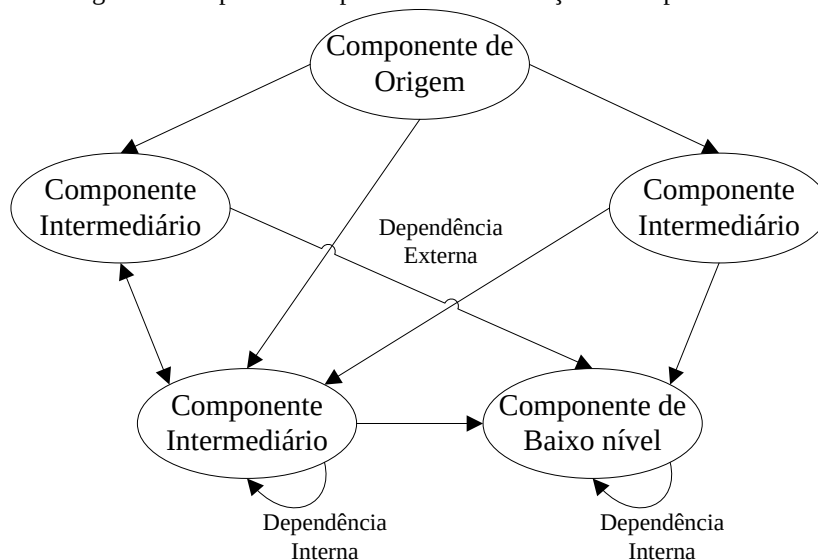
Esta diferença pode ser considerada importante, pois, conforme Saaty (2006, p. 7)

“(...) muitos problemas de decisão não podem ser estruturados hierarquicamente porque envolvem a interação e dependência de elementos de um nível mais alto sobre elementos de nível mais baixo. Não só a importância do critério determina a importância das alternativas como em uma hierarquia, mas também a importância das alternativas entre si determinam a importância do critério.”

Nascimento; Silva; Belderrain (2008) afirmam que ao permitir a análise de dependência entre elementos, o problema é realizado com maior proximidade da realidade.

Segundo Silva; Nascimento; Belderrain (2010), uma rede é uma estrutura não-linear que se expande em todas as direções, possui *clusters* não organizados em uma ordem pré-definida e apresenta relações de influência (ou dependência) que são transmitidas dentro de um mesmo conjunto de elementos (dependência interna - *inner dependence*) e também entre conjuntos (dependência externa - *outer dependence*). Pode haver também três tipos de componentes de acordo com a direção da dependência existente entre eles: Componente de origem; componente intermediário e componente de mais baixo nível (SAATY, 2006b). Estas relações podem ser visualizadas na Figura 21.

Figura 21 - Tipos de componentes e suas relações de dependência



Fonte: Adaptado de Saaty (2006b)

Silva; Oliveira; Belderrain (2010) decompõem o método em três etapas: Formulação do problema, julgamentos; e desenvolvimento algébrico. Cada uma das etapas é dividida em alguns passos, como será apresentado a seguir:

Etapa 1 – Formulação do Problema de decisão

a) Passo 1: Estruturação do Problema;

Consiste na definição do objetivo do processo decisório, *cluster* ou grupos, elementos ou nós e as alternativas para resolução do problema. O objetivo resume o propósito da tomada da decisão, os *clusters* são definidos como os grupos de elementos de característica comum, os elementos são as unidades básicas da rede, e as alternativas são as potenciais soluções (SILVA; OLIVEIRA; BELDERRAIN, 2010).

b) Passo 2: Construção da rede;

Refere-se ao estabelecimento de relações de dependência e *feedback* entre os elementos dos *clusters*. O termo dependência significa que o desempenho de um elemento influencia o desempenho de outro elemento. Quando estes elementos se influenciam, há uma relação de *feedback*. Estas relações podem ser mais bem visualizadas através das matrizes de binários, denominadas matriz de alcance global e matriz de alcance local (SILVA; OLIVEIRA; BELDERRAIN, 2010).

As matrizes de alcance são matrizes binárias que apresentam a existência ou não de dependência na rede. A matriz de alcance global apresenta a dependência entre os grupos distintos (Quadro 28) e a matriz de alcance local a dependência entre os elementos de dentro dos grupos (Quadro 29). Quando forem considerados independentes introduz-se na matriz o valor zero, caso haja dependência aloca-se o valor 1 (SALOMON, 2004; SILVA *et al.*, 2009). Denominam-se C_h ($h = 1, 2, \dots, N$) os *clusters* e $e_{h n_h}$ os seus respectivos elementos.

Quadro 28 - Matriz de alcance global genérica

CLUSTERS	C_1	C_2	...	C_N
C_1				
C_2				
$\vdots$				
C_N				

Fonte: Adaptado de Saaty; Sodenkamp (2010)

Quadro 29 - Matriz de alcance local genérica

		C_1				...	C_N			
ELEMENTOS		e_{11}	e_{12}	...	e_{1n_1}	...	e_{N1}	e_{N2}	...	e_{Nn_N}
C_1	e_{11}					...				
	e_{12}					...				
	$\vdots$					...				
	e_{1n_1}					...				
...	$\vdots$					...				
C_N	e_{N1}					...				
	e_{N2}					...				
	$\vdots$					...				
	e_{Nn_N}					...				

Fonte: Adaptado de Saaty; Sodenkamp (2010)

Etapa 2 – Julgamentos

c) Passo 2: Comparações par a par dos elementos e *clusters*;

Segundo Silva; Oliveira; Belderrain (2010), este passo segue a mesma lógica realizada pelo método AHP ao desenvolver comparações par a par. As comparações são feitas em dois casos: entre elementos de cada *cluster* e entre *clusters*.

A comparação entre elementos é realizada quando um elemento tem uma relação de dependência de pelo menos dois elementos de um cluster. Seu objetivo é a obtenção do vetor de prioridade relativa destes elementos.

A comparação entre *clusters* é feita quando há relação de dependência de seus elementos no intuito de definir o peso de cada *cluster* na ponderação da supermatriz.

Estas comparações são organizadas em matrizes quadradas, as quais preenchidas através das escalas de importância apresentadas no Quadro 25, por valores quantitativos reais, como abordado por Salomon (2004), ou mesmo com o uso de categorias, denominado por Saaty (2006a), Saaty (2006b) e Saaty (2008) como modelo de avaliação (*Rating Model*).

d) Passo 3: Verificação de Consistência dos Julgamentos;

Consiste do mesmo processo realizado pelo método AHP. Inicialmente calcula-se o autovalor ($\lambda_{m\acute{a}x}$) conforme Equação 3. Em seguida é calculado o Índice de consistência (IC) seguindo a Equação 4. E, por fim, calcula-se a razão de consistência (RC) a partir da Equação 5, devendo o valor encontrado ser menor ou igual a 0,10. Caso contrário, devem-se reavaliar as comparações.

e) Passo 4: Obtenção dos Autovetores de prioridades e Matriz de Peso dos *Clusters*.

A obtenção dos autovetores de prioridades é realizada seguindo a sequência de cálculos matemáticos apresentados no método AHP a partir dos dados apresentados nas matrizes de comparação par a par. A matriz de peso dos clusters é composta pelos autovetores de prioridade conseguidos através das comparações entre clusters. Seus valores são obtidos através das equações 1 e 2.

Etapa 3 – Desenvolvimento Algébrico

f) Passo 1: Construção da Supermatriz sem Pesos;

Segundo Silva; Oliveira; Belderrain (2010), a supermatriz é uma estrutura que trata a interdependência entre os elementos e soluciona os problemas de decisão modelados em rede pelo ANP. Saaty; Sodenkamp (2010) apresentam uma forma genérica de uma supermatriz (Figura 22), onde os *clusters* são representados por C_h ($h = 1, 2, \dots, N$), os elementos por e_{hn_n} , e as matrizes de comparações por A_{hh} .

Figura 22 - Supermatriz Genérica

$$\begin{array}{c}
 \begin{array}{c}
 \mathbf{C}_1 \\
 \mathbf{C}_2 \\
 \vdots \\
 \mathbf{C}_N
 \end{array}
 \begin{array}{c}
 e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1n_1} \\
 e_{21} \ e_{22} \ \dots \ e_{2n_2} \\
 \vdots \\
 e_{N1} \ e_{N2} \ \dots \ e_{Nn_N} \\
 e_{Nn_N}
 \end{array}
 \left[\begin{array}{cccc}
 & \mathbf{C}_1 & \mathbf{C}_2 & \dots & \mathbf{C}_N \\
 & e_{11} \ e_{12} \ \dots \ e_{1n_1} & e_{21} \ e_{22} \ \dots \ e_{2n_2} & & e_{N1} \ e_{N2} \ \dots \ e_{Nn_N} \\
 A_{11} & A_{12} & \dots & A_{1N} \\
 A_{21} & A_{22} & \dots & A_{2N} \\
 \vdots & \vdots & & \vdots \\
 A_{N1} & A_{N2} & \dots & A_{NN}
 \end{array} \right]
 \end{array}$$

Fonte: Adaptado de Saaty; Sodenkamp (2010)

A construção da supermatriz é dada a partir dos autovetores (vetores de prioridade) originados das diferentes comparações par a par. Os elementos, agrupados a cada *cluster* que pertencem, nomeiam as linhas e colunas da supermatriz (SAATY; SODENKAMP, 2010).

g) Passo 2: Obtenção da Supermatriz Ponderada;

A supermatriz ponderada considera os vetores de prioridade (peso) dos *clusters* obtidos da matriz de comparações entre *clusters*. Sua construção se dá ao multiplicar cada

matriz A_{hh} pelo vetor de prioridade associado ao *cluster* C_h . A soma dos elementos de cada coluna deve dar 1 (SILVA; OLIVEIRA; BELDERRAIN, 2010).

h) Passo 3: Verificação da estocasticidade da Supermatriz ponderada;

Segundo Saaty (2004), a supermatriz ponderada deve ser estocástica para se obter prioridades limitantes significativas. Afirma ainda que uma supermatriz dificilmente será estocástica pelo fato de suas colunas serem formadas por vários autovetores que na forma normalizada somam 1, assim, a soma dos elementos de uma coluna em uma supermatriz é igual ao número de autovetores não nulos que compõem cada coluna.

Para Silva; Oliveira; Belderrain (2010), a supermatriz ponderada deve ser normalizada em relação às colunas caso a supermatriz ponderada seja não estocástica (soma dos valores de cada coluna deve dar 1 para ser estocástica).

i) Passo 4: Obtenção da Matriz Limite;

Segundo Silva; Oliveira; Belderrain (2010), a obtenção da matriz limite se dá ao aplicar o método das potências na supermatriz ponderada. Acrescentam que a Matriz Limite possibilita observar o resultado final e também deve ser estocástica em relação às colunas.

A matriz limite se caracteriza por apresentar valores iguais para todos os elementos de uma dada linha.

j) Passo 5: Resultado Final.

Realizados as etapas anteriores, obtém-se o ranking de prioridades das alternativas. Segundo Silva; Oliveira; Belderrain (2010), o *software SuperDecisions* possibilita a apresentação dos resultados de forma gráfica (gráfico de barras) e no formato numérico com os valores na forma bruta (do inglês, *raw*), ideal (do inglês, *ideals*) e normal (do inglês, *normals*).

Na forma bruta, os resultados são apresentados como apresentados na matriz limite. Na forma ideal considera-se que o maior resultado apresentado na forma bruta sendo igual a 1 (100%) e os resultados restantes como porcentagens dela. Já na forma normal, os resultados são normalizados pela norma da soma da forma bruta.

• EXEMPLO

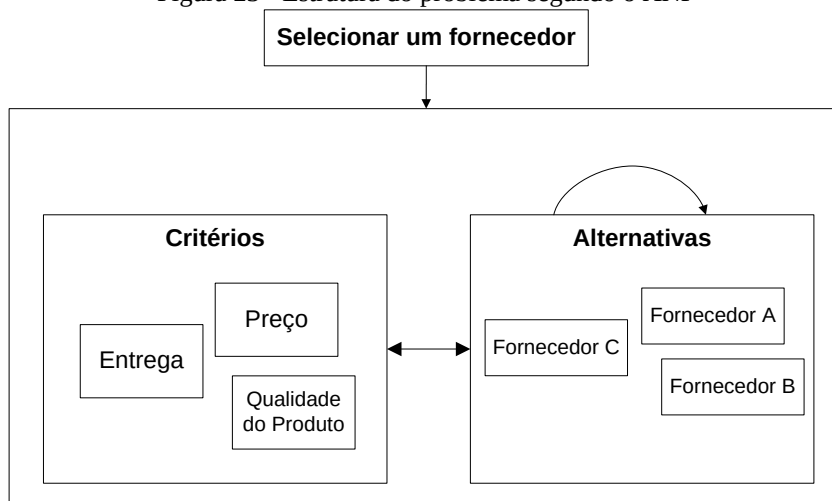
O exemplo que será apresentado foi retirado de Silva; Oliveira; Belderrain (2010). Assim como o AHP, o problema é composto de três elementos: Objetivo, Critérios e Alternativas.

- Objetivo: Selecionar melhor fornecedor;
- Critérios: Entrega, Preço e Qualidade do Produto;

- Alternativas: Três fornecedores: Fornecedor A, Fornecedor B e Fornecedor C.

Com estas informações inicia-se a etapa 1 do ANP ao desenhar a estrutura do problema e as relações existentes entre os elementos dela (Figura 23).

Figura 23 - Estrutura do problema segundo o ANP



Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

A etapa 2 consiste no desenvolvimento dos julgamentos, iniciando com a identificação de matrizes de alcance global (Tabela 2) e local (Tabela 3).

Tabela 2 - Matriz de Alcance Global

Clusters	Alternativas	Critérios
Alternativas	1	1
Critérios	1	0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Na Tabela 2 pode-se verificar a independência dos elementos do *cluster* “Critérios” entre si, a existência de dependência dos elementos do *cluster* “Alternativas” entre si e a dependência dos elementos do *cluster* “Alternativas” sobre os elementos do *cluster* “Critério”.

Tabela 3 - Matriz de alcance local

Elementos	A	B	C	E	P	Q
Fornecedor A	1	1	1	1	1	1
Fornecedor B	1	1	1	1	1	1
Fornecedor C	1	1	1	1	1	1
E (Entrega)	1	1	1	0	0	0
P (Preço)	1	1	1	0	0	0
Q (Qualidade do Produto)	1	1	1	0	0	0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

A Tabela 3 representa as relações de dependência entre os elementos do *cluster* “Critérios” e os elementos do *cluster* “Alternativas”, realçadas pelos círculos de linha

pontilhada e contínua. Assim como apresentado na Tabela 2, a Tabela 3 demonstra a independência entre os elementos do *cluster* “Critério” entre si.

Em seguida, são elaborados os julgamentos como no método AHP. As Tabelas 4, 5 e 6 representam as comparações referentes ao bloco Alternativas x Alternativas e a razão de consistência (RC) de cada uma delas.

A Tabela 4 demonstra a importância de cada fornecedor à luz do “Fornecedor A”.

Tabela 4 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do “Fornecedor A”

Fornecedor	A	B	C	Autovetor	
A	1	4	2	0,571	
B		1	½	0,143	
C			1	0,286	RC=0,0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

A Tabela 5 demonstra a importância de cada fornecedor à luz do “Fornecedor B”.

Tabela 5 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do “Fornecedor B”

Fornecedor	A	B	C	Autovetor	
A	1	1	1	0,333	
B		1	1	0,333	
C			1	0,333	RC=0,0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

A Tabela 6 demonstra a importância de cada fornecedor à luz do “Fornecedor C”.

Tabela 6 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” à luz do “Fornecedor C”

Fornecedor	A	B	C	Autovetor	
A	1	1	1	0,333	
B		1	1	0,333	
C			1	0,333	RC=0,0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

A importância relativa dos elementos do *cluster* “Critérios” com relação ao *cluster* “Alternativas” (bloco Alternativas x Critérios) é apresentada pela Tabela 7. Para cada fornecedor deve-se construir uma matriz de decisão, como realizado para o bloco Alternativas x Alternativas acima. Mas como julgou-se igualmente para todos os fornecedores, decidiu-se apresentar apenas um matriz de decisão, como segue.

Tabela 7 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Critérios” à luz dos Fornecedores A, B e C

Critério	E	P	Q	Autovetor	
E	1	1/3	1/5	0,105	
P		1	1/3	0,258	
Q			1	0,637	RC=0,037

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Para o bloco “Critérios x Alternativas” tem-se nas Tabelas 8 e 9, a indicação da importância relativa dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação aos elementos “Entrega” e Qualidade do Produto” do *cluster* “Critérios”, respectivamente.

Tabela 8 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação à Entrega

Fornecedor	A	B	C	Autovetor	
A	1	1/5	3	0,178	
B		1	9	0,752	
C			1	0,070	RC=0,028

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Tabela 9 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação à Qualidade

Fornecedor	A	B	C	Autovetor	
A	1	1/7	1/5	0,072	
B		1	3	0,649	
C			1	0,279	RC=0,062

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Diferentemente do procedimento realizado para os elementos “Entrega” e “Qualidade do Produto”, onde se utilizaram as escalas de importância, a importância relativa do *cluster* “Alternativas” com relação ao elemento “Preço” foi obtida através dos valores monetários. Neste caso, os preços obtidos devem ser normalizados pela norma da soma do inverso dos valores monetários atribuídos, conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Matriz de decisão e autovetor dos elementos do *cluster* “Alternativas” com relação ao Preço

Fornecedor	Preço [R\$]	1/Preço	Prioridades [(1/Preço)/(Total)]
A	15.000	$6,667 \times 10^{-5}$	0,38
B	20.000	5×10^{-5}	0,285
C	17.000	$5,882 \times 10^{-5}$	0,335
Total		$17,549 \times 10^{-5}$	-

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Para finalizar a etapa de comparações par a par, realiza-se a comparação entre *clusters* para definição de seus respectivos pesos, representada na Tabela 11.

Tabela 11 - Matriz de decisão e autovetor entre os *clusters* “Alternativas” e “Critérios”

Clusters	Alternativas	Critérios	Autovetor	
Alternativas	1	1/3	0,25	
Critérios		1	0,75	RC=0,0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Na etapa 3, substituindo os valores de desempenho/importância encontrados através das comparações par a par (Tabelas 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10) na matriz de alcance local (Tabela 3), obtém-se a supermatriz sem peso (Tabela 12).

Tabela 12 - Supermatriz sem peso do exemplo de ANP

Elementos	A	B	C	E	P	Q
Fornecedor A	0,571	0,333	0,2	0,178	0,380	0,072
Fornecedor B	0,143	0,333	0,6	0,752	0,285	0,649
Fornecedor C	0,286	0,333	0,2	0,070	0,335	0,279
E (Entrega)	0,105	0,105	0,105	0	0	0
P (Preço)	0,258	0,258	0,258	0	0	0
Q (Qualidade do Produto)	0,637	0,637	0,637	0	0	0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Em seguida, multiplicando-se as componentes da supermatriz sem pesos pelo peso de seu *cluster* (Tabela 11), obtém-se a supermatriz ponderada, representada na Tabela 13.

Tabela 13 - Supermatriz Ponderada

Elementos	A	B	C	E	P	Q
Fornecedor A	0,143	0,083	0,05	0,045	0,095	0,018
Fornecedor B	0,036	0,083	0,15	0,188	0,071	0,162
Fornecedor C	0,071	0,083	0,05	0,018	0,084	0,070
E (Entrega)	0,078	0,078	0,078	0	0	0
P (Preço)	0,194	0,194	0,194	0	0	0
Q (Qualidade do Produto)	0,478	0,478	0,478	0	0	0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Verifica-se na Tabela 13 que as três últimas colunas da supermatriz ponderada não têm soma igual a 1, ou seja, não é estocástica com relação às colunas. Deste modo, cada uma delas precisa ser normalizada, resultando na Tabela 14.

Tabela 14 - Supermatriz Ponderada e Estocástica

Elementos	A	B	C	E	P	Q
Fornecedor A	0,143	0,083	0,05	0,178	0,380	0,072
Fornecedor B	0,036	0,083	0,15	0,752	0,285	0,649
Fornecedor C	0,071	0,083	0,05	0,070	0,335	0,279
E (Entrega)	0,078	0,078	0,078	0	0	0
P (Preço)	0,194	0,194	0,194	0	0	0
Q (Qualidade do Produto)	0,478	0,478	0,478	0	0	0

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Elevando-se a supermatriz ponderada e estocástica a potências sucessivas até sua convergência, determina-se a matriz-limite (Tabela 15).

Tabela 15 - Matriz-limite

Elementos	A	B	C	E	P	Q
Fornecedor A	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119	0,119
Fornecedor B	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295	0,295
Fornecedor C	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157	0,157
E (Entrega)	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
P (Preço)	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111	0,111
Q (Qualidade do Produto)	0,273	0,273	0,273	0,273	0,273	0,273

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Neste momento pode ser apresentado o resultado final obtido através do uso do *Analytic Network Process* para o problema em questão, conforme Tabela 16.

Tabela 16 - Matriz final

Grupo	Bruta	Ideal	Normal
Fornecedor A	0,119147	0,404025	0,208510
Fornecedor B	0,294901	1	0,516082
Fornecedor C	0,157375	0,533653	0,275408

Fonte: Silva; Oliveira; Belderrain (2010)

Da Tabela 16 observa-se que o fornecedor B tem o maior índice, logo, é o melhor fornecedor, seguido do fornecedor C e, em último, o fornecedor A.

Exemplificada a utilização do ANP, é apresentado na seção 2.3.3 o método Macbeth.

2.3.3 MACBETH

O Método MACBETH (*Measuring Attractiveness by a Category Based Evaluation Technique*) é uma abordagem de decisão multicritério e foi desenvolvido por Carlos Bana e Costa e Jean Claude Vansnick na década de 90. Consiste em uma abordagem humanística, interativa e criativa de construir um modelo de valores quantitativos baseado em julgamentos de diferença qualitativa (BANA e COSTA; DE CORTE; VASNICK, 2003).

Segundo Bana e Costa; de Corte; Vansnick (2004) o MACBETH foi criado baseado na seguinte questão:

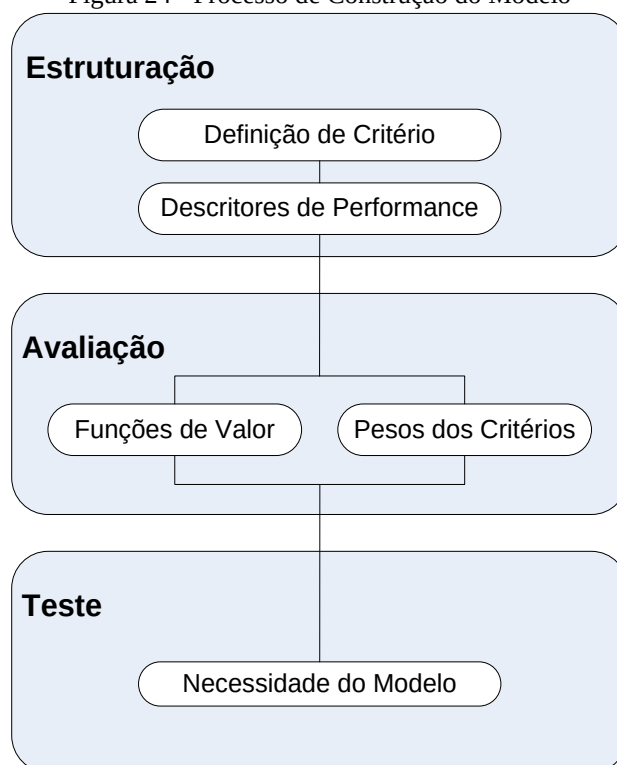
“Como pode uma escala de valor ser construída sobre X, de maneira quantitativa e qualitativa, sem forçar J produzir representações numéricas diretas de preferências e envolvendo apenas dois elementos de X para cada julgamento requerido por J?”. Onde J se refere ao avaliador/decisor (indivíduo ou grupo) e X ao conjunto finito de elementos (alternativas, opções de escolha, cursos de ação), que J quer comparar em termos de preferência.

Segundo o Bana e Costa; Vansnick; De Corte (2005) o Macbeth é uma metodologia de apoio á tomada de decisão, que permite avaliar opções, tendo em conta múltiplos critérios e distingue-se dos outros métodos de análise de decisão multicritérios por exigir apenas julgamentos qualitativos sobre as diferenças de atratividade entre os elementos para gerar pontuações para as opções em cada critério e para ponderar os critérios.

Torres, Espenchitt e Lins (2010) comentam que o método MACBETH permite representar numericamente os julgamentos dos decisores sobre a atratividade global das ações, unindo a representação numérica da informação com os critérios, dentro de um modelo de avaliação global. É uma abordagem interativa que auxilia a construção de medidas de julgamento sobre o grau de atratividade para o qual os elementos de um grupo de ações potenciais possuem critérios definidos.

Segundo Bana e Costa *et al.* (2008) o método consiste na construção de um modelo aditivo simples de avaliação cuja aplicação resultará na identificação da “proposta economicamente mais vantajosa”. O mesmo propõe uma metodologia composta por três fases principais: Estruturação, Avaliação e Teste (Figura 24).

Figura 24 - Processo de Construção do Modelo



Fonte: Adaptado de Bana; Costa et al. (2008)

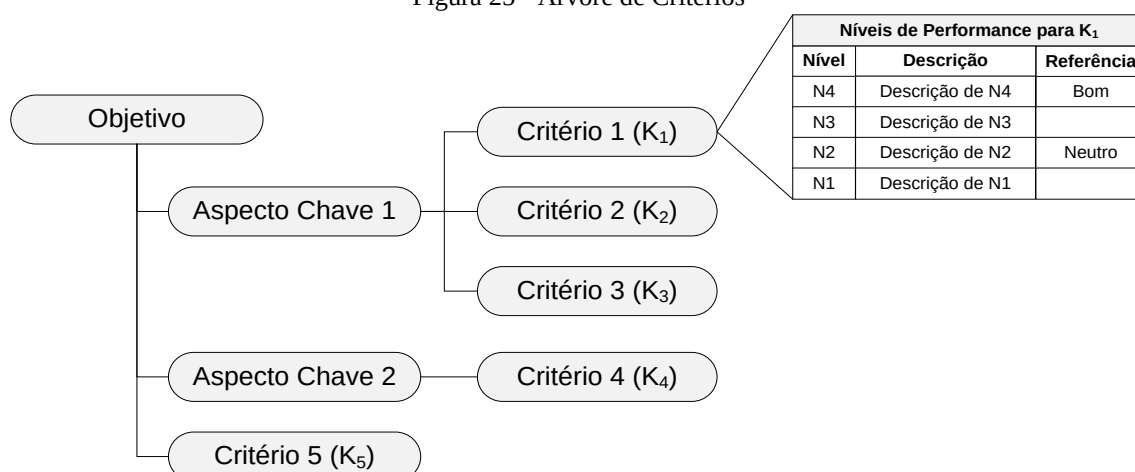
a) Estruturação

A fase de estruturação inicia com uma reflexão dos participantes na busca de identificar aspectos importantes para avaliação das alternativas. Estes aspectos são estruturados em forma de árvore, onde cada nó na árvore pode ser classificado como nó critério ou nó não-critério, caso seja ou não utilizado na avaliação de atratividade, respectivamente.

Em seguida, a cada um dos critérios nó é atribuído um descritor de *performance* (níveis de *performance*) qualitativos ou quantitativos. Para cada descritor de *performance* deve ser identificado um nível “bom” (referência superior) e um nível “neutro” (referência inferior) que servirão como escalas de referência para assinalar as pontuações dos critérios (BANA E COSTA; DE CORTE, 2005; BANA E COSTA; SILVA, 2008).

No software M-MACBETH, caso esses níveis de referência não sejam definidos, assume-se nível “bom” para a *performance* mais alta e “neutro” para a *performance* mais baixa. Uma representação genérica da estruturação do problema em árvore pode ser vista na Figura 25.

Figura 25 - Árvore de Critérios



Fonte: Adaptado de Bana e Costa; Silva (2008).

Bana e Costa; Beinat (2005) propõem um conjunto de passos para desenvolver uma escala multidimensional (Quadro 30).

Quadro 30 - Procedimento para desenvolver uma escala multidimensional

PASSOS BÁSICOS	DESCRIÇÃO	COMENTÁRIOS
Passo 1	Definir um conjunto de níveis de impacto em termos de cada dimensão componente.	Pode requerer a construção de dimensões quantitativas discretas.
Passo 2	Estabelecer todas as combinações possíveis de níveis das várias dimensões.	Pode ser facilitada com o uso de tabelas ou árvores.
Passo 3	Eliminar as combinações inviáveis (não plausíveis).	
Passo 4	Comparar a preferência das combinações viáveis e agrupar aqueles que são julgados como indiferente em relação ao aspecto chave; Cada grupo de perfis forma um mesmo nível de impacto do descritor (se conveniente, dar uma legenda a cada nível); Ranquear os níveis de impacto viáveis pela atratividade decrescente relativa ao aspecto chave.	Requer comparações holísticas de perfis multidimensionais as quais podem envolver considerável esforço julgamental. Pode ser facilitado usando um procedimento de comparações par a par. Claramente identifica os níveis multidimensionais mais e menos atrativos.
Passo 5	Fazer uma descrição textual de cada nível de impacto viável, tão detalhado, apropriado e objetivo quanto possível.	Se apropriado, usar representações pictóricas ou menção de opções de existência para complementar e dar realidade a cada descrição.

Fonte: Adaptado de Bana e Costa; Beinat (2005)

b) Avaliação

Após a identificação dos critérios (K_i , $i = 1, 2, \dots, n$) e construção de seus descritores de *performance* (X_i , $i = 1, \dots, n$) desenvolve-se o modelo de avaliação. O modelo é uma função de valor aditivo, definida pela Equação 6 (BANA e COSTA *et al.*, 2008). O Quadro 31 apresenta a simbologia e a definição de cada símbolo que será utilizada nas equações que explicam esta metodologia.

$$v(a) = \sum_{i=1}^n w_i v_i(a) \quad (6)$$

onde $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ e $\begin{cases} v_i(x_i^+) = 100 \\ v_i(x_i^0) = 0 \end{cases}$ para $i = 1, \dots, n$.

Quadro 31 - Simbologia do Macbeth

SÍMBOLO	DEFINIÇÃO
J	Avaliador/decisor (indivíduo ou grupo)
X	Conjunto finito de elementos (alternativas, opções de escolha, cursos de ação) que J quer comparar em termos de preferência.
K_i	Critério ($i = 1, \dots, n$)
e_i	Um elemento qualquer do conjunto X
X_i	Descritores de <i>performance</i> do critério K_i
v	Índice de valor global de atratividade calculada
a	Alternativa
$v_i(e_i)$	Função de valor do critério K_i para o elemento e_i
x_i	Um nível específico de <i>performance</i> do descritor X_i
w_i	Peso do critério K_i
x_i^+	Nível de <i>performance</i> “bom” de cada descritor
x_i^0	Nível de <i>performance</i> “neutro” de cada descritor
$\mathbb{N}_{s,t}$	Conjunto de números inteiros não negativos no intervalo $[s, t]$
$d_{\min}$	Diferença de atratividade mínima
C_{ij} ou P	Julgamento de preferência atribuído do elemento da linha i sobre o elemento da coluna j .
I	Julgamento definido como Indiferente entre os elementos
s_k	Limiar de cada categoria semântica C_k .

Fonte: Elaboração própria

Segundo Bana e Costa *et al.* (2008) a alternativa mais atrativa é calculada através do $\text{Max } v$ (maior valor aditivo) no modelo de avaliação calculado a partir da Equação 6. Inicialmente os níveis de *performance* são ranqueados em ordem decrescente de atratividade. Posteriormente calculam-se as funções de valor que são construídas através de um procedimento de questionamento realizado pelo avaliador (indivíduo ou grupo) comparando-se par a par os “ m ” níveis de *performance* x_{ip} e x_{ir} de cada descritor, onde “ i ” faz referência ao índice da linha na matriz e “ p ” e “ r ” da coluna na matriz (para $i < p < r$, com $p = 1, \dots, m$ e $r = 2, \dots, m$). Caso julgue-se não haver diferença de atratividade entre elas, $v_i(x_{ip}) - v_i(x_{ir}) = 0$. Havendo uma diferença de atratividade $v_i(x_{ip}) - v_i(x_{ir}) > 0$.

O julgamento é desenvolvido em cima de seis categorias semânticas de diferença de atratividade de dimensão não necessariamente igual (Quadro 32). Cada categoria (C_k) é representada por um intervalo de números reais positivos, delimitado por limiares s_k , onde $k=1, \dots, 6$ (RANGEL *et al.*, 2003; BANA e COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2004; BANA e COSTA *et al.*, 2008).

Quadro 32 - Categorias Semânticas do MACBETH

CATEGORIA (Ck)	DEFINIÇÃO	INTERVALO
C1	Muito fraca	$[s_1, s_2]$ e $s_1 = 0$
C2	Fraca	$]s_2, s_3]$
C3	Moderada	$]s_3, s_4]$
C4	Forte	$]s_4, s_5]$
C5	Muito Forte	$]s_5, s_6]$
C6	Extrema	$]s_6, +]$

Fonte: Adaptado de Rangel *et al.* (2003)

Após a atribuição dos julgamentos, um problema de programação linear, denominado LP-MACBETH (Equação 7), fornece os valores cardinais de cada descritor de *performance* pertencente a determinado critério (BANA e COSTA, 2004). Todo esse procedimento de julgamento é também realizado para definir os pesos (w_i) dos critérios (BANA e COSTA *et al.*, 2008).

Min x1

Sujeito a:

$$\begin{aligned}
 v(e_p) - v(e_r) &= 0 & \forall (e_p, e_r) \in I \text{ com } p < r \\
 s_i + \frac{1}{2} &\leq v(e_p) - v(e_r) & \forall i, j \in \mathbb{N}_{1,k} \text{ com } i \leq j, \forall (e_p, e_r) \in C_{i,j} \\
 v(e_p) - v(e_r) &\leq s_{j+i} - \frac{1}{2} & \forall i, j \in \mathbb{N}_{1,k-1} \text{ com } i \leq j, \forall (e_p, e_r) \in C_{i,j} \quad (7) \\
 s_1 &= \frac{1}{2} \\
 s_{i-1} + 1 &\leq s_i & \forall i \in \mathbb{N}_{2,k} \\
 v(e_i) &\geq 0 & \forall i \in \mathbb{N}_{1,k} \\
 s_i &\geq 0 & \forall i \in \mathbb{N}_{1,k}
 \end{aligned}$$

c) Teste

São realizados três (03) testes de consistência denominados Preteste, LP-test₁ e LP-test₁₊₂. O PRETESTE é um algoritmo que consiste em permutar elementos de X quando detecta ciclos dentro das preferências julgadas e os ordena. Essa ordenação faz com que as diferenças de atratividade entre os pares de elementos fiquem todas assinaladas acima da diagonal principal da matriz de julgamentos. Caso nenhum ciclo tenha sido detectado, o LP-test₁ verifica se há algum par de elementos sem ser julgado. Por fim, o LP-test₁₊₂ verifica as condições dos limiares s_k . No software M-Macbeth, caso seja encontrada alguma inconsistência, será sugerida algumas mudanças para que o problema de inconsistência seja resolvido (BANA e COSTA; DE CORTE; VANSNICK, 2004). Os algoritmos dos problemas de programação linear desenvolvidos para cada teste são apresentados no Quadro 33.

Quadro 33 - Programas de Programação Linear do teste de consistência do MACBETH

TESTE	ALGORÍTMO
Preteste	(1) $m \leftarrow n$; (2) entre $e_1, e_2, \dots, e_m$ ache e_i que é não preferível a nenhum outro elemento: se e_i existir, vá para (3); se não, retorne FALSO; fim (3) permuta e_i e e_m ; (4) $m \leftarrow m - 1$; se $m = 1$, retornar VERDADEIRO; finish. Se não, vá para (2).
LP-test ₁	Min $v(e_1)$ Sujeito a: $v(e_i) - v(e_j) \geq d_{min}, \quad \forall (e_i, e_j) \in P.$ $v(e_i) - v(e_j) \geq 0, \quad \forall (e_i, e_j) \in I \text{ com } i \neq j.$ $v(e_i) \geq 0, \quad \forall i \in \mathbb{N}_{1,n}.$
LP-test ₁₊₂	Min $v(e_1)$ Sujeito a: $v(e_p) - v(e_r) = 0 \quad \forall (e_p, e_r) \in I \text{ com } p < r$ $s_j + d_{min} \leq v(e_p) - v(e_r) \quad \forall i, j \in \mathbb{N}_{1,Q} \text{ com } i \leq j, \quad \forall e_p, e_r \in C_{i,j}$ $x_p - x_r \leq s_{j+i} - d_{min} \quad \forall i, j \in \mathbb{N}_{1,Q-1} \text{ com } i \leq j, \quad \forall a_p, a_r \in C_{i,j}$ $d_{min} \leq s_1$ $s_{i-1} + d_{min} \leq s_i \quad \forall i \in \mathbb{N}_{2,Q}$ $v(e_i) \geq 0 \quad \forall i \in \mathbb{N}_{1,Q}$

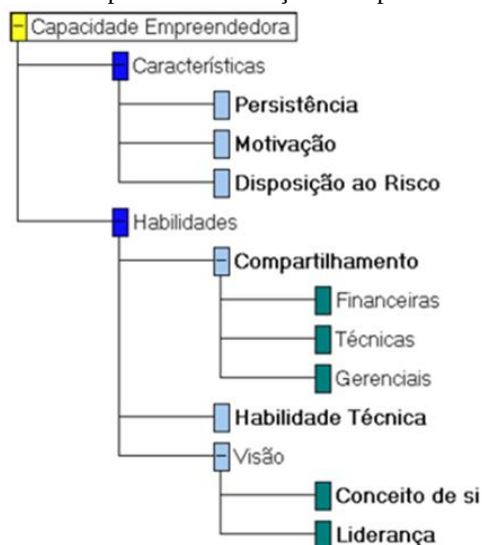
Fonte: Adaptado de Bana e Costa; De Corte; Vansnick (2004)

Segundo Figueiredo (2009) o software M-Macbeth permite ajustar as escalas resultante dos julgamentos, além de possibilitar, através de uma análise de sensibilidade, observar o que acontece aos *scores* globais caso o peso de algum critério seja alterado.

- EXEMPLO

O exemplo que será apresentado foi retirado de Bana e Costa; Silva (2008). Assim como o AHP e ANP, o problema é composto de três elementos: Objetivo, Nó (pode ser classifica como critério ou não critério) e Alternativas. Na fase de estruturação estes elementos são estruturados em forma de árvore (Figura 26) e, em seguida, são construídos os descritores de *performance* dos critérios.

Figura 26 - Árvore de aspectos de avaliação da capacidade empreendedora



Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

A cada um dos nós critério são associados descritores de *performance* que definem os níveis para avaliação do desempenho de cada alternativa neles. O Quadro 34 demonstra o descritor de *performance* construído para o nó critério Compartilhamento.

Quadro 34 - Descritor de *Performance* do nó critério Compartilhamento

NÍVEIS DE IMPACTO	DESCRIÇÃO	NÍVEIS DE REFERÊNCIA
N_5	O empreendedor aceita parcerias financeiras, técnicas e gerenciais	Bom
N_4	O empreendedor aceita parcerias financeiras e gerenciais, mas não aceita parcerias técnicas; ou o empreendedor aceita parcerias financeiras e técnicas, mas não aceita parcerias gerenciais.	
N_3	O empreendedor só aceita parcerias financeiras.	
N_2	O empreendedor não aceita parcerias financeiras nem gerenciais, mas aceita parcerias técnicas; ou o empreendedor não aceita parcerias financeiras nem técnicas, mas aceita parcerias gerenciais; ou o empreendedor não aceita parcerias financeiras, mas aceita parcerias técnicas e gerenciais.	Neutro
N_1	O empreendedor não aceita nenhum tipo de parceria.	

Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

Aos níveis de impacto N_2 e N_5 foram identificados como sendo os níveis de referência, respectivamente, neutro e bom. Estas referências servirão para decidir sobre o valor intrínseco de cada candidato que venha a ser avaliado pelo modelo.

A Figura 27 apresenta mostra as *performances* dos nove empreendedores de teste (alternativas), associando a cada um deles um nível de *performance* do descritor de cada critério.

Figura 27 - Performance dos empreendedores

Opções	Persistência	Motivação	Risco	Compartilha	Hab. Técnica	Conc. de si	Liderança
Emp. 1	Sempre	Oportunidade	Médios	Fin. + Téc. + Ger.	Não	Sim	Sempre
Emp. 2	Sempre	Oportunidade	Médios	Téc. ou Ger.	Sim	Não	Às vezes
Emp. 3	Sempre	Oportunidade	Altos	Téc. ou Ger.	Sim	Não	Sempre
Emp. 4	Sempre	Oportunidade	Altos	Fin. + Téc. + Ger.	Não	Sim	Às vezes
Emp. 5	Às vezes	Oportunidade	Altos	Fin. + Téc. + Ger.	Sim	Sim	Às vezes
Emp. 6	Sempre	Oportunidade	Altos	Téc. ou Ger.	Sim	Não	Raramente
Emp. 7	Às vezes	Oportunidade	Baixos	Não	Não	Sim	Raramente
Emp. 8	Sempre	Oportunidade	Médios	Não	Não	Não	Raramente
Emp. 9	Sempre	Oportunidade	Altos	Téc. ou Ger.	Sim	Não	Nunca

Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

Na fase de avaliação desenvolve-se o modelo de avaliação ao construir as funções de valor e os pesos dos critérios. O índice de capacidade empreendedora (ICAPE) é definido pela seguinte Equação:

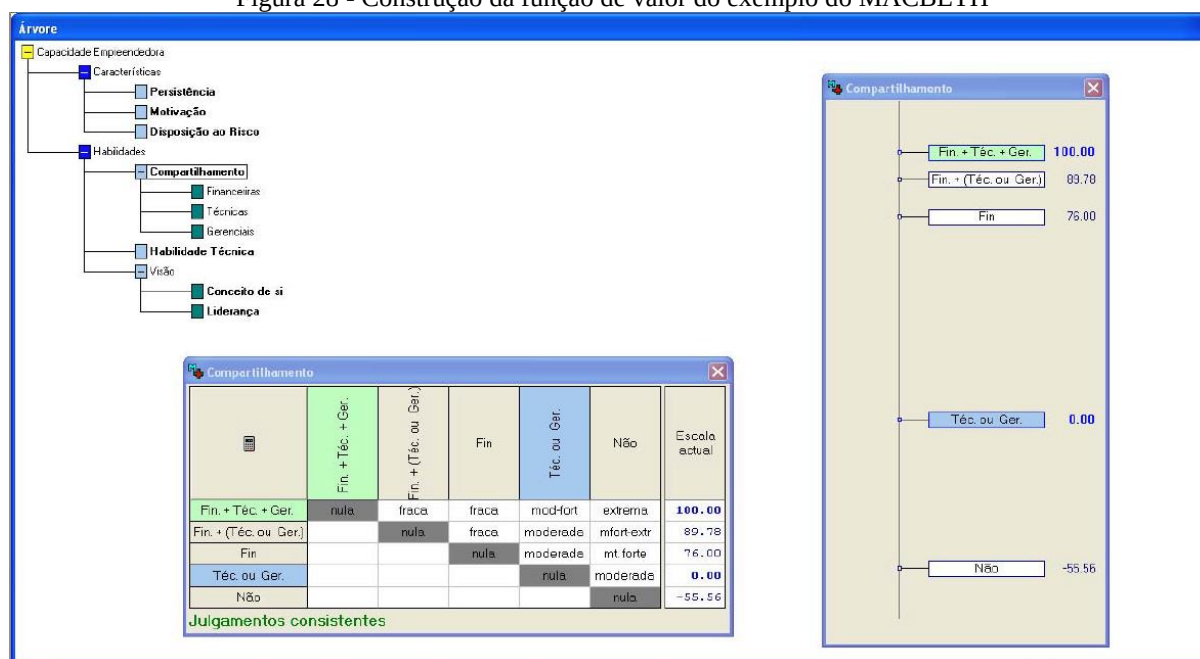
$$ICAPE(a) = \sum_{j=1}^7 p_j v_j(a),$$

Onde: v_j é a pontuação do empreendedor "a" segundo o critério K_j ;

p_j é o peso do Critério (K_j).

A pontuação de um empreendedor é determinada pela função de valor, construída a partir da aplicação do método MACBETH, comparando os níveis de *performance* dois a dois. A Figura 28 apresenta a matriz de julgamentos e a respectiva função de valor para o nó critério Compartilhamento.

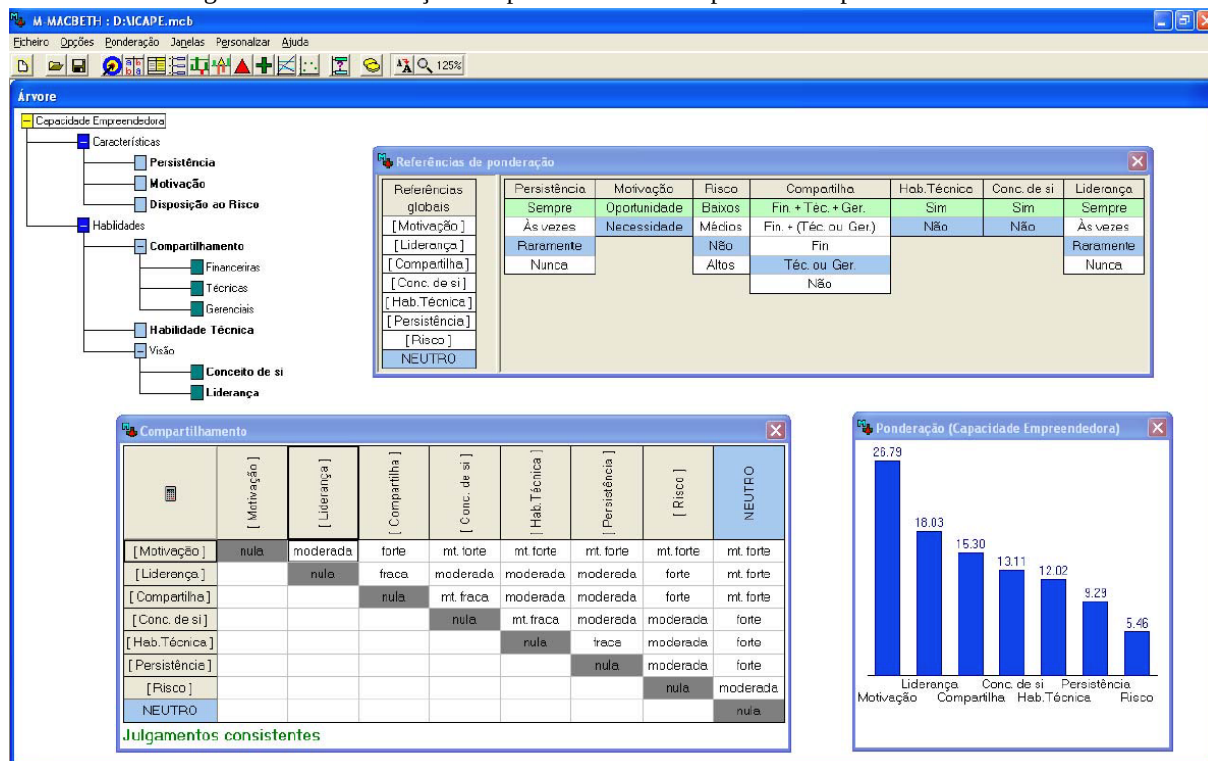
Figura 28 - Construção da função de valor do exemplo do MACBETH



Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

Como se pode observar na Figura 28, o nível de referência Bom recebe o valor de 100 e o nível de referência Neutra recebe o valor zero. Em seguida são determinados os pesos dos nós critério (Figura 29).

Figura 29 - Determinação dos pesos dos critérios para o exemplo de MACBETH



Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

Para determinação dos pesos seguiram-se dois procedimentos. Primeiro tomou-se como base oito empreendedores fictícios, sete empreendedores com nível de referência “Bom” em cada um dos nós critério e neutro no restante, e um com nível neutro em todos os nós critério.

Posteriormente, com base no procedimento anterior, foram feitos dois questionamentos aos decisores. O primeiro questionamento, com o objetivo de ordenar os nós critério, foi: “Imaginem que existe um empreendedor “neutro” em todos os critérios. Qual o acréscimo de capacidade empreendedora que este indivíduo deve ter para melhorar a sua *performance* do nível ‘neutro’ para o nível ‘bom’ em apenas um dos critérios?”

O segundo questionamento foi: “Qual a diferença entre melhorar de ‘neutro’ para ‘bom’ em um critério em vez de melhorar de ‘neutro’ para ‘bom’ em outro critério (de menor coeficiente de ponderação)?” Essas comparações são avaliadas através das categorias do MACBETH (muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte ou extrema).

Definido os pesos e já conhecidos as funções de valor, são calculadas as pontuações dos empreendedores, como pode ser visto na Figura 30.

Figura 30 - Pontuações dos Empreendedores

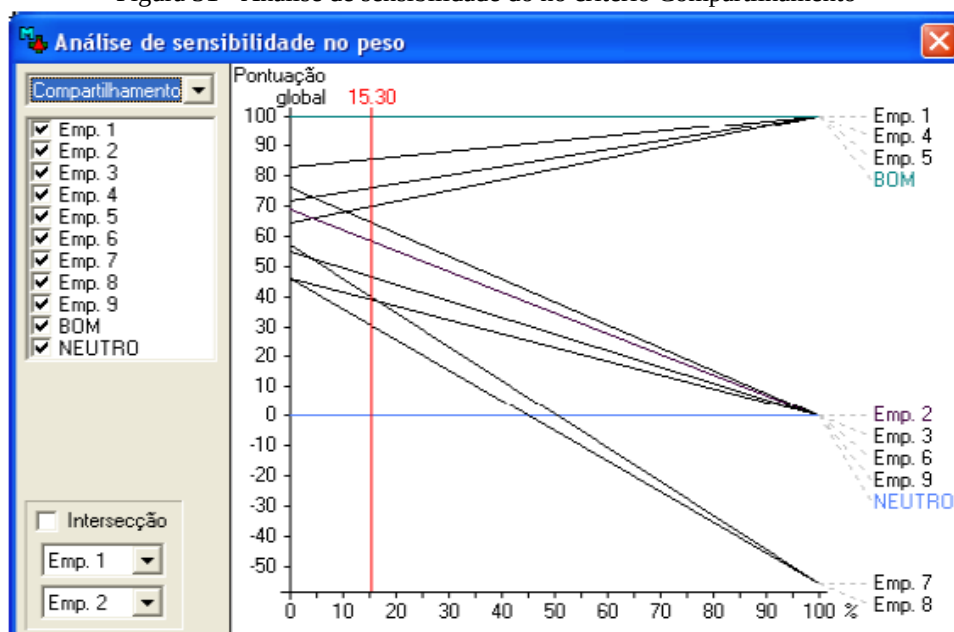
Opções	Global	Persistência	Motivação	Risco	Compartilha	Hab.Técnica	Conc. de si	Liderança
BOM	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Emp. 1	85.25	100.00	100.00	50.00	100.00	0.00	100.00	100.00
Emp. 5	75.71	33.33	100.00	-33.33	100.00	100.00	100.00	40.00
Emp. 4	69.88	100.00	100.00	-33.33	100.00	0.00	100.00	40.00
Emp. 3	64.31	100.00	100.00	-33.33	0.00	100.00	0.00	100.00
Emp. 2	58.04	100.00	100.00	50.00	0.00	100.00	0.00	40.00
Emp. 6	46.28	100.00	100.00	-33.33	0.00	100.00	0.00	0.00
Emp. 7	39.96	33.33	100.00	100.00	-55.56	0.00	100.00	0.00
Emp. 9	39.07	100.00	100.00	-33.33	0.00	100.00	0.00	-40.00
Emp. 8	30.31	100.00	100.00	50.00	-55.56	0.00	0.00	0.00
NEUTRO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.0929	0.2679	0.0546	0.1530	0.1202	0.1311	0.1803

Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

Da Figura 30 observamos que o ranqueamento dos empreendedores segundo sua pontuação global, onde aqueles com $ICAPE \geq 50$ apresenta um índice de capacidade empreendedora na qual se recomenda a incubação de sua empresa. Neste sentido, os empreendedores 1, 5, 4, 3 e 2, em ordem decrescente de pontuação global, seriam recomendados.

Na última fase do método MACBETH (fase de teste) são efetuadas análises de robustez e sensibilidade, exemplificada na Figura 31.

Figura 31 - Análise de sensibilidade do nó critério Compartilhamento



Fonte: Bana e Costa; Silva (2008)

A Figura 31 apresenta a análise de sensibilidade para o nó critério Compartilhamento. Nela observa-se que para que haja mudança nos empreendedores recomendados, seria necessário uma mudança no peso do nó critério em questão para no mínimo o dobro do valor

definido (de 15,30 para aproximadamente 30 no eixo das abscissas), ponto no qual os empreendedores 2 e 3 deixariam de ter um $ICAPE \geq 50$ (recomendado no problema), ou seja, não apresentariam um índice de capacidade empreendedora na qual se recomenda a incubação dos dois empreendedores.

Explanado e exemplificado o método MACBETH, segue na próxima seção a apresentação dos métodos SMARTS e SMARTER.

2.3.4 SMARTS e SMARTER

O SMARTS (*Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings*) e o SMARTER (*Simple Multi-Attribute Rating Technique Exploiting Ranks*) são versões aprimoradas do SMART (*Simple Multi-Attribute Rating Technique* – Técnica de simples avaliação multicritério) apresentado por Edwards em 1977 (EDWARDS; BARRON, 1994).

Segundo Almeida (2011) o SMART e as suas derivações são métodos que utilizam a agregação aditiva, métodos baseados no procedimento de elicitação por pesos. O SMARTS resolve um erro do SMART ao utilizar o procedimento por *swing*, além de apresentar outras melhorias. Para Edwards; Barron (1994) o SMARTER é uma melhoria do SMARTS com o objetivo de facilitar a etapa de julgamentos mais crítica do método.

Edwards; Barron (1994) afirmam que duas crenças definem a existência destes métodos:

- Ferramentas simples são mais fáceis de serem utilizadas e costumar ser mais úteis;
- A seleção do método apropriado depende do *trade-off* entre o erro de modelagem e o erro de elicitação.

Valois; Almeida (2009) afirmam que as vantagens do SMARTS e do SMARTER são: a simplicidade de aplicação e a facilidade das questões colocadas para o decisor.

Almeida (2011) apresenta nove passos necessários para a implementação do SMARTS ou do SMARTER, são eles: Propósitos e Decisores; Obtenção da estrutura dos atributos; Estabelecimento das alternativas; Construção da matriz de consequências; Eliminação das alternativas dominadas; Construção da matriz de avaliação; Swing – Parte 1; Swing – Parte 2 (SMARTS) ou Obtenção dos pesos (SMARTER); Efetuar agregação aditiva e escolher. O SMARTS e o SMARTER diferenciam-se apenas no 8º passo, discutidos a seguir:

a) Passo 1 - Definição de propósitos e decisores

Consiste em identificar o propósito da elicitación de valor e o indivíduo, organização ou organizações que deverão ser elicitados. Segundo Edwards; Barron (1994) este procedimento só é considerado completo quando duas ações são realizadas: uma lista explícita e exaustiva dos decisores ou uma especificação de procedimentos de como identificar uma lista de decisores aceitável, e a especificação da natureza da estrutura e os números a serem elicitados e como serão elicitados.

b) Passo 2 - Obtenção da Estrutura de Atributos

Refere-se ao estabelecimento dos objetivos e variáveis (atributos) que vão representá-los. Podem ser estruturados utilizando uma estrutura hierárquica ou árvore de valor. Edwards; Barron (1994) sugerem incluir todos os atributos sugeridos em uma estrutura inicial, e então eliminar aqueles que sejam considerados duplicatas ou de pouca relevância na decisão. O número de atributos deve ser preferencialmente menor do que 12.

c) Passo 3 - Estabelecimento das Alternativas

Consiste em gerar as alternativas do processo decisório, devendo o número de alternativas ser no mínimo igual ao número de atributos definidos no passo 1. Caso as alternativas de avaliação não tenham sido pré-definidas, Edwards; Barron (1994) e Almeida (2010) sugerem utilizar os procedimentos de Ralph Keeney, utilizando um pensamento diferente do usual, no qual primeiro são levantadas as alternativas para então serem levantados os valores (*Alternative-focused Thinking*), mas sim, utilizar valores para gerar alternativas (VFT – *Value-focused Thinking*).

Segundo Keeney (1994) valores e não alternativas deveriam ser o foco da tomada de decisão, alternativas são apenas relevantes para que sejam alcançados os valores. Utilizar valores na geração de alternativas possibilita nove benefícios (Figura 32).

Figura 32 - Benefícios do VFT



Fonte: Adaptado de Keeney (1994)

d) Passo 4 - Construção da matriz de consequências

Neste momento são relacionados às consequências das alternativas para cada atributo (Alternativa x Atributo). As consequências podem ser pontuações (*scores*), variáveis físicas (valores) ou avaliações subjetivas (julgamentos) (EDWARDS; BARRON, 2004). Uma representação genérica da matriz de consequências pode ser vista no Quadro 35.

Quadro 35 - Matriz de Consequências

	Atributo 1	Atributo 2	...	Atributo k
Alternativa 1			...	
Alternativa 2			...	
...			...	
Alternativa n			...	

Fonte: Adaptado de Edwards; Barron (2004)

e) Passo 5 - Eliminação das alternativas dominadas

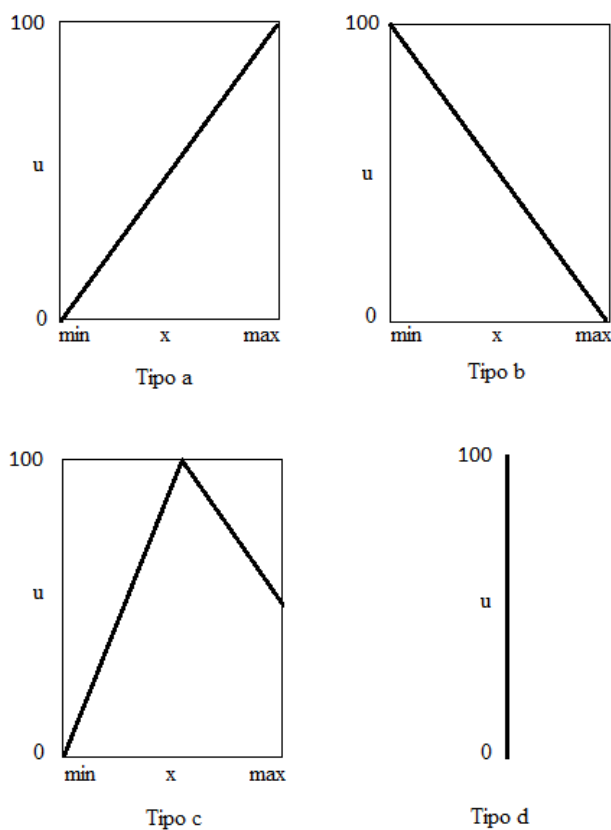
Neste passo são eliminadas as alternativas ordinalmente dominadas. Segundo Edwards; Barron (1994) a dominância ordinal pode ser reconhecida por inspeção visual. Deve-se verificar se ao eliminar alternativas não é reduzida a faixa de valores dos atributos de algum atributo ao aumentar o valor inferior desta faixa. Caso isso ocorra, uma avaliação sobre a relevância do atributo deve ser realizada observando se este deve permanecer no modelo, retornando ao passo 2.

f) Passo 6 – Construção da Matriz de Avaliação

Consiste na obtenção das funções de valor dos atributos e na conversão dos dados da matriz de consequências em uma mesma escala de avaliação (utilidades unidimensionais). Uma utilidade unidimensional é definida como uma função que relaciona a utilidade, valor ou desejabilidade de alguma quantidade física ou julgada $u(x)$, com sua magnitude x (CAVALCANTI, 2007).

Segundo Edwards; Barron (1994) inicialmente testa-se a linearidade das utilidades unidimensionais para cada dimensão pelo qual pontuações físicas estão disponíveis. Os autores propõem quatro classes para determinação de uma função utilidade unidimensional (Figura 33).

Figura 33 - As quatro classes de funções de utilidade unidimensional



Fonte: Adaptado de Edwards; Barron (1994)

No “Tipo a” quanto maior o x melhor a resposta da função. No “Tipo b” a lógica é inversa, quanto menor o x melhor. Já no “Tipo c” a função possui um máximo interior enquanto no “Tipo d” as utilidades são julgadas diretamente, não existindo variáveis físicas.

Se o uso da linearidade como uma aproximação for justificada, utilizar as faixas de pontuação atual ou faixas mais largas para especificar o limite inferior e superior das funções

de utilidade unidimensional. Calcular as utilidades das equações lineares destas funções ou desenhá-las como grafos e checar os pontos da curva. Caso nenhuma medida física relevante esteja disponível ao atributo, esta etapa requererá uma elicitación, equivalente ao realizado no passo 4.

Ao fim deste passo, todas as utilidades unidimensionais devem ser conhecidas.

g) Passo 7 - Parte 1 do *Swing*

Passo referente à ordenação dos atributos seguindo o procedimento de *swing*. Segundo Almeida (2010) o *swing* consiste em incluir na matriz de avaliação uma alternativa hipotética que tem o pior desempenho em todos os critérios (valor zero). Neste passo são realizados alguns questionamentos:

“Suponha que você será obrigado escolher esta alternativa. Se você pudesse melhorar o desempenho desta alternativa em apenas um dos critérios para o valor máximo, igual a 1 (10 ou 100, conforme escala adotada), que critério você escolheria?”

O critério selecionado neste momento será aquele com maior peso ou valor de constante de escala. Em seguida faz-se outro questionamento:

“Suponha agora que você poderá melhorar o desempenho desta alternativa, para o valor máximo, em apenas um dos critérios, exceto para o critério escolhido na etapa anterior, que critério você escolheria?”

Este será o critério ou atributo com o segundo maior peso. Esse procedimento segue até que todos os critérios sejam avaliados.

h) Passo 8 – Parte 2 do *Swing* (SMARTS)

A partir da ordenação dos atributos obtidos no passo 7, dá-se início a obtenção de pesos deles. Como dito, a escala adotada pode variar de 0 à 1, de 0 à 10 ou de 0 à 100. Ao critério mais importante é atribuído o peso máximo (1, 10 ou 100). Considera-se então um critério que não seja relevante, ao qual será atribuído o valor mínimo (zero). A partir de então é realizado o *swing* com a escala determinada, questionando-se:

“Na escala escolhida, qual o peso do segundo critério mais importante?”

Este questionamento se repete até que todos os critérios sejam avaliados por ordem de importância.

i) Passo 8 – Obtenção de pesos (SMARTER)

Assim como para o SMARTS, no SMARTER é utilizado a ordem atribuída no passo 7, quando é definido a ordem de importância dos atributos sem a definição de pesos. Este se diferencia ao atribuir pesos sem a necessidade da participação do(s) decisor(es).

O procedimento empregado é o ROC (*Ranking ordered Centroid*) que consiste na utilização da Equação 8.

$$w_i = 1/n \sum_{j=i}^n 1/j \quad (8)$$

A partir da Equação 8, é possível gerar a Tabela 17 abaixo, para um número de atributos variando entre 2 e 5:

Tabela 17 - Pesos por número de atributos (ROC)

		Número de Atributos			
Ordem		5	4	3	2
	1	0,4567	0,5208	0,6111	0,7500
	2	0,2567	0,2708	0,2778	0,2500
	3	0,1567	0,1458	0,1111	
	4	0,0900	0,0625		
	5	0,0400			

Fonte: Adaptado de Edwards; Barron (1994)

Segundo Edwards; Barron (1994) os pesos definidos pelo ROC conduzem a identificação da melhor opção entre 75 e 87% das vezes, dependendo dos detalhes da simulação.

j) Passo 9 - Efetuar a Agregação Aditiva e Escolher

Neste passo são calculados os valores das alternativas com o procedimento de agregação aditivo, dado pela Equação 9.

$$U_h = \sum_{k=1}^K w_k \cdot u_h(x_{hk}) \quad (9)$$

onde:

h = índice da alternativa;

k = índice do atributo;

w_k = Peso do atributo k ;

$u_h(x_{hk})$ = utilidade unidimensional do alternativa h relativa ao atributo k .

- EXEMPLO

O exemplo que será apresentado foi retirado de Edwards; Barron (1994). Assim como nos outros métodos MCDA, o problema é composto dos seguintes elementos: Objetivo(s),

Decisores, Atributos ou critérios e Alternativas. O primeiro passo do SMARTS/SMARTER consiste em definir o conjunto de decisores que participarão da análise do problema e definir o propósito desta análise. O propósito neste exemplo é decidir qual carro comprar.

Os passos 2, 3 e 4, referentes à lista de atributos ou critérios, alternativas a serem avaliadas e a construção da matriz de consequência, respectivamente, são apresentados na Tabela 18.

Tabela 18 - Matriz de Consequências

DIMENSÕES DE VALOR				
Carros	Potência	Condições de Compra	Aço Deformável	Estilo
Anapest	100	90	0	0
Dactyl	0	100	90	70
Iamb	70	40	100	40
Trochee	50	0	40	100

Fonte: Adaptado de Edwards; Barron (1994)

As pontuações ou *scores* apresentados na matriz de consequências (Tabela 18) foram baseadas em uma escala variando de 0 a 100, na qual 0 refere-se a pior alternativa e 100 a melhor alternativa no determinado critério.

Com relação ao passo 5, nenhum dos critérios levantados e apresentados na Tabela 18 foi eliminado. Já relativo ao passo 6, os valores apresentados na matriz de consequências já seguem uma escala de avaliação linear.

No passo 7 (parte 1 do *Swing*) os critérios são comparados entre si, realizando os questionamentos apresentados na explanação deste método. Assim, a seguinte sequência, do mais importante para o menos importante foi definida:

Potência → Condições de compra → Capacidade de deformação → Estilo

A etapa 8, quando são atribuídos pesos aos atributos, pode ser realizada utilizando o ROC (Tabela 17) para o SMARTER e de várias maneiras para o SMARTS. Conhecendo-se o peso de cada critério, faz-se então o cálculo da utilidade de cada alternativa (Passo 8). A Tabela 19 ilustra as possibilidades utilizadas pelo autor e o cálculo das utilidades de cada alternativa.

Tabela 19 - Valores multiatributos para ROC e quatro pontos Extremos

Alternativa	PESOS				
	ROC	(1, 0, 0, 0)	(1/2, 1/2, 0, 0)	(1/3, 1/3, 1/3, 0)	(1/4, 1/4, 1/4, 1/4)
Anapest	76,45	100	95	63,33	47,5
Dactyl	44,58	0	50	63,33	65
Iamb	64,38	70	55	70	62,5
Trochee	38,12	50	25	47,5	47,5
Melhor	76,45	100	95	70	65
ROC (Anapest)	76,45	100	95	63,33	47,5
Erro	0	0	0	6,67	17,5

Fonte: Adaptado de Edwards; Barron (1994)

Pode-se observar por meio da Tabela 19 que utilizando o SMARTER a melhor alternativa é o carro Anapest. Ao utilizar o SMARTS, algumas outras opções podem surgir como melhor alternativa.

Explanado e exemplificado os métodos SMARTS e SMARTER, segue na próxima seção a apresentação dos métodos da família ELECTRE.

2.3.5 ELECTRE

A família de métodos ELECTRE (*Elimination Et Choix Traduisant La Réalité*) teve origem na década de 60 com a criação do ELECTRE I, desenvolvido na França por Bernard Roy, no qual o objetivo era escolher a melhor alternativa de um conjunto de ações dadas (FIGUEIRA; MOUSSEAU, 2005).

Estes métodos, denominados métodos de sobreclassificação (*outranking methods*), se baseiam na comparação par a par de alternativas que exploram uma relação de sobreclassificação (ALMEIDA, 2011).

Figueira *et al.* (2010) apresentam alguns conceitos utilizados nos métodos ELECTRE: As quatro situações de preferência; modelagem através de relações de sobreclassificação; e os conceitos de concordância e não-discordância.

Com relação às quatro situações de preferência que baseiam os métodos ELECTRE na comparação par a par das alternativas, têm-se:

- Indiferença (I): quando há uma equivalência entre ações;
- Preferência Forte (P): quando há razões claras e positivas a favor de uma alternativa em relação à outra;
- Preferência Fraca (Q): quando há razões que invalidam uma preferência forte em favor de uma alternativa, mas que não são suficientes para definir uma preferência forte para a outra alternativa ou mesmo uma indiferença entre elas.
- Incomparabilidade (R): quando não ocorre nenhuma das situações acima.

Referente a modelagem através de relações de sobreclassificação têm-se: o conceito de pseudo-critério e relações binárias parciais.

- Pseudo-critério: é uma função g_j associada a duas funções limiar de indiferença e preferência, $q_j(a)$ e $p_j(a)$, respectivamente.

A maior diferença de desempenho para que haja uma situação de indiferença entre duas alternativas em um determinado critério j é representada por $q_j(g_j(b))$, onde

$q_j(g_j(b)) = g_j(a) - g_j(b)$. A menor diferença de desempenho para que haja uma situação de preferência entre duas alternativas em um determinado critério g_j é representada por $p_j(g_j(b))$, onde $p_j(g_j(b)) = g_j(a) - g_j(b)$.

- Definição de relações binárias parciais: considerando um par ordenado de alternativas (a, b) e os dois limiares referentes ao pseudo-critério g_j , têm-se as seguintes situações:

$$\begin{aligned} 1) g_j(a) - g_j(b) &> p_j(g_j(b)) && \leftrightarrow aP_jb \\ 2) q_j(g_j(b)) < g_j(a) - g_j(b) < p_j(g_j(b)) && \leftrightarrow aQ_jb \text{ (hesitação entre } aI_jb \text{ e } aP_jb) \\ 3) -q_j(g_j(a)) \leq g_j(a) - g_j(b) \leq q_j(g_j(b)) && \leftrightarrow aI_jb \end{aligned}$$

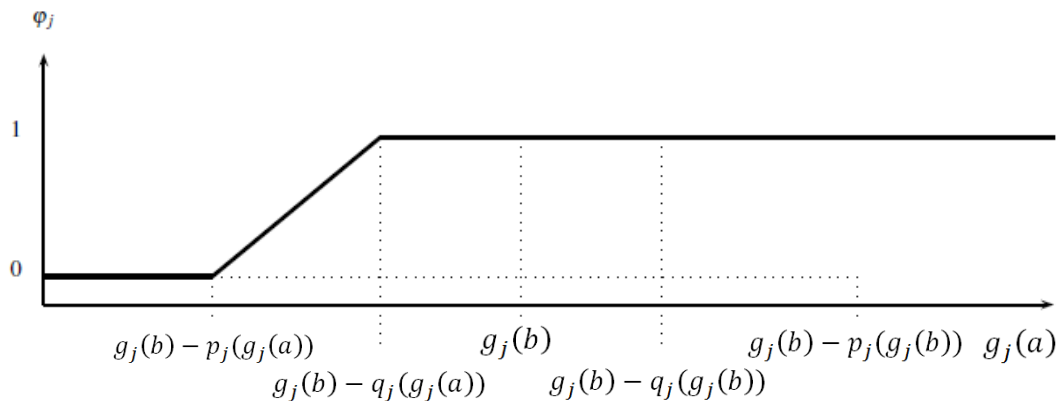
Estas três relações binárias podem ser agrupados em uma relação parcial de sobreclassificação S , sendo $S_j = P_j \cup Q_j \cup I_j$, onde aS_jb significa que a é pelo menos tão bom quanto b .

Ao utilizar as relações de sobreclassificação binária S , quatro situações podem ocorrer:

- aSb e não bSa , aPb (a é fortemente preferível a b)
- bSa e não aSb , bPa (b é fortemente preferível a a)
- aSb e bSa , aIb (a é indiferente a b)
- Não aSb e não bSa , aRb (a é incomparável a b)

A Figura 34 ilustra as diferentes zonas de relações binárias parciais previamente definidas, ou seja, as situações aP_jb , aQ_jb , aI_jb e bP_ja .

Figura 34 - Variação de ϕ_j para um dado $g_j(b)$ e variável $g_j(a)$



Fonte: Adaptado de Figueira *et al.* (2010)

- Conceitos de Concordância e Discordância: O processo de sobreclassificação é baseado nos conceitos de concordância e discordância, que representam as razões pró e contra.
 - Concordância: Para uma sobreclassificação aSb ser validada, uma maioria suficiente de critérios deve estar a favor desta assertiva. O índice de concordância é dado pela Equação 10.

$$c(a, b) = \sum_{\{j: g_j \in \psi(aSb)\}} w_j + \sum_{\{j: g_j \in \psi(bQa)\}} w_j \cdot \left(\frac{g_j(a) - g_j(b) + p_j(g_j(b))}{p_j(g_j(a)) - q_j(g_j(a))} \right) \quad (10)$$

- Discordância: Para uma sobreclassificação aSb não pode ser validada se uma minoria de critérios está fortemente contra esta assertiva. Quando um critério g_j se opõe fortemente a assertiva aSb , g_j põe seu veto. Isto ocorre se $g_j(b) - g_j(a) > v_j(g_j(a))$, onde $v_j(g_j(a))$ é o limiar de veto de g_j . O índice de discordância parcial é dado pela Equação 11.

$$d_j(a, b) = \begin{cases} 1 & \text{se } g_j(a) - g_j(b) < -v_j(g_j(a)), \\ \frac{g_j(a) - g_j(b) + p_j(g_j(b))}{p_j(g_j(a)) - v_j(g_j(a))}, & \text{se } -v_j(g_j(a)) < g_j(a) - g_j(b) < -p_j(g_j(a)), \\ 0 & \text{se } g_j(a) - g_j(b) \geq -p_j(g_j(a)). \end{cases} \quad (11)$$

Segundo Almeida (2011) a família ELECTRE é composta de seis métodos:

- ELECTRE I: problemática de escolha, com uso de critério verdadeiro;
- ELECTRE IS: problemática de escolha, com uso de pseudo-critério;
- ELECTRE II: problemática de ordenação, com uso de critério verdadeiro;
- ELECTRE III: problemática de ordenação, com uso de pseudo-critério;
- ELECTRE IV: problemática de ordenação, com uso de pseudo-critério, sem uso de pesos para os critérios;
- ELECTRE TRI: problemática de classificação, com uso de pseudo-critério.

Segundo Almeida (2011), todos eles são aplicados em duas fases: Construção da relação de sobreclassificação (Fase 1) e Exploração da relação de sobreclassificação (Fase 2).

Na 1ª fase são estabelecidas as comparações par a par entre as alternativas. Para tal, uma matriz de decisão (Alternativas x Critérios) deve ser construída. Uma representação genérica da 1ª fase é apresentada na Figura 35.

Belton; Stewart (2002) apresentam exemplos de aplicação do ELECTRE onde a construção da matriz de decisão se dá tanto através julgamentos qualitativos quanto através de dados quantitativos. Assim, quando utilizado dados quantitativos, devido à diferença entre as escalas de mensuração pertencente a cada critério, Hunjak (1997) sugere transformar os valores em escalas comparáveis através de sua normalização. O autor propõe os seguintes passos para a realização da fase 1:

- (1) Normalizar os valores referentes aos critérios e, como todos os critérios não precisam ser igualmente importantes, multiplicar os valores de cada coluna da matriz por seu respectivo peso (w_j), conforme Equação 12;

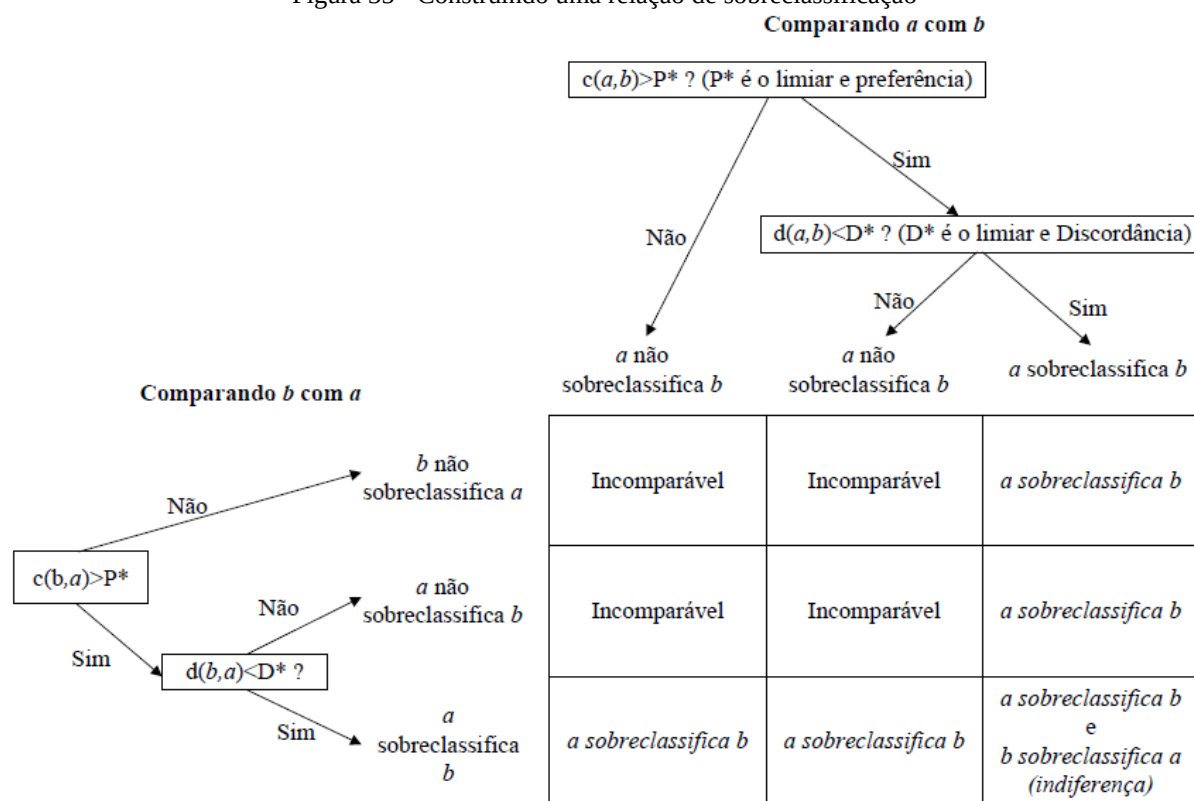
$$n_{ij} = w_j \cdot \left[\frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{j=1}^m (x_{ij})^2}} \right] \quad (12)$$

- (2) Desenvolver as matrizes de concordância e discordância conforme equações 10 e 11, respectivamente;

Na 2ª fase são aplicados os procedimentos ou algoritmos para a resolução do problema de acordo com o tipo de problemática escolhida.

Como o objetivo deste trabalho consiste no desenvolvimento de uma ordem para priorização dos riscos, serão detalhados aqui os métodos que trata de uma problemática de ordenação (ELECTRE II e ELECTRE III), com exceção do ELECTRE IV que se diferencia apenas por não utilizar pesos para os critérios.

Figura 35 - Construindo uma relação de sobreclassificação



Fonte: Adaptado de Belton; Stewart (2002)

a) ELECTRE II

O ELECTRE II foi desenvolvido pouco depois do ELECTRE I com o objetivo de ranquear as alternativas invés de indicar apenas a mais preferida (BELTON; STEWART, 2002).

Segundo Almeida (2011) neste método são construídas duas relações de sobreclassificação: Relação de sobreclassificação forte (P) e relação de sobreclassificação fraca (Q). Para tal, dois limiares de concordância c^+ e c^- e dois limiares de discordância d^+ e d^- são estabelecidos, onde $c^+ > c^-$ e $d^+ < d^-$.

Para que ocorra uma preferência forte (aPb), duas condições devem ser satisfeitas: $C(a,b) \geq c^+$ e $C(a,b) \geq C(b,a)$. Esta segunda restrição reduz a possibilidade de sobreclassificarem uma à outra (BELTON; STEWART, 2002).

Para a construção da relação de sobreclassificação faz-se o cálculo do índice de concordância, $C(a,b)$, definido a partir dos pesos dos critérios (w_j) em que a é igual ou preferível a b (aSb), como apresentado na Equação 13.

$$C(a,b) = \frac{\sum_{i: aSb} w_j}{\sum_{j=1}^m w_j} \quad (13)$$

Já o índice de discordância se dá através da seguinte condição: Caso, ao comparar dois elementos, haja uma diferença maior ou igual ao limiar de discordância entre o desempenho das duas alternativas, o índice de discordância para o par ordenado de alternativas recebe o valor 1, caso contrário, recebe o valor 0 (zero).

Os valores encontrados podem ser dispostos em uma matriz (Alternativas x Alternativas), para melhor visualização.

Hunjak (1997) apresenta os seguintes procedimentos para a realização da exploração da relação de sobreclassificação.

- 1) Construir as relações de sobreclassificação a partir das definições de concordância e discordância, e representar graficamente as relações de domínio entre alternativas. No gráfico, quando a alternativa “A” sobreclassifica a alternativa “B”, sua representação se dá por um arco direcionado de “A” até “B”. Esta análise se dá através dos limiares de discordância;
- 2) Calcular outros dois índices, índice de concordância pura e índice de discordância pura, conforme equações 14 e 15, respectivamente.

$$C_i = \sum_j^n c(i, j) - \sum_j^n c(j, i), \text{ onde } i \neq j \quad (14)$$

$$D_i = \sum_j^n d(i, j) - \sum_j^n d(j, i), \text{ onde } i \neq j \quad (15)$$

- a. Uma vez calculados os índices, obter dois *rankings* separados de alternativas com base nos respectivos índices;
- b. Determinar um *ranking* final a partir da média dos dois *rankings* obtidos no passo (a).

Belton; Stewart (2002) e Almeida (2011), na fase de exploração da relação de sobreclassificação são realizados dois ranqueamentos das alternativas, utilizando as duas relações de sobreclassificação (sobreclassificação forte e fraca). No primeiro *ranking* inicia com a melhor alternativa e segue em ordem decrescente. Já o segundo ranqueamento começa com a pior e segue em ordem ascendente. Os procedimentos para obtenção desses *rankings* são apresentados a seguir:

- 1) Especificar os limiares de concordância e discordância para a sobreclassificação forte e para a sobreclassificação fraca;
- 2) Definir o conjunto completo das alternativas A;

- 3) Determinar o conjunto de alternativas que não são fortemente sobreclassificadas (A^F) por nenhuma outra alternativa de A ;
- 4) Dentro do conjunto A^F , determine o conjunto de alternativas que não são fracamente sobreclassificadas (A^f) por qualquer outro elemento de A^F . Isto define a primeira classe do ranqueamento decrescente;
- 5) Exclua as alternativas de A^f do conjunto A e repita o procedimento a partir do procedimento 3 continuamente até todas as alternativas tenham sido classificadas. Isto gera o primeiro ranqueamento.
- 6) Comece novamente com o conjunto A sendo definido pelo conjunto de todas as alternativas;
- 7) Determinar o conjunto de alternativas que não sobreclassificam fortemente (R^F) nenhuma outra alternativa;
- 8) Dentro do conjunto R^F , determine o conjunto de alternativas que não são sobreclassificam de maneira fraca (R^f) qualquer outro elemento de R^F . Isto define a primeira classe do ranqueamento ascendente;
- 9) Exclua as alternativas de R^f do conjunto A e repita o procedimento a partir do procedimento 7 continuamente até todas as alternativas tenham sido classificadas. Isto gera o segundo ranqueamento.

Seguindo-se estes procedimentos obtêm-se as duas pré-ordens, as quais devem servir de base para a obtenção de uma ordem final. Belton; Stewart (2002), Figueira; Mousseau (2005) e Almeida (2011) afirmam que elas podem ser usadas de forma combinada, observando a relação de interseção entre as duas pré-ordens, resultando em uma ordem parcial. Esta ainda pode ser refinada para definir uma ordem completa, mas pode-se perder alguma informação relevante presente na ordem parcial.

b) ELECTRE III

Nos métodos ELECTRE I e ELECTRE II, os quais assumiam que todos os critérios eram verdadeiros, qualquer diferença na comparação de desempenho entre duas alternativas era considerada uma relação de preferência, ou seja, só ocorria uma situação de indiferença se ambos as alternativas obtivessem desempenho idêntico. No ELECTRE III introduz a noção de limiar de preferência e indiferença (BELTON; STEWART, 2002).

Para Figueira; Mousseau (2005) este foi desenvolvido com o objetivo de melhorar o ELECTRE II e lidar com uma não acurada, imprecisa, incerta ou má determinação de dados.

Foi neste método que se deu a introdução do conceito de pseudo-critério ao utilizar os limiares de preferência e indiferença.

Para Almeida (2011), o fato de atribuir valores às alternativas é um aspecto relevante deste método.

Segundo Figueira; Mousseau (2005) o processo de construção da relação de sobreclassificação é baseado no Grau de Sobreclassificação ou Índice de Credibilidade entre o par de alternativas $S(a, b)$. O índice de concordância é dado pela Equação 10 e o índice de discordância é dado pela Equação 11. Com estes dois índices pode-se calcular o índice de credibilidade, determinado pela Equação 14.

$$S(a, b) = c(a, b) \cdot \left[\prod_{i: D_i(a, b) > c(a, b)} \frac{1 - D_i(a, b)}{1 - c(a, b)} \right] \quad (14)$$

Segundo Almeida (2011), quando não há discordância para nenhum critério, o índice de credibilidade é igual ao índice de concordância. Caso contrário, o índice de credibilidade é igual a um valor menor do que índice de concordância, como apresentado na Equação 13. Para Li; Wang (2007) o conjunto completo de índice de credibilidade pode ser representado como na matriz abaixo.

$$S = \begin{bmatrix} S(a, a) & S(a, b) & \dots & S(a, z) \\ S(b, a) & S(b, b) & \dots & S(b, z) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ S(z, a) & S(z, b) & \dots & S(z, z) \end{bmatrix}$$

Com isso pode-se prosseguir para a fase de exploração da relação de sobreclassificação. Almeida (2011) descreve que esta ocorre com a obtenção de duas pré-ordens completas. A primeira pré-ordem é obtida aplicando o procedimento chamado destilação descendente que consiste no seguinte algoritmo, apresentado por Belton; Stewart (2002):

- 1) Determinar o valor máximo do índice de credibilidade, $\lambda_{m\acute{a}x} = m\acute{a}x S(a, b)$, onde a maximização é obtido do conjunto atual de alternativas considerado;
- 2) Definir o λ^* conforme Equação 15:

$$\lambda^* = \lambda_{m\acute{a}x} - (0,3 - 0,15\lambda_{m\acute{a}x}) \quad (15)$$

- 3) Para cada alternativa, determinar seu $\lambda - forte$, conhecido como o número de alternativas no atual conjunto que é $\lambda - preferido$ usando $\lambda = \lambda^*$. Uma alternativa a é $\lambda - preferido$ a uma alternativa b se $S(a, b) > \lambda_{m\acute{a}x}$ e se $\lambda_{m\acute{a}x} \cdot S(a, b) > S(b, a)$;
- 4) Para cada alternativa, determinar seu $\lambda - fraco$, conhecido como o número de alternativas no atual conjunto que são $\lambda - preferido$ a ele utilizando $\lambda = \lambda^*$;

- 5) Para cada alternativa, determinar sua qualificação, que é dada por seu $\lambda - forte$ menos o seu $\lambda - fraco$;
- 6) O conjunto de alternativas com as maiores qualificações é chamado de primeira destilação D1;
- 7) Se D1 tem mais do que uma alternativa, repita o processo no conjunto D1 até que todas as alternativas tenham sido classificadas; então, continue com o conjunto original, excluindo conjunto D1, até que todas as alternativas tenham sido classificadas.

A destilação ascendente é obtida da mesma maneira que a destilação descendente, exceto pelo passo 6, onde o conjunto de alternativas com a menor qualificação forma a primeira destilação.

- EXEMPLO

O exemplo que será apresentado foi retirado de Belton; Stewart (2002). O problema é composto de três elementos: Objetivo, critérios e Alternativas. O objetivo do problema apresentado é definir a localização de um negócio. Para tal foram selecionadas sete cidades e seis critérios, apresentados na Tabela 20 com os pesos dos critérios e o desempenho das alternativas em cada um deles.

Tabela 20 - Matriz de Decisão para o problema de localização de negócio

	<i>Avail. of staff</i>	<i>Acess from US</i>	<i>Qual. of Life</i>	<i>BUSINESS POTENTIAL</i>		<i>Ease of setup and operations</i>
				<i>Public sector</i>	<i>Private sector</i>	
Weights	6	4	3	10	8	6
Paris	Av	H	H	H	VH	Av
Brussels	L	Av	Av	VH	Av	Av
Amsterdam	H	VH	Av	H	VH	H
Berlin	H	L	L	Av	H	H
Warsaw	H	L	L	Av	Av	L
Milan	H	L	VH	Av	H	H
London	Av	VH	H	Av	H	VH

Fonte: Belton; Stewart (2002)

Onde: *Low* (L) < *Average* (Av) < *High* (H) < *Very High* (VH).

Com base nos dados da Tabela 20, dá-se a construção da relação de sobreclassificação. Pelo ELECTRE II utiliza-se a Equação 12, obtendo os resultados apresentados na Tabela 21. Como exemplo, é apresentado abaixo o cálculo do índice de concordância $c(\text{Paris}, \text{Brussels})$.

$$c(\text{Paris}, \text{Brussels}) = \frac{6 + 4 + 3 + 8 + 6}{6 + 4 + 3 + 10 + 8 + 6} = \frac{27}{37} = 0,73$$

O mesmo procedimento é utilizado em todas as comparações par a par.

Tabela 21 - Índice de Concordância (ELECTRE II)

	Par.	Bru.	Ams.	Ber.	War.	Mil.	Lon.
Paris	1,00	0,73	0,73	0,68	0,84	0,59	0,73
Brussels	0,43	1,00	0,51	0,46	0,84	0,38	0,27
Amsterdam	0,76	0,73	1,00	0,84	0,84	0,76	0,59
Berlin	0,32	0,54	0,32	1,00	0,84	0,92	0,65
Warsaw	0,16	0,38	0,16	0,62	1,00	0,54	0,43
Milan	0,41	0,62	0,41	1,00	0,84	1,00	0,73
London	0,51	0,73	0,51	0,84	0,84	0,76	1,00

Fonte: Belton; Stewart (2002)

Para cálculo do índice de discordância utilizou-se como limiar de veto três pontos de escala para todos os critérios, ou seja, ao comparar duas alternativas, caso exista uma diferença entre o desempenho das duas alternativas maior ou igual a 3 em qualquer alternativa, o índice de discordância para o par ordenado de alternativas recebe o valor 1. Como exemplo pode-se citar a comparação entre Berlim e Amsterdam, com desempenho *Low* e *Very High*, respectivamente, logo $d(\text{Berlim}, \text{Amsterdam}) = 1$. A Tabela 22 apresenta os valores dos índices de discordância.

Tabela 22 - Índice de Discordância (ELECTRE II)

	Par.	Bru.	Ams.	Ber.	War.	Mil.	Lon.
Paris	-	0	0	0	0	0	0
Brussels	0	-	0	0	1	0	0
Amsterdam	0	0	-	0	1	0	0
Berlim	0	0	1	-	0	1	1
Warsaw	0	0	1	1	-	1	1
Milan	0	0	1	0	0	-	1
London	0	0	0	0	0	0	-

Fonte: Belton; Stewart (2002)

Dando início à exploração das relações de sobreclassificação, inicialmente define-se o limiar de concordância e discordância para sobreclassificação forte e fraca: $c^+=0,8$; $d^+=0,1$; e $c^-=0,7$. Dessa maneira, seguindo os procedimentos do ELECTRE II, obtêm-se as seguintes ordens (Quadro 36).

Quadro 36 - Pré-ordens

Ordem Descendente	Ordem Ascendente
Amsterdam	Amsterdam
Paris	Paris
London	London, Milan
Brussels, Milan	Berlim
Berlin	Warsaw, Brussels
Warsaw	

Fonte: Adaptado de Belton; Stewart (2002)

Realizando a interseção entre as duas ordens, obtêm-se a seguinte ordem parcial (Quadro 37). Esta ordem apresenta uma ordem do mais preferível para o menos preferível.

Quadro 37 - Ordem Parcial (ELECTRE II)

Ordem Parcial
Amsterdam
Paris
London
Milan
Brussels, Berlin
Warsaw

Fonte: Adaptado de Belton; Stewart (2002)

Para o ELECTRE III, Belton; Stewart (2002) utilizaram uma matriz de decisão diferente da utilizada para o ELECTRE I. Nesse caso, os desempenhos das alternativas nos critérios inseridos na matriz assumem uma informação quantitativa.

Assumem-se os valores apresentados na Tabela 23 para os limiares de preferência (p_i), indiferença (q_i) e de veto (v_i). No caso do limiar de veto, onde estiver inserido o termo *none* implica-se que o critério não contribui para a discordância.

Tabela 23 - Limiares de indiferença, preferência e veto (ELECTRE III)

CRITÉRIO	q_i	p_i	v_i
<i>Availability of staff</i>	1	5	<i>none</i>
<i>Accessibility from US</i>	2	7	15
<i>Quality of Life</i>	1	2	<i>none</i>
<i>Business Potential – public sector</i>	3	15	50
<i>Business Potential – private sector</i>	3	15	50
<i>Ease of set-up and operations</i>	1	2	<i>none</i>

Fonte: Adaptado de Belton; Stewart (2002)

Como exemplo de cálculo dos índices de concordância e de credibilidade, é ilustrado o caso de comparação entre Berlim e as outras cidades. Para o quarto critério (*Business potential – public sector*) Berlim foi avaliada com *score* 50, Milan com 55 e Amsterdam com 75. Utilizando a Equação 10 (cálculo de concordância) e a Equação 11 (cálculo de discordância), que depende do tipo de situação entre cada par ordenado. Tem-se que:

Ao comparar Berlin e Milan, encontrasse $c_4(\text{Berlin}, \text{Milan}) = 0,793$ e $d_4(\text{Berlin}, \text{Milan}) = 0$. Ao comparar Berlin e Amsterdam, $c_4(\text{Berlin}, \text{Amsterdam}) = 0$ e $d_4(\text{Berlin}, \text{Amsterdam}) = 0,286$. O mesmo se repete para o restante das alternativas e critérios, resultando na matriz de concordância (Tabela 24) e de discordância. Só é necessário realizar o cálculo de discordância para o 2º, 4º e 5º critério, já que o restante não contribui para o mesmo.

Tabela 24 - Índice de Concordância (ELECTRE III)

	Par.	Bru.	Ams.	Ber.	War.	Mil.	Lon.
Paris	1,000	0,730	0,489	0,676	0,838	0,676	0,732
Brussels	0,516	1,000	0,514	0,550	0,838	0,468	0,532
Amsterdam	0,757	0,802	1,000	0,838	0,838	0,757	0,676
Berlim	0,414	0,649	0,324	1,000	0,838	0,793	0,811
Warsaw	0,162	0,591	0,162	0,577	1,000	0,383	0,477
Milan	0,608	0,708	0,405	1,000	0,959	1,000	0,892
London	0,514	0,730	0,514	0,883	0,838	0,676	1,000

Fonte: Belton; Stewart (2002)

Conhecidos todos os índices de concordância e discordância pode-se, então, calcular os índices de credibilidade. Tomando como exemplo base a alternativa Berlin, Sabe-se que $d_4(Berlin, Amsterdam) = 0,286$. Obtidos da mesma forma, conhece-se também $d_2(Berlin, Amsterdam) = 0,625$ e $d_5(Berlin, Amsterdam) = 0,143$. Utilizando a Equação 13 (cálculo do índice de credibilidade), verificando a condição de empregar apenas os índices de discordância que são maiores do que o índice de concordância, utiliza-se apenas o d_2 neste cálculo, pois $d_2(Berlin, Amsterdam) = 0,625 > 0,324 = c(Berlin, Amsterdam)$. Assim, tem-se:

$$S(Berlin, Amsterdam) = 0,324 \cdot \left(\frac{1 - 0,625}{1 - 0,324} \right) = 0,180$$

O mesmo procedimento se repete para todos os pares de cidades, resultando na matriz de índices credibilidade (Tabela 25).

Tabela 25 - Índice de Credibilidade (ELECTRE III)

	Par.	Bru.	Ams.	Ber.	War.	Mil.	Lon.
Paris	1,000	0,730	0,489	0,676	0,838	0,676	0,732
Brussels	0,516	1,000	0,514	0,550	0,838	0,468	0,532
Amsterdam	0,757	0,802	1,000	0,838	0,838	0,757	0,676
Berlim	0,414	0,649	0,180	1,000	0,838	0,793	0,811
Warsaw	0,138	0,413	0,017	0,577	1,000	0,383	0,288
Milan	0,608	0,708	0,170	1,000	0,959	1,000	0,892
London	0,514	0,730	0,514	0,883	0,838	0,676	1,000

Fonte: Belton; Stewart (2002)

A partir de agora se dá início ao processo de destilação, iniciando com a destilação descendente e finalizando com a destilação ascendente. Dando início a destilação descendente, baseado nos índices de credibilidade (Tabela 25), define-se o valor de $\lambda_{máx} = máxS(a, b) = 1,00$. Posteriormente define-se o valor de λ^* conforme Equação 14 definida no procedimento 2.

$$\lambda^* = \lambda_{máx} - (0,3 - 0,15\lambda_{máx}) = 1 - (0,3 - 0,15 \times 1) = 0,85$$

Com isso, pode-se calcular o valor de s através da Equação:

$$s = máxS(a, b) - \lambda_{máx} = 1 - 0,85 = 0,15$$

Assim, tem-se que $\lambda^* = 0,85$ e $s = 0,15$.

Para que uma alternativa seja λ – *preferido* à outra, algumas condições devem ser satisfeitas, como é apresentado no procedimento 3 da destilação. Neste exemplo, considerando-se estas condições, encontra-se que Milan é λ – *preferido* a Berlin, Warsaw e London. Assim Milan é ranqueada como a alternativa mais qualificada e é classificada como primeira na destilação descendente. Após eliminar Milan, encontra-se $\lambda_{máx} = 0,883$, $\lambda^* = 0,715$ e $s = 0,168$. Este retorna que Amsterdam é a alternativa mais qualificada na segunda rodada da destilação, sendo ranqueada como segunda alternativa.

A destilação ascendente inicia como a destilação ascendente, mas, devido a Milan ser λ – *preferido* à Berlin, Warsaw e London, as três alternativas formam a primeira destilação. Comparando-as entre si, determina-se que Berlin e London são λ – *preferido* a Warsaw, logo Warsaw torna-se a primeira destilação por ser a alternativa com o pior ranqueamento.

Continuando este procedimento, as ordens geradas através da destilação descendente e da destilação ascendente são respectivamente (Quadro 38).

Quadro 38 - Ordens das Destilações Descendente e Ascendente (ELECTRE III)

Destilação descendente	Destilação Ascendente
Milan	Amsterdam
Amsterdam	Paris
Paris	Milan
London	Brussels
Brussels, Berlin	Berlin, London
Warsaw	Warsaw

Fonte: Belton; Stewart (2002)

Nota-se que há uma semelhança entre os dois ranqueamentos gerados, apresentando o resultado de que Milan, Paris e Amsterdam são claramente indicados como alternativas preferidas, e Berlin e Warsaw como alternativas menos preferidas.

2.3.6 Discussão sobre os métodos para avaliação do impacto do risco

Os métodos apresentados (AHP, ANP, MACBETH, SMARTS, SMARTER, ELECTRE) têm como objetivo auxiliar na tomada de decisão, cada um com suas características e particularidades.

O Quadro 39 resume as características do método AHP.

Quadro 39 – Características do AHP

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Selecionar as melhores alternativas utilizando como base diferentes critérios de avaliação e comparando-os par a par. Seu intuito é definir um ranking de prioridade na escolha de alternativas.
Procedimentos Gerais	- Definir problema; - Estruturar os elementos do problema de forma gráfica; - Efetuar comparação par a par, através de julgamentos, os elementos de decisão; - Estabelecer o índice global de prioridades.
Elementos de decisão	- Critérios; - Subcritérios (caso existam); - Alternativas.
Estrutura do problema a ser analisado	O problema segue uma estrutura hierárquica, onde temos no topo o objetivo, abaixo dele os critérios e subcritérios, e, na base dessa estrutura, as alternativas a serem avaliadas.
Tipo de informação utilizada	Usualmente são utilizados julgamentos qualitativos nas comparações par a par, através da escala proposta pelo método ou ainda com o estabelecimento de categorias para cada critério (<i>Rating Model</i>). Permite também a utilização de informações quantitativas relacionadas aos critérios e alternativas.

Fonte: Elaboração Própria

No Quadro 40 podem ser visualizadas as características do método ANP.

Quadro 40 - Características do ANP

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Considerado uma generalização do AHP, assim como ele, tem como objetivo selecionar as melhores alternativas utilizando como base diferentes critérios de avaliação e comparando-os par a par. Seu intuito é definir um ranking de prioridade na escolha de alternativas.
Procedimentos Gerais	- Definição do problema; - Estruturar os elementos do problema de forma gráfica; - Comparar os elementos de decisão par a par, através de julgamentos; - Estabelecer o índice global de prioridades através de cálculos.
Elementos de decisão	- Critérios; - Subcritérios (caso existam); - Alternativas.
Estrutura do problema a ser analisado	O problema segue uma estrutura em forma de rede, onde é avaliada a existência de relação de influência entre os elementos de decisão do problema, servindo como referência para realização das comparações par a par.
Tipo de informação utilizada	Usualmente são utilizados julgamentos qualitativos nas comparações par a par, através da escala proposta pelo método ou ainda com o estabelecimento de categorias para cada critério (<i>Rating Model</i>), mas permite também a utilização de informações quantitativas relacionadas aos critérios e alternativas.

Fonte: Elaboração Própria

MACBETH tem suas características apresentadas no Quadro 41.

Quadro 41 - Características do Macbeth

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Avaliar alternativas considerando múltiplos critérios, apresentando como resultado pontuações para elas. Ou seja, seu objetivo é identificar a proposta mais vantajosa.
Procedimentos Gerais	- A partir do problema a ser resolvido, refletir sobre critérios importantes para avaliação de alternativas; - Estruturar os elementos do problema de forma gráfica; - Atribuir descritores de <i>performance</i> aos critérios de avaliação; - Identificar os níveis de referência bom e neutro do descritor de <i>performance</i> de cada critério; - Comparar os níveis de <i>performance</i> de cada descritor par a par, através da análise de atratividade (muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte e extrema); - Repetir o procedimento anterior para definição dos pesos de cada critério; - Estabelecer a pontuação das alternativas.
Elementos de decisão	- nós critérios e nós não-critério; - Descritores de <i>performance</i>; - Alternativas.
Estrutura do problema a ser analisado	O problema segue uma estrutura em forma árvore, a qual apresenta o objetivo, os nós critério e não-critério.
Tipo de informação utilizada	Utiliza de julgamentos qualitativos nas comparações par a par baseado na atratividade que um tem sobre o outro (muito fraca, fraca, moderada, forte, muito forte, extrema).

Fonte: Elaboração Própria

O Quadro 42 resume as características do SMARTS e do SMARTER. Estes foram agrupados por serem praticamente iguais, diferenciando em apenas uma das etapas.

Quadro 42 - Características do SMARTS e do SMARTER

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Avaliar alternativas considerando múltiplos critérios, apresentando como resultado pontuações para elas.
Procedimentos Gerais	- Definir propósitos do problema e os decisores; - Definir atributos; - Estabelecer alternativas; - Construir a matriz de consequências que relaciona alternativa e atributos através da atribuição de pontuações; - Eliminação das alternativas dominadas; - Construir a matriz de avaliação ao converter os dados da matriz de consequências para uma mesma escala (0 a 100 por exemplo); - Realizar primeiro <i>swing</i>, ou seja, avaliar uma ordem de importância dos critérios; - Atribuição dos pesos de cada critério na avaliação - Para o SMARTS: Realizar segundo <i>swing</i> para atribuição do peso de cada critério; - Para o SMARTER: Utilizar o procedimento ROC, que consiste em uma tabela com pesos de acordo com o número de critérios existentes, para inserção do peso de cada um deles; - Calcular pontuação de cada alternativa a partir do peso de cada critério e o desempenho das alternativas em cada um deles, e escolher.
Elementos de decisão	- Critérios - Alternativas;
Estrutura do problema a ser analisado	O problema pode ser estruturado em forma de hierarquia ou árvore, a qual apresenta o objetivo, critérios e alternativas.
Tipo de informação utilizada	Pode utilizar de julgamentos qualitativos e/ou pontuações quantitativas, pois o método converte-os em uma escala singular (ex: valores de 0 a 100).

Fonte: Elaboração Própria

As características do ELECTRE II são resumidas no Quadro 43.

Quadro 43 - Características do ELECTRE II

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Avaliar alternativas considerando múltiplos critérios, apresentando como resultado uma ordenação das alternativas. Ou seja, seu objetivo é listar em ordem preferência as alternativas. Como forma de pontuação, pode-se analisar os índices de concordância e discordância pura.
Procedimentos Gerais	- Determinar Critérios, alternativas, e limiares; - Construir a matriz de decisão, relacionando as alternativas aos critérios através de índices de desempenho; - Desenvolver a construção da relação de sobreclassificação através do cálculo dos índices de concordância e discordância; - Explorar as relações de sobreclassificação: - Construir a ordem é descendente; - Construir a ordem é ascendente; - Desenvolver uma ordem final, obtida, geralmente, através de uma relação de interseção entre as duas ordens, ou através da média das duas ordens.
Elementos de decisão	- Critérios; - Limiares de concordância, discordância e veto; - Alternativas.
Estrutura do problema a ser analisado	Sua estrutura se baseia apenas no conjunto de critérios e alternativas.
Tipo de informação utilizada	Os critérios são avaliados através de escalas ordinais (ex: baixo, médio, alto) ou através de dados quantitativos que devem ter seus valores normalizados para facilitar o processo de comparação.

Fonte: Elaboração Própria

Por fim, o Quadro 44 resume as características do ELECTRE III.

Quadro 44 - Características do ELECTRE III

CARACTERÍSTICAS	DESCRIÇÃO
Objetivo	Avaliar alternativas considerando múltiplos critérios, apresentando como resultado uma ordenação das alternativas. Ou seja, seu objetivo é listar em ordem de preferência as alternativas.
Procedimentos Gerais	- Definição de critérios, alternativas e limiares de preferência, indiferença e veto; - Construir a matriz de decisão, relacionando as alternativas aos critérios através de índices de desempenho; - Desenvolver a construção da relação de sobreclassificação. - Cálculo do índice de concordância; - Cálculo do índice de discordância; - Cálculo do índice de credibilidade; - Explorar as relações de sobreclassificação através do processo de destilação: - Primeira destilação: ordem descendente; - Segunda destilação: ordem ascendente; - A partir da análise das duas ordens, definir um resultado final das alternativas preferidas.
Elementos de decisão	- Critérios; - Limiares de preferência, indiferença e veto; - Alternativas.
Estrutura do problema a ser analisado	Sua estrutura se baseia apenas no conjunto de critérios e alternativas.
Tipo de informação utilizada	Permite a utilização de dados quantitativos referentes ao desempenho das alternativas nos critérios e uma avaliação, embora valorada, qualitativa obtida através de um julgamento dos decisores.

Fonte: Elaboração Própria

Após apresentados os métodos multicritério, ressaltam-se as lacunas, identificadas neste trabalho, a serem preenchidas no processo de avaliação do impacto dos riscos em cadeia de suprimentos. Há a necessidade de buscar uma forma de avaliar os riscos utilizando-se de

uma combinação de informações qualitativas (julgamentos) e quantitativas (informações mensuráveis). Tsai; Liao; Han (2008) e Xia; Chen (2011) levantam também a necessidade de considerar o relacionamento entre os riscos, afirmando que estes podem possuir uma relação de influência.

Analisando as características de cada método abordado na seção 2.3 apresentadas nos Quadros 39, 40, 41, 42, 43 e 44, pode-se concluir que:

Com respeito aos aspectos **Objetivo** e **Procedimentos Gerais**, todos os métodos adequam-se ao objetivo do trabalho ao apresentar como resultado uma ordenação das alternativas, pois o que se quer com este trabalho é apresentar um procedimento que possibilite priorizar os riscos segundo a criticidade de cada um deles. Embora todos os métodos permitam a ordenação das alternativas, apenas os métodos AHP, ANP, MACBETH, SMARTS e SMARTER apresentam uma pontuação para cada uma das alternativas, o que permite avaliar quão maior ou menor é o impacto gerado por um risco em relação aos outros. Os métodos ELECTRE II e ELECTRE III podem ser aplicados utilizando a abordagem de Hunjak (1997), o que permite uma análise de pontuação através dos índices de concordância e discordância pura.

Do ponto de vista dos **Elementos de decisão**, como se sabe, todos os métodos apresentados são compostos de vários critérios para avaliação das alternativas do problema proposto.

Com relação ao aspecto **Tipo de informação utilizada**, verifica-se nos métodos AHP, ANP, SMARTS, SMARTER e ELECTRE II e ELECTRE III a possibilidade de uso tanto de dados quantitativos como de julgamentos qualitativos, o que permite combinar informações que podem ser levantadas ou mensuradas com a experiência e conhecimento dos decisores. Neste momento, constata-se a inadequação do método MACBETH a realidade deste trabalho, pois este utiliza unicamente de uma avaliação qualitativa.

Sob o aspecto **Estrutura do problema a ser analisado**, o único método que faz referência à possibilidade de desenvolver uma análise de influência entre os elementos de decisão por estruturar o problema em forma de rede é o método ANP, fato não realizável por nenhum outro método apresentado neste trabalho.

Desta forma, tendo em vista o objetivo deste trabalho e as lacunas apresentadas no processo de avaliação de riscos em cadeia de suprimentos, observa-se que o ANP é o método multicritério mais adequado, pois, além de preencher todas as lacunas, é o único que permite analisar o problema através de uma rede, ou seja, analisando a influência que os elementos da decisão possam ter entre si.

2.4 Probabilidade de Riscos em Cadeia de Suprimentos

Segundo Devore (2006) “o termo probabilidade se refere ao estudo da aleatoriedade e incerteza.”. Afirma ainda que a probabilidade faz uso de métodos para quantificar as chances associadas ao número de possíveis resultados de ocorrência de uma situação qualquer, acrescenta.

Segundo Marshall (2002), a probabilidade de eventos de ocorrência comum pode ser modelada como uma distribuição de Poisson, considerando que a maioria deles ocorre com uma frequência quase que constante durante um determinado intervalo de tempo.

Segundo Wiendahl; Selaouti; Nickel (2008) é necessário examinar os indicadores de risco em períodos passados para calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos. Para tal, é usado o teste de Kolmogorov-Smirnov na determinação se o indicador de risco segue uma distribuição normal, de Cauchy, exponencial ou de Weibull.

Para McCormack; Bronzo; Oliveira (2010, p.585) “os fatores de risco não são mutuamente excludentes, sendo que a ocorrência de um fator pode implicar na ocorrência de outro”. Os autores apresentam em seu trabalho que a probabilidade de riscos em cadeia de suprimentos pode ser calculada e analisada através de redes bayesianas.

Nesta seção apresenta-se o modelo de redes bayesianas e as distribuições de probabilidade que permitem o cálculo da probabilidade de os riscos ocorrerem, servindo de informação base para avaliação do risco e, posteriormente, definir ações para aqueles que têm maior urgência em ser mitigado.

2.4.1 Redes Bayesianas

Para Kjaerulff; Madsen (2008) rede bayesiana é conceituada como um gráfico acíclico dirigido (DAG – *Directed Acyclic Graph*) o qual define uma fatoração de uma distribuição de probabilidade conjunta sobre variáveis representadas por nós do DAG, onde a fatoração é dada pelas ligações direcionadas do DAG. Ou seja, para um DAG, $\mathcal{G}(V, A)$, onde V descreve o conjunto de nós (vértices) e A um conjunto de arcos que interligam pares de vértice, uma distribuição de probabilidade conjunta $P(X_V)$, sobre um conjunto de variáveis (geralmente discretas) X_V indexada por “ V ” pode ser fatorada como:

$$P(X_V) = \prod_{v \in V} P(X_v | X_{pa(v)}),$$

onde $X_{pa(v)}$ é o conjunto de variáveis Pai da variável X_v para cada variável Filha $v \in V$.

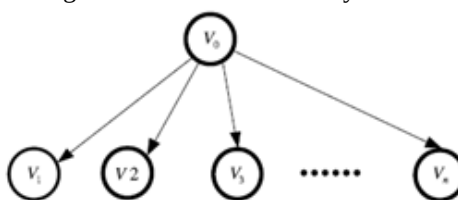
Neapolitan (2003) define as redes bayesianas como estruturas gráficas para representar o relacionamento probabilístico entre um grande número de variáveis e realizar inferência probabilística entre elas. Segundo o mesmo, uma rede bayesiana pode ser demonstrada através do uso de arcos que representam influência direta entre variáveis.

Para Marques; Dutra (2008), uma Rede Bayesiana consiste de:

- Um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis;
- Cada variável possui um conjunto limitado de estados mutuamente exclusivos;
- As variáveis e arcos formam um grafo dirigido sem ciclos (DAG);
- Para cada variável A que possui como pais $B_1, B_2, \dots, B_n$, existe uma tabela $P(A|B_1, B_2, \dots, B_n)$.

Corroborando com os autores supracitados, L'astorina (2009) afirma que as redes bayesianas são modelos gráficos representados por um conjunto de variáveis (variáveis pai e variáveis filha) e um conjunto de arcos que ligam algumas dessas variáveis. Existem probabilidades condicionais entre as variáveis interligadas que são apresentadas em tabelas.

Figura 36 - Classificador Bayesiano



Fonte: L'astorina (2009)

Podem-se definir variáveis “Pai” como as variáveis que influenciam a ocorrência das variáveis “Filha”.

McCormack; Bronzo; Oliveira (2010) acrescentam que cada nó (variável aleatória) deve ter um número finito de estados mutuamente exclusivos, como Verdadeiro e Falso.

Segundo L'astorina (2009) o modelo bayesiano é determinado através da presunção de independência entre as variáveis. A probabilidade condicionada é dada pela Equação 14:

$$P(A|B) = \frac{P(A \cap B)}{P(B)} \quad (14)$$

, sendo $P(A|B)$ a probabilidade do evento “A” ocorrer desde que o evento “B” tenha ocorrido.

Baseado na probabilidade condicional, o teorema de Bayes é dado pela Equação 15, a seguir:

$$P(B_j|A) = \frac{P(A|B_j).P(B_j)}{\sum_{j=1}^k P(A|B_j).P(B_j)}, \quad i = 1, 2, \dots, k, \quad (15)$$

Onde $B_1, B_2, \dots, B_k$ são uma partição do espaço amostral S e A um evento associado a S (MEYER, 1976).

Para utilizar as redes bayesianas, deve haver uma mensuração da probabilidade dos elementos em estudo. No caso dos riscos, devem ser mensuradas as probabilidades dos eventos que causam as rupturas na cadeia. Essa mensuração pode ser obtida através de dados históricos ou utilizando probabilidades subjetivas, emitidas de acordo com opinião de especialistas (MCCORMACK; BRONZO; DE OLIVEIRA, 2010).

Segundo Kjaerulff; Madsen (2008) para a construção de redes bayesianas são necessárias duas etapas, uma qualitativa e uma quantitativa. Na etapa qualitativa são identificadas as variáveis relevantes e as relações (causais) entre elas. O DAG resultante servirá para definir o conjunto de relações de dependência e independência que será utilizada na distribuição de probabilidade conjunta, especificada em termos de um conjunto de distribuições de probabilidade condicional. A etapa quantitativa consiste no levantamento de dados para obtenção dos valores para cálculo da probabilidade.

No intuito de avaliar a probabilidade do risco de ruptura de cada fornecedor, McCormack; Bronzo; De Oliveira (2010) propuseram um modelo utilizando redes bayesianas. No modelo, à cada categoria de risco (Relacionamento, Desempenho, Recursos humanos, Falhas no abastecimento da cadeia, Saúde financeira e Ambiente) foram atribuídos eventos causas de rupturas, totalizando 25 eventos (Quadro 45).

Quadro 45 - Eventos de risco classificados por categorias

	CATEGORIAS DO RISCO	EVENTOS	PROBABILIDADE
Probabilidade de risco do fornecedor	Relacionamento	Falta de compartilhamento de dados entre cliente e fornecedor	P(E1)
		Inexperiência do Fornecedor	P(E2)
		O cliente não é crítico para o fornecedor	P(E3)
		Interesses conflitantes entre cliente e fornecedor	P(E4)
	Desempenho	Controle ineficaz da qualidade dos processos e dos produtos	P(E5)
		Baixa responsividade no suporte técnico	P(E6)
		Incapacidade de melhoria contínua	P(E7)
		Falta de flexibilidade para lidar com incidentes	P(E8)
		Inabilidade de responder a variações na demanda	P(E9)
		Falhas ou atrasos na entrega	P(E10)
	Recursos Humanos	Erros ou faltas de força de trabalho	P(E11)
		Rompimento de sociedade	P(E12)
		Greve sindical	P(E13)

Quadro 45 - Eventos de risco classificados por categorias (continuação)

Probabilidade de risco do fornecedor	Falhas no abastecimento da cadeia	Falhas na entrega do fornecedor de segunda ordem	P(E14)
		Mudanças no processo produtivo	P(E15)
		Falta de comunicação entre cliente e fornecedor	P(E16)
		Única fonte de suprimento	P(E17)
		Imprecisão de dados	P(E18)
	Saúde Financeira	Revés financeiro ou falência do fornecedor	P(E19)
		Falta de compartilhamento de dados financeiros entre cliente e fornecedor	P(E20)
	Ambiente	Incapacidade de acompanhar a dinâmica do mercado	P(E21)
		Reestruturação dos processos causada por fusões e aquisições	P(E22)
		Mudanças nas regulamentações	P(E23)
		Falhas no transporte	P(E24)
		Desastres políticos ou ambientais	P(E25)

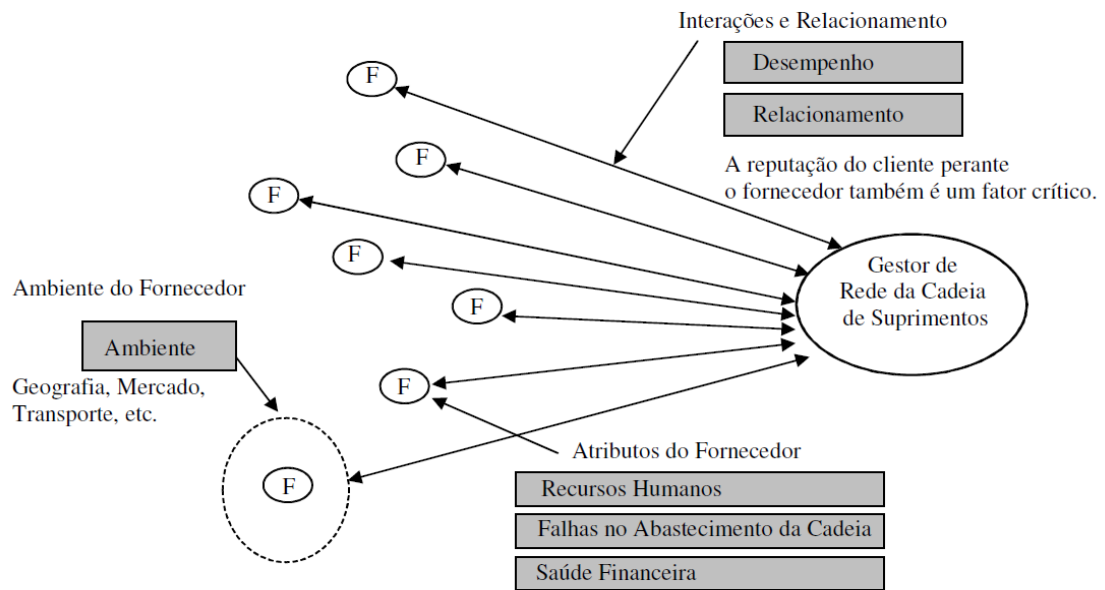
Fonte: Handfield; McCormack (2007)

Para Azoury; Miller (1984 *apud* MCCORMACK; BRONZO; DE OLIVEIRA, 2010) as redes bayesianas se baseiam em distribuições de probabilidade que, conhecidas a priori ou não, não mudam ao longo do tempo. Segundo os autores, quanto maior for a quantidade de dados reais, mais exata é a será a probabilidade calculada.

Segundo McCormack; Bronzo; De Oliveira (2010), com a técnica de redes bayesianas, pode-se calcular a probabilidade de ruptura do fornecedor a partir da probabilidade de ocorrência dos eventos, e assim, determina-se o risco do fornecedor de acordo com a probabilidade de ruptura do mesmo.

Pode-se ainda, com a probabilidade de ruptura de cada fornecedor calculada, determinar a probabilidade de toda a cadeia de suprimentos, sendo a probabilidade de ruptura de cada fornecedor as variáveis filhas e a probabilidade de ruptura da rede o evento pai. As dimensões do modelo estão representadas na Figura 37.

Figura 37 - Modelo para gestão de riscos em cadeias de suprimentos



Fonte: McCormack; Bronzo; De Oliveira (2010)

Como se pode observar na

Figura 37, as dimensões Desempenho e Relacionamento estão relacionados às interações entre o fornecedor e o cliente, as dimensões Recursos Humanos, Falhas no Abastecimento da Cadeia e Saúde Financeira estão relacionados diretamente ao fornecedor (ambiente interno) e a dimensão Ambiente refere-se ao ambiente externo que circunda o fornecedor.

2.4.2 Distribuição de Probabilidade

Em qualquer experimento, várias características podem ser observadas. Usualmente, cada resultado de um experimento pode ser relacionado a um número por meio de uma regra de associação denominada variável aleatória. Variável por poder apresentar vários valores distintos e aleatórios pelo fato de que o valor observado depende de qual dos resultados possíveis do experimento é obtido. Montgomery; Runger (2003) definem variável aleatória como “uma função que confere um número real a cada resultado no espaço amostral de um experimento aleatório”. A variável aleatória é sempre denotada por uma letra maiúscula, tal como X , e tem a probabilidade de seus resultados possíveis descrita por uma distribuição de probabilidade.

Uma das características que diferenciam as distribuições é o tipo de variável aleatória que o problema aborda. Podem ser: discretas são variáveis aleatórias cujos valores possíveis formam um conjunto finito ou podem ser elencadas em uma sequência infinita contável; e contínuas são variáveis aleatórias as quais os valores assumidos consistem um intervalo finito ou infinito de valores reais (DEVORE, 2006).

Montgomery; Runger (2003) definem distribuição de probabilidade de uma variável X como “uma descrição das probabilidades associadas com os valores possíveis de X ”. Para Devore (2006) a distribuição de probabilidade de uma variável aleatória X indica a probabilidade de essa variável assumir cada um dos valores possíveis atribuídos a um determinado evento. Assim, para cada valor de X , a função distribuição de probabilidade indica qual a probabilidade daquele valor ser encontrado quando o evento ocorrer. Existem inúmeras distribuições de probabilidades que representam diferentes comportamentos dos eventos, entre elas: exponencial, normal, Poisson, binomial, gama, beta, Weibull, etc.

2.4.2.1 Variáveis Aleatórias Discretas

Nesta seção serão apresentadas algumas distribuições que representam o comportamento de variáveis aleatórias discretas.

a) Distribuição Binomial

Segundo Walpole *et al.* (2009) uma variável aleatória binomial é definido pelo número X de sucessos em n tentativas de Bernoulli. As seguintes propriedades, listadas por Montgomery; Runger (2003) e Walpole *et al.* (2009), caracterizam um processo de Bernoulli e, conseqüentemente, a distribuição de probabilidade binomial:

- O experimento deve consistir em uma sequência de n experimentos menores denominados tentativas, onde n é denominado antes do experimento;
- Só existem dois resultados possíveis para cada tentativa, sucesso ou falha.
- O resultado de qualquer alternativa particular não influencia o resultado de outra tentativa qualquer (independentes);
- A probabilidade de sucesso p é constante para todas as tentativas.

A variável aleatória binomial X é definida como a quantidade de sucessos nas n tentativas, sendo a distribuição binomial escrita em função da probabilidade do que se considera sucesso e n o número de tentativas (DEVORE, 2006). A variável aleatória X , em um determinado número de tentativas, pode assumir valores de $x = 0, 1, 2, 3, \dots, n$. Assim, pode-se calcular a probabilidade de sucesso de um experimento através da Equação 16, abaixo:

$$P(X) = b(x; n, p) = \begin{cases} \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1-p)^{(n-x)}, & x = 0, 1, 2, \dots, n \\ 0, & \text{caso contrário} \end{cases} \quad (16)$$

onde $\binom{n}{x} = \frac{n!}{x!(n-x)!}$.

A probabilidade acumulada é dada por:

$$P(X \leq x) = B(r; n, p) = \sum_{x=0}^r b(x; n, p) \quad (17)$$

Dois parâmetros podem ser calculados desde que se conheçam os valores de n (número de tentativas) e p (probabilidade de sucesso): a média μ e a variância σ^2 , calculados pelas equações 18 e 19, respectivamente.

$$\mu = np \quad (18)$$

$$\sigma^2 = np(1-p) \quad (19)$$

Segundo Walpole *et al.* (2009) esta distribuição pode ter aplicações em várias áreas científicas: industriais, médicas, militares, farmacêutica.

b) Distribuição de Poisson

A distribuição de Poisson é aplicada em eventos particulares que ocorrem em um determinado intervalo de tempo. É caracterizada por um único parâmetro, denominado μ , definido como uma taxa por unidade de tempo ou por unidade de área, onde $\mu > 0$ (DEVORE, 2006).

Conforme Freitas Filho (2008) esta distribuição é utilizada na modelagem do número de ocorrências ao longo de um intervalo contínuo que uma variável pode assumir. O autor levanta ainda que este intervalo contínuo não se restringe ao tempo. Como exemplo pode-se citar: número de componentes em um sistema que falham em um intervalo de tempo, número de falhas observadas a cada cem metros lineares na produção de bobinas de papel, número de erros encontrados por lauda digitada.

Walpole *et al.* (2009) descrevem um experimento de Poisson como experimentos que geram valores numéricos da variável aleatória Y , o número de resultados que ocorre em um dado intervalo de tempo ou em uma região específica. Segundo os autores, um experimento de Poisson deriva de um Processo de Poisson, caracterizado pelas seguintes propriedades:

- O número de resultados que ocorrem em um intervalo de tempo ou em uma determinada região independe do número de resultados que ocorre em outro intervalo de tempo disjunto ou região disjunta (não tem memória);
- A probabilidade de que um único intervalo ocorrerá durante um pequeno intervalo de tempo ou uma pequena região é proporcional à sua extensão e não de resultados que ocorrer fora dela;
- A probabilidade de que mais de um resultado ocorra em um intervalo de tempo ou uma região muito pequena é desprezível.

Seja uma variável aleatória discreta Y assumindo os valores $y = 0, 1, \dots, n$. Se

$$p(y; \mu) = P(Y = y) = \frac{e^{-\mu} \cdot \mu^y}{y!} \quad (20)$$

pode-se dizer que Y tem distribuição de Poisson com parâmetro μ (número médio de resultados por unidade de tempo, distância, área ou volume).

A função distribuição acumulada é determinada pela soma do intervalo de ocorrências definido. Assim,

$$F(y) = P(Y \leq y) = \sum_{i=0}^y p_i(y; \mu), \quad y = 0, 1, \dots, n. \quad (21)$$

Segundo Montgomery; Runger (2003), na distribuição de Poisson, tanto a média μ quanto a variância σ^2 é igual a λ .

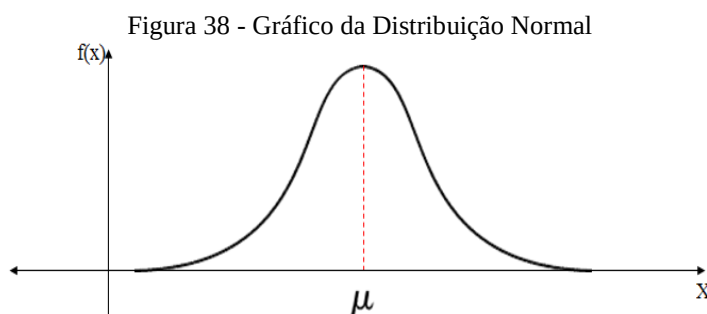
2.4.2.2 Variáveis Aleatórias Contínuas

Nesta seção serão apresentadas algumas distribuições que representam o comportamento de variáveis aleatórias contínuas.

a) Distribuição Normal

Segundo Devore (2006) a distribuição normal é a mais importante de todas, pois muitas populações numéricas possuem distribuições que podem ser ajustadas por uma curva normal.

Segundo Walpole *et al.* (2009) a curva normal descreve muitos dos fenômenos da natureza, indústria e pesquisas. Afirma ainda que uma variável aleatória segue uma distribuição normal quando seu gráfico assume a forma de sino, representado de forma geral pela Figura 38.



Fonte: Adaptado de Fonseca; Martins (1996)

Conhecidos os parâmetros μ (média da distribuição) e σ (desvio padrão), a curva normal está completamente determinada.

Uma variável aleatória X terá uma distribuição normal se:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}, -\infty < X < \infty \quad (22)$$

Fonseca; Martins (1996) e Walpole *et al.* (2009) listam as propriedades que caracterizam a distribuição normal:

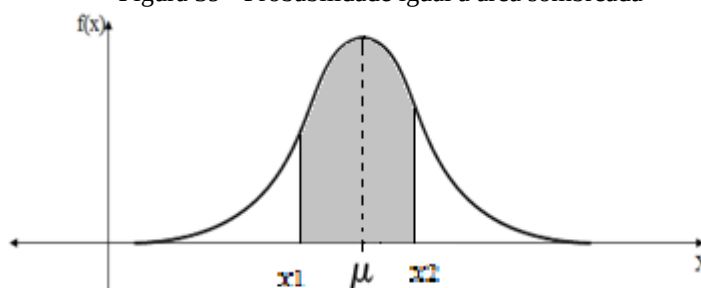
- $f(x)$ é simétrica em torno do eixo vertical que passa na média ($x = \mu$);
- $f(x)$ possui um máximo para $x = \mu$;

- $f(x)$ tende a zero quando x tende para $+\infty$ ou $-\infty$;
- $f(x)$ tem dois pontos de inflexão cujas abscissas valem $(\mu + \sigma)$ e $(\mu - \sigma)$.
- A curva normal é côncava para baixo se $\mu - \sigma < X < \mu + \sigma$ e, caso contrário, côncava para cima;
- A curva normal aproxima-se do eixo horizontal assintoticamente a medida que nos afastamos da média;
- A área total abaixo da curva e acima do eixo horizontal é igual a 1.

A curva de uma distribuição contínua é construída de maneira que a área abaixo da curva por duas ordenadas $x=x_1$ e $x=x_2$ seja igual a probabilidade de que a variável aleatória X assumira um valor neste intervalo, como pode ser observado na Figura 39 (WALPOLE *et al.*, 2009). A probabilidade pode ser calculada pela seguinte Equação:

$$P(x_1 < X < x_2) = \int_{x_1}^{x_2} n(x; \mu, \sigma) dx = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{x_1}^{x_2} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(x-\mu)^2} \cdot dx \quad (23)$$

Figura 39 - Probabilidade igual a área sombreada



Fonte: Adaptado de Walpole *et al.* (2009)

Devido a alguns problemas para o cálculo das probabilidades, pode-se calculá-las por meio de uma mudança de variável (de X para Z), obtendo-se assim, a distribuição normal padronizada ou reduzida (FONSECA; MARTINS, 1996). Essa mudança é sempre feita por meio de uma transformação linear.

Essa transformação linear pode ser feita utilizando-se da Equação 24, onde qualquer observação de uma variável aleatória X pode ser transformada em um novo grupo de observações da variável aleatória normal padrão, com média igual a zero e variância igual a 1 (WALPOLE *et al.*, 2009).

$$Z = \frac{1}{\sigma} X - \frac{\mu}{\sigma} = \frac{X - \mu}{\sigma} \quad (24)$$

Para calcular a probabilidade utilizando a distribuição normal padronizada faz-se uso de uma tabela que representa as áreas de probabilidade de acordo com o valor de Z encontrado (DEVORE, 2006). Ou então pela Equação 25:

$$P(z_1 \leq Z \leq z_2) = \int_{z_1}^{z_2} n(z; 0,1) dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{1}{2\sigma^2}(z-\mu)^2} . dz = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{z_1}^{z_2} e^{-\frac{1}{2}z^2} . dz \quad (25)$$

b) Distribuição Exponencial

Segundo Fonseca; Martins (1996) a distribuição exponencial se caracteriza pela distribuição de probabilidade do intervalo entre dois sucessos consecutivos de uma lei de Poisson.

Walpole *et al.* (2009) afirmam a distribuição exponencial é um caso especial da função gama. Assim como a função gama, é muito utilizada em problemas de confiabilidade. A variável aleatória contínua X tem uma distribuição gama, com parâmetros α e β , quando sua função densidade for dada por:

$$\begin{cases} f(x; \alpha, \beta) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-\frac{x}{\beta}}, & x > 0 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (26)$$

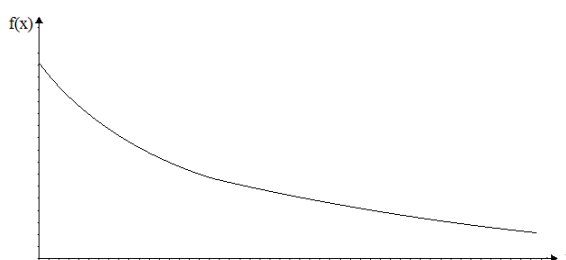
onde $\alpha > 0$, $\beta > 0$ e $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x}$.

Para a distribuição exponencial assume-se $\alpha = 1$. Assim, a variável aleatória contínua X tem uma distribuição exponencial, com parâmetro β (média de tempo entre eventos), se sua função de densidade é dada pela Equação 27 (WALPOLE *et al.*, 2009).

$$\begin{cases} f(x; \beta) = \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}}, & x > 0 \\ 0, & \text{caso contrário.} \end{cases} \quad (27)$$

E pode ser representada pela Figura 40.

Figura 40 - Representação da Distribuição Exponencial



Fonte: Adaptado de Fonseca; Martins (1996).

Já a distribuição acumulada é dada por:

$$P(0 \leq X \leq x) = 1 - e^{-\lambda x} \quad (28)$$

onde $\lambda = \frac{1}{\beta}$.

c) Distribuição de Weibull

Segundo Devore (2006) a distribuição Weibull foi apresentada pelo físico Waloddi Weibull em 1939. Meyer (1976) afirma que esta é muito utilizada para estimativa de falhas. Lino (2008) acrescenta que essa distribuição é utilizada na análise estatística de peças defeituosas em uma linha de produção. Uma variável aleatória X tem distribuição de Weibull se:

$$\begin{cases} f(x, \alpha, \beta) = \frac{\alpha}{\beta^\alpha} \cdot x^{\alpha-1} \cdot e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha}, & x \geq 0 \\ 0, & x < 0 \end{cases} \quad (29)$$

onde “ α ” é uma constante definida como fator de forma e β uma constante denominada fator de escala.

A distribuição acumulada da distribuição de Weibull é dada por:

$$F(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\alpha} \quad (30)$$

Seguem, na próxima seção, as conclusões do Capítulo 2 deste trabalho.

2.5 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foram discutidos, na seção 2.1, aspectos conceituais da cadeia de suprimentos, onde se evidenciaram algumas definições, características a serem seguidas, sua estrutura e alguns dos modelos de gerenciamento de cadeia de suprimentos mais conhecidos na literatura. Nele pôde-se verificar que a visão sistêmica e a tendência em terceirizar é algo necessário para obter maior vantagem competitiva, o que incide no alongamento da cadeia de suprimentos e torna mais complexa sua gestão, além de aumentar a vulnerabilidade de seus membros a eventos que venham a romper a normalidade de suas operações.

Na seção 2.2 foram abordados assuntos relacionados com o gerenciamento de riscos em cadeias de suprimentos ao discutir os conceitos básicos, princípios e etapas de implementação do gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos de maneira a torná-la mais resiliente. Também foram levantadas nesta seção, dezesseis classificações de risco

existentes na literatura, por verificar lacunas existentes na identificação dos riscos em cadeias de suprimentos por não haver um consenso sobre uma classificação a ser utilizada.

Observada a necessidade de buscar uma forma de avaliar os riscos utilizando-se de uma combinação de informações qualitativas (julgamentos) e quantitativas (informações mensuráveis), e a necessidade de considerar o relacionamento entre os riscos, afirmando que estes podem possuir uma relação de influência, foram discutidos na seção 2.3 alguns métodos que possibilitam efetuar a avaliação do risco, sendo eles: AHP, ANP e MACBETH, SMARTS e SMARTER, ELECTRE II e ELECTRE III. Estes métodos foram analisados sobre quatro perspectivas: Objetivo e procedimentos gerais; Elementos de decisão; Tipo de informação utilizada; Estrutura do problema a ser analisado.

Como objetivo e procedimentos gerais, o método deve permitir a pontuação e ordenação dos riscos segundo seu nível de criticidade. Condição respeitada por todos os métodos. Com relação aos elementos de decisão, a utilização de múltiplos critérios, por ser uma característica intrínseca aos métodos de Auxílio Multicritério a Decisão, também é respeitada por todos os métodos. Para se adequar ao problema deste trabalho, o método deve permitir a utilização de dados qualitativos e quantitativos. Assim, apenas os métodos AHP, ANP, SMARTS, SMARTER, ELECTRE II e ELECTRE III estão adequados a esta condição. Por fim, o único método que permite em sua estrutura desenvolver uma relação de influência é o ANP. Assim, definiu-se que o método ANP seria mais adequado ao objetivo proposto neste trabalho por ser o único que respeita todas as condições exigidas, diferenciando-se pelo fato de analisar o problema através de uma rede, ou seja, analisando a influência que os elementos da decisão possam ter entre si..

Ainda com respeito à lacuna existente na avaliação do risco, são apresentados na seção 2.4, distribuições de probabilidade que permitem avaliar o comportamento quanto à probabilidade de ocorrência do risco.

No sentido de preencher a lacuna encontrada, este estudo pretende propor um procedimento para priorizar os riscos em cadeia de suprimentos através de informações qualitativas e quantitativas de maneira a permitir a cadeia tomar as ações pertinentes àqueles riscos que mais são críticos a ela. No próximo capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos que nortearam o desenvolvimento deste trabalho.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Segundo Silva; Menezes (2005), uma pesquisa visa resolver problemas nos quais não se têm informações para solucioná-los. Acrescenta ainda que pesquisar não é um processo totalmente controlável ou previsível e que adotar uma metodologia tem como objetivo apresentar o caminho que possibilite alcançar os objetivos propostos.

Fleury (2010) acresce que na engenharia de produção o pesquisador não deve criar conhecimento desligado do que já existe, mas transformar conhecimentos existentes em novos conhecimentos que agreguem valor preferencialmente à academia. Para tal algumas decisões devem ser tomadas, entre elas, qual método de pesquisa utilizar.

Assim, neste capítulo discute-se a classificação desta pesquisa abordando seus aspectos metodológicos e apresenta-se o roteiro adotado para o alcance dos objetivos propostos por ela.

3.1 Tipo de pesquisa

Turrioni; Mello (2012) classificam uma pesquisa em engenharia de produção sob quatro aspectos: quanto a natureza, quanto a forma de abordagem, quanto a seus objetivos e quanto ao método.

Quanto a **Natureza**, Turrioni; Mello (2012) classificam uma pesquisa em Básica ou Aplicada. Segundo Martins (2010), quanto a **Abordagem** ela pode ser classificada em qualitativa, quantitativa ou em uma abordagem combinada (quali-quantitativa). Com relação a seus **Objetivos**, ela pode se classificar como exploratória, descritiva, explicativa e normativa. Por fim, quanto ao **Método de Pesquisa** utilizou-se a classificação apresentada por Filippini (1997) e reapresentada por Nakano (2010), o qual foi dividido em: Levantamento tipo *survey*; estudo de caso, modelagem, Simulação, Estudo de Campo, Experimento, e Teórico/conceitual.

A classificação desta pesquisa com relação a tais aspectos é apresentada na Figura 41 e explanada a seguir.

Figura 41 - Classificação da Pesquisa



Fonte: Elaboração própria

Quanto à natureza a pesquisa se classifica como **básica** ao visar, a partir das discussões apresentados ao longo dos capítulos 1, 2, 3 e 4, propor um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeias de suprimentos sem aplicação prática.

Com relação à abordagem do problema, esta pesquisa classifica-se como **qualitativa** ao buscar entender, através de um estudo teórico, o porquê de, ao configurarem-se no formato de cadeia de suprimentos, as empresas se tornarem mais vulneráveis a eventos que interrompam suas atividades, identificar os fatores que alavancam os riscos destes eventos, definindo, em seguida, uma classificação de riscos baseada nos vários autores pesquisados e como uma organização pode avaliá-los, decidindo sobre quais dar maior prioridade. Todo esse levantamento, tendo o pesquisador como instrumento-chave na coleta de dados, permitiu desenvolver o que se propõe neste trabalho, uma metodologia teórica.

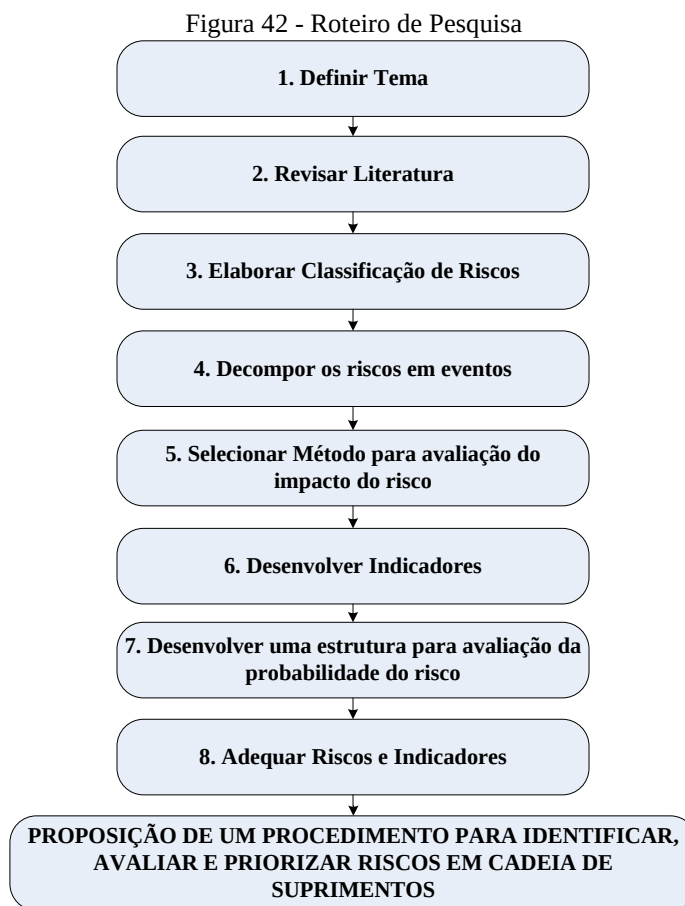
Quanto aos objetivos é considerada **exploratória** ao fazer um vasto levantamento bibliográfico sobre o tema para que fosse possível encontrar as lacunas existentes nos estudos realizados até então, e assim, definir o problema de pesquisa e os possíveis caminhos que podem direcionar o atendimento do objetivo deste trabalho. E **descritiva** ao buscar descrever

tanto os riscos que afetam as cadeias de suprimentos, como também as ferramentas que podem ser utilizadas para avaliar o risco nas mesmas.

Para finalizar, quanto ao método trata-se de uma pesquisa **teórico-conceitual** ao modelar um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeia de suprimentos através de discussões conceituais e revisão bibliográfica. Para tanto, foram utilizados como materiais de pesquisa livros especializados, dissertações e teses defendidas, artigos de periódicos nacionais e internacionais, conseguidos principalmente através do portal de periódico da CAPES.

3.2 Roteiro da pesquisa

São apresentadas na Figura 42 as etapas de execução desta pesquisa.



Fonte: Elaboração Própria

Antes de descrever cada etapa, seguem, no Quadro 46, os conceitos que serviram de base para elaboração deste trabalho.

Quadro 46 - Conceitos base

TERMO	CONCEITO	AUTORES
Cadeia de Suprimentos (SC)	Conjunto definido por empresa focal e todas as relações interorganizacionais à montante e à jusante dela, composta de todas as atividades desenvolvidas até a entrega e consumo do cliente final, incluindo o fluxo reverso dos produtos e subprodutos gerados após o consumo.	Lambert; Cooper; Pagh (1998) Lambert; Cooper (2000) Cohen; Roussel (2005) Oliveira (2008) Blanchard (2010)
Gestão da Cadeia de Suprimentos (SCM)	Atividade que busca integrar os processos-chave de negócios através da cadeia de suprimento buscando o aumento de sua eficiência e eficácia.	Lambert; Cooper; Pagh (2000) Parra; Pires (2003) Hilsdorf; Rotondaro; Pires, (2009)
Risco	Relação entre a variedade de resultados negativos possíveis (severidade ou impacto) e a distribuição das respectivas probabilidades para cada um dos resultados (probabilidade).	Hallikas <i>et al.</i> (2004) Norrman; Jansson (2004) Wang; Yang (2007) Rao; Goldsby (2009) Zsidisin; Ritchie (2009)
Gestão de riscos em cadeia de suprimentos (SCRM)	Processo de identificação e gestão dos riscos para a cadeia de suprimentos, através de uma abordagem coordenada entre os membros da cadeia de suprimentos, para reduzir a vulnerabilidade da cadeia como um todo.	Jüttner <i>et al.</i> (2003)

Fonte: Elaboração própria

Na sequência, segue detalhamento de cada uma das etapas apresentadas na Figura 42.

a) Etapa 1 – Definir o tema

Esta etapa consistiu em estruturar o problema, a justificativa e os objetivos que se deseja alcançar através desta pesquisa. Para tal, foi realizada uma breve revisão bibliográfica, através de uma abordagem qualitativa, afim de que o pesquisador tivesse maior domínio sobre a temática estudada (Gerenciamento de Riscos em Cadeia de Suprimentos).

b) Etapa 2 – Revisar Literatura

Neste momento foi realizada uma revisão de literatura mais aprofundada com a finalidade conhecer melhor os elementos do tema pesquisado, e assim, possibilitar o alcance dos objetivos propostos nesta pesquisa. Para tanto, foram pesquisados: Cadeia de suprimentos, Gerenciamento da cadeia de suprimentos, Indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos, Gerenciamento de Riscos em cadeia de suprimentos, métodos para avaliação dos impactos do risco e distribuições estatísticas.

c) Etapa 3 – Elaborar Classificação de riscos

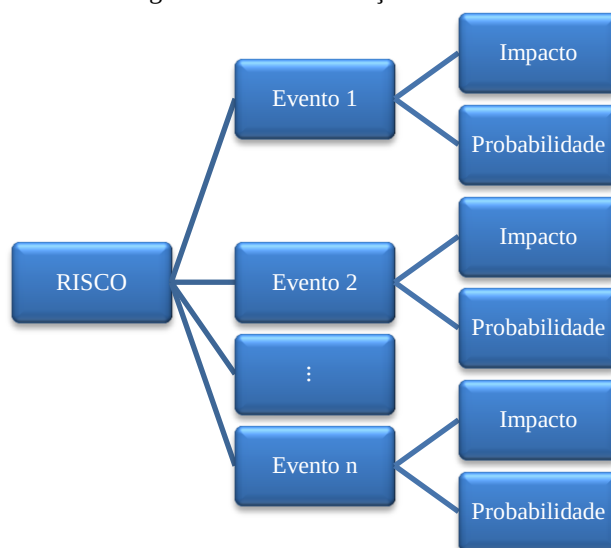
Na revisão de literatura relacionada a gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos, um dos assuntos levantados foi a classificação de riscos apresentada por vários autores e trabalhos distintos. A partir desse levantamento, verificaram-se as lacunas da cada um destas classificações e, a partir delas, desenvolveu-se uma classificação própria que

permitisse melhor entendimento dos mesmos e uma aplicação mais ampla. A classificação elaborada neste trabalho, apresentada na seção 4.1, permite fazer o mapeamento dos riscos que ocorrem em uma cadeia de suprimentos a ser estudada e levantar as informações que servirão para avaliar cada um dos riscos, tanto com relação à probabilidade quanto a severidade, para então priorizá-los, mitigá-los e controlá-los.

d) Etapa 4 – Decomposição dos riscos em eventos

O risco é composto de eventos que são caracterizados por dois elementos: impacto e probabilidade (Figura 43).

Figura 43 - Caracterização do risco



Fonte: Elaboração própria

A avaliação dele é realizada ao multiplicar os valores a eles atribuídos, onde, quanto maior for esta relação, mais crítico é o risco. Uma lacuna existente na literatura é a utilização de informações qualitativas e quantitativas para melhor desenvolver esta etapa do gerenciamento de riscos.

Nesta etapa, observando as características e definições dos riscos, são estabelecidos os eventos que geram a ocorrência de cada risco de modo a auxiliar no registro tanto dos impactos, através de indicadores, quanto no levantamento de uma amostra de ocorrências do risco, o que permite a definição de uma distribuição de probabilidade que melhor determine seus comportamentos, e assim, permitir conhecer a frequência na qual cada um deles pode ocorrer. Os eventos definidos devem ser dispostos em um *checklist* para que possam ser registrados o impacto e a probabilidade, registros estes que serão utilizados como dados de entrada na metodologia proposto neste trabalho.

e) Etapa 5 – Selecionar método para avaliação do impacto do risco

Para melhor desenvolver a avaliação do risco, a partir da revisão de literatura, especificamente com relação aos métodos que auxiliam na tomada de decisão, analisou-se qual dos métodos levantados melhor se adequavam na avaliação do impacto do risco.

A mensuração do impacto do risco foi traduzida a partir de indicadores de maneira a tentar tornar mais acurada a avaliação do impacto. Neste sentido fez-se necessário a utilização de um método de Auxílio Multicritério à Decisão (AMD).

A análise de que método escolher desenvolveu-se através da observação das características do risco em cadeia de suprimentos e das características dos métodos de maneira que permitisse a ordenação e pontuação dos riscos, a utilização tanto de julgamentos qualitativos quanto de dados quantitativos e a possibilidade de análise de uma relação de influência entre os riscos. Neste sentido, foi escolhido o método *Analytic Network Process* (ANP), como discutido na seção 2.3.6.

f) Etapa 6 – Desenvolver indicadores

Esta etapa consistiu em desenvolver indicadores a partir da classificação de riscos elaborada (seção 4.1) e da análise dos indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos (seção 2.1.5) que definem o(s) impacto(s) gerado(s) por eles e que permitem o uso de dados quantitativos e/ou julgamentos qualitativos para descrevê-los, ou seja, consistem de métricas de desempenho que permitem avaliar as perdas ocorridas devido à ocorrência do risco. Esta etapa tem grande importância, pois, devido à dificuldade de se mensurar de maneira acurada o que melhor define o impacto do risco, o custo, os indicadores servem para descrevê-lo de outro modo no intuito de suprir esta dificuldade e imprecisão de levantá-lo. A avaliação relacionada ao impacto é realizada ao inserir os indicadores de impacto no método de auxílio multicritério à decisão escolhido (ANP) e as respectivas informações qualitativas e/ou quantitativas relacionadas a cada tipo de risco.

g) Etapa 7 – Desenvolver uma estrutura para avaliação da probabilidade do risco

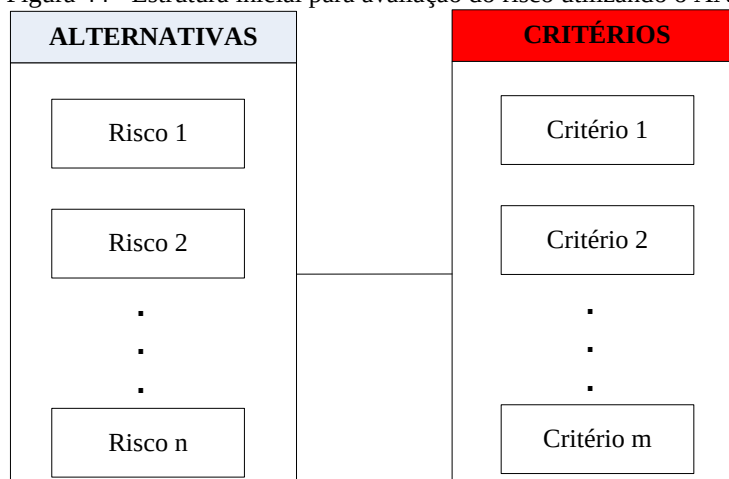
A partir dos conceitos dos riscos, classificação de riscos proposta e decomposição dos tipos de risco em eventos, toma-se a decisão de como serão analisadas as ocorrências do risco, pois eles podem ser analisados de maneira contínua ou de maneira discreta, e como essas ocorrências devem ser avaliadas para que então se decida como podem ser calculadas as probabilidades de cada evento e então de cada tipo de risco.

h) Etapa 8 – Adequar riscos e indicadores ao método escolhido

Esta etapa consiste em adequar os riscos e os indicadores de impacto do risco definidos ao longo do trabalho ao método ANP. Cada risco tem como fonte determinado membro da cadeia (fornecedor, empresa focal ou cliente). Uma estrutura semelhante a mostrada na Figura 44 foi desenhada, com o acréscimo das setas que definem a existência de relação de dependência entre os grupos e/ou elementos apresentados na figura e os indicadores para avaliar cada tipo de risco.

Assim, em conjunto com a probabilidade que é definida através de cálculos da probabilidade (Etapa 7), o peso atribuído pelo ANP aos indicadores permite a avaliação do risco de forma a priorizá-lo, cujo risco mais urgente a ser mitigado é aquele com maior índice retornado através da relação entre eles, o que permite levantar o tipo de risco e/ou o membro que mais aflige a cadeia.

Figura 44 - Estrutura inicial para avaliação do risco utilizando o ANP



Fonte: Elaboração própria

Ressalta-se que a metodologia proposta nesse trabalho tem como foco a aplicação na empresa focal, a qual avaliará o risco sob perspectivas próprias e em relação aos membros ligados diretamente a ela, devendo o mesmo procedimento ser executado por cada membro da cadeia (par a par). Assim, faz-se necessário conhecer a estrutura da cadeia de suprimentos. Para tal sugere-se utilizar o modelo LCP de forma a permitir uma melhor visibilidade de toda ela e dos relacionamentos que existem entre os membros.

Ao seguir esta sequência de etapas, espera-se relacionar impacto e probabilidade dos riscos, permitindo avaliar a vulnerabilidade de cada tipo de risco em cada membro de uma cadeia de suprimentos, definindo um ranqueamento que permita agir do mais crítico ao menos crítico.

De maneira resumida pode-se dividir a metodologia proposta nas seguintes etapas:

- Compreensão da cadeia de suprimentos;
- Identificação do risco através da ocorrência deles, pois a medida que vão ocorrendo, registra-se o impacto que o risco gera através de indicadores que representam o custo e uma base de dados históricos de quantas vezes, em média, ele acontece, o que possibilita calcular sua probabilidade;
- Avaliação dos riscos a partir dos dados registrados na identificação, avaliando os impactos sobre a empresa focal através do método ANP e a probabilidade através de uma distribuição de probabilidade;
- Priorização do risco através da multiplicação entre a avaliação do impacto do risco e a probabilidade de ocorrência calculada, fornecendo uma ordenação segundo um índice de criticidade do risco.

3.3 Limitações da pesquisa

Dentre os aspectos limitadores, ressalta-se o não desenvolvimento de um modelo estatístico para calcular a probabilidade do risco em cadeia de suprimentos, pois os princípios e características das ferramentas estatísticas levantadas durante a etapa de revisão de literatura desta pesquisa não suportam a estrutura da relação entre a ocorrência dos riscos avaliada nesta pesquisa.

Acrescenta-se também a não aplicação prática para validação da classificação de risco, dos indicadores e do procedimento para identificação, avaliação e priorização de risco em cadeias de suprimentos proposto.

4 APRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS

Este capítulo apresenta os resultados da pesquisa, iniciando com a proposição de uma classificação de riscos em cadeia de suprimentos baseada nas várias classificações apresentadas na seção 2.2.3 deste trabalho. A partir desta classificação proposta, os riscos são decompostos em eventos que definem a possível ocorrência do risco e então são listados e definidos indicadores para servir de referência ao impacto. Posteriormente é apresentada a descrição da metodologia para identificação, avaliação e priorização do risco.

4.1 Discussão sobre as classificações de risco em cadeias de suprimentos

A partir das classificações expostas na seção 2.2.3, foi construído o Quadro 47, que sumariza os tipos de risco apontados pelos autores e procura ainda diferenciá-los quanto à origem dos mesmos.

Deve-se ressaltar que a revisão relacionada às classificações de riscos em cadeias de suprimentos, a discussão e a classificação de riscos apresentada no fim deste item é parte de uma pesquisa realizada em conjunto entre os pesquisadores Djalma Araújo Rangel, Taiane Kamel de Oliveira e Maria Silene Alexandre Leite, e foi publicada, primeiramente, por Oliveira (2012).

Quadro 47 - Sumarização das classificações apresentadas

TIPOS DE RISCOS	AUTORES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Interrupção / Tempo / Ruptura																	
Relacionamento / Caos / Propriedade Intelectual / Recebimento / Sobrevivência / Propriedade de inventário / Dependência e oportunismo / Comportamental																	
Falta de liderança																	
Inércia / Deficiência de recursos, desenvolvimento e flexibilidade / Inovação / Técnico																	
Cadeia de valor / Inventário / Qualidade / Segurança / Processo / Interno controlável / Externo parcialmente controlável																	
Operacional																	
Ambiental / Evento / Interno parcialmente controlável / Externo parcialmente controlável																	
Crédito / Capital																	
Mercado / Econômico / Aquisição																	
Taxas / Impostos / Fiscal / Aquisição / Moeda / Flutuação do preço / Interno parcialmente controlável																	
Processos																	
Controle																	
Demanda / Inventário / Previsão / Externo parcialmente controlável																	
Suprimento / Atraso / Aquisição / Inventário / Interno controlável / Interno parcialmente controlável																	
Natural / Interno parcialmente controlável																	
Entrega ao cliente																	
Financeiro / Recebimento / Interno controlável																	
Físico / Logístico / Inventário / Tempo de trânsito / Flutuação do preço																	
Informacional																	
Cultural																	
Político / Regulatório / Legal / Interno parcialmente controlável / Externo parcialmente controlável																	
Estratégico / Tomada de decisão																	
Capacidade / Processo / Interno controlável																	
Infraestrutura de apoio / Propriedade de inventário / Interno controlável																	
Cliente / Externo parcialmente controlável																	
Industrial (= Operacional + Demanda + Mercado)																	
Organizacional (= Interrupção + Ambiental + Inércia + Crédito)																	
Problema-específico																	
Reputação																	
Seleção de fornecedores / Externo controlável																	

Legenda:  Interno à organização;  Interno à cadeia;  Externo à cadeia;  Sem classificação quanto à fonte.

(1) Svensson (2002); (2) Harland; Brenchley; Walker (2003); (3) Jüttner; Peck; Christopher (2003); (4) Cavinato (2004); (5) Chopra; Sodhi (2004); (6) Christopher; Peck (2004); (7) Hallikas *et al.* (2004); (8) Shi (2004); (9) Tang (2006); (10) Wu, Blackhurst; Chidambaram (2006); (11) Wang; Yang (2007); (12) Manuj; Mentzer (2008); (13) Miccuci (2008); (14) Tang; Tomlin (2008); (15) Rao; Goldsby (2009); (16) Qun (2010).

Inicialmente nota-se que as classificações diferem muito com relação à quantidade de tipos de risco indicados pelos autores. As tipologias trazem divisões de 2 a 11 tipos diferentes de risco, evidenciando a falta de uniformidade entre as classificações, algumas são mais detalhistas que outras na abordagem dos riscos.

Sete trabalhos classificam os riscos de uma maneira muito ampla, fazendo com que um tipo de risco indicado por um autor englobe vários tipos propostos em outras classificações. Por exemplo, na definição exposta por Rao; Goldsby (2009) para risco industrial pode ser interpretada como a junção de eventos anteriormente mencionados por outros autores. Seriam estes: Shi (2004), como risco operacional, Christopher; Peck (2004), Hallikas *et al.* (2004), Wang; Yang (2007) e Miccuci (2008), que classificam como risco de demanda e Shi (2004) e Wang; Yang (2007), que usam a terminologia de risco de mercado.

Além disso, observa-se que alguns tipos de risco se repetem nas classificações recomendadas pelos autores. Entre os riscos que são citados por três ou mais autores, elucidam-se: relacionamento, inércia, ambiental, demanda e financeiro. É possível inferir que estes tipos ocorrem em mais de uma tipologia por seus efeitos serem notados mais explicitamente dentro das organizações que se configuram em forma de cadeia do que os demais.

Em especial, o risco financeiro é listado em mais de uma categorização em virtude da origem de estudos na área de riscos ter surgido no setor bancário, ao buscar a quais riscos as instituições financeiras estão expostas.

Outro ponto de destaque é a preocupação de alguns autores em identificar a fonte do risco. Os autores Jüttner *et al.* (2003), Peck (2005), Wang; Yang (2007) e Rao; Goldsby (2009) diferem as fontes em três níveis: internas à organização, internas e externas à cadeia. Acredita-se esta ser uma maneira mais robusta para a classificação dos riscos, e que também facilita a identificação das causas e, conseqüentemente, auxilia na gestão de riscos.

No cenário global, não existe um consenso sobre quais são os riscos aos quais as cadeias de suprimentos podem estar expostas. Além disso, muitas das definições são deficientes no quesito de explicitar em que ponto da cadeia determinado risco pode ser encontrado. Por diversas vezes, os autores são abrangentes demais ou detalhistas demais, de modo que as classificações consultadas podem não dar subsídio para a identificação dos riscos.

As classificações propostas por Svensson (2002), Jüttner *et al.* (2003), Hallikas *et al.* (2004), Shi (2004), Tang (2006), Rao; Goldsby (2009) e Qun (2010) trazem poucos tipos de risco, definindo-os de maneira muito abrangente e, mesmo assim, não contemplando todos os

aspectos da organização. Por exemplo, a classificação de Svensson (2002) não compreende as atividades de suprimentos, operacionais, financeiras, entre outras da cadeia. Já Rao; Goldsby (2009) não levam em consideração, por exemplo, as interrupções nos processos da cadeia e também os riscos advindos dos relacionamentos dentro da cadeia.

Cavinato (2004), Manuj; Mentzer (2008), Miccuci (2008) e Tang; Tomlin (2008) apresentam classificações com mais tipos de riscos, mais ainda assim não abrangem todos os aspectos da cadeia. Cavinato (2004) não reconhece o risco ambiental e Manuj; Mentzer (2008) não mencionam o risco de relacionamento, por exemplo.

Chopra; Sodhi (2004) sugerem um tipo de risco chamado cadeia de valor que envolve todos os demais riscos e processos dentro de uma cadeia, dificultando extremamente a sua localização. Da mesma forma que Wu; Blackhurst; Chidambaram (2006) apontam para uma classificação confusa e subjetiva, por usar termos como “parcialmente controlável” sem indicar como mensurar a controlabilidade do risco.

Harland; Brenchley; Walker (2003) e Wang; Yang (2007) não mencionam o risco de demanda, apesar dos constantes estudos sobre as consequências danosas da variabilidade da demanda. Já Christopher; Peck (2004) apresentam discordância nas suas definições para risco ambiental, natural e político, pois estes são englobados por um único tipo de risco, o risco ambiental, evidenciando a falta de acurácia da classificação.

Diante desta dificuldade, optou-se por elaborar uma classificação a partir das classificações levantadas. Como já foi explanado em seções anteriores, a cadeia de suprimentos executa cinco processos básicos (planejar, abastecer, fazer, entregar e retornar) na realização de suas atividades. Assim, os riscos levantados pelos autores foram associados a cada um destes processos de acordo com suas definições, pois permitem identificar qual etapa da cadeia gera cada um dos riscos.

Os quadros 48, 49, 50, 51 e 52 mostram o resultado desta alocação por processo básico analisado, evidenciando quais riscos das classificações dos autores se adequam ao processo básico em questão.

Quadro 48 - Riscos associados ao processo Planejar

AUTOR	TIPO DE RISCO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “PLANEJAR”
Svensson (2002)	<i>Interrupção</i> ; Relacionamento
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Estratégico; Cliente; Competitividade
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	Efeito caos; Inércia
Cavinato (2004)	<i>Financeiro</i> ; <i>Informacional</i> ; Inovação
Chopra e Sodhi (2004)	<i>Ruptura</i> ; <i>Sistemas</i> ; <i>Previsão</i> ; <i>Inventário</i> ; Capacidade
Christopher & Peck (2004)	<i>Demanda</i>
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	Demanda; Deficiência de recursos, desenvolvimento e flexibilidade
Shi (2004)	<i>Cadeia de valor</i>
Tang (2006)	<i>Operacional</i>
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	<i>Interno controlável</i> ; <i>Externo incontrolável</i>
Wang & Yang (2007)	Técnico; Informacional
Manuj & Mentzer (2008)	Previsão
Miccuci (2008)	<i>Regulatório/Legal</i> ; Demanda; Inércia; Estratégico; Capacidade; Cliente
Tang e Tomlin (2008)	<i>Processo</i> ; <i>Demanda</i>
Rao & Goldsby (2009)	<i>Industrial</i> ; Problema-específico; Tomada de decisão
Qun (2010)	<i>Incerteza em empresa membro</i> ; <i>Incerteza de demanda do mercado</i>

Fonte: Elaboração própria

O Quadro 48 indica os riscos presentes nas classificações encontradas na literatura consultada que se aproximam mais das atividades executadas no processo de planejamento da cadeia. Assim, por exemplo: na classificação de Svensson (2002) dois riscos foram associados ao processo em questão – relacionamento e interrupção. Entretanto, o risco de interrupção encontra-se em *itálico* por indicar que ele pertence a mais de um dos processos básicos (como será visto nos próximos quadros).

Dentre os riscos associados a este processo, os mais recorrentes foram: estratégico, cliente, inércia, informacional, previsão, capacidade e demanda. Significando que foram os riscos mais citados (elencados) pelos autores.

Quadro 49 - Riscos associados ao processo Abastecer

AUTOR	TIPO DE RISCO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “ABASTECER”
Svensson (2002)	-
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Suprimentos; Reputação; Financeiro; Legal
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	Falta de liderança
Cavinato (2004)	Físico; Financeiro; Relacionamento
Chopra e Sodhi (2004)	Ruptura; Atraso; Previsão; Propriedade intelectual; Aquisição; Recebimento; Inventário
Christopher & Peck (2004)	Demanda; Suprimentos
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	Financeiro
Shi (2004)	Cadeia de valor; Evento; Crédito
Tang (2006)	Operacional
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	Interno controlável; Interno parcialmente controlável; Externo controlável
Wang & Yang (2007)	Capital; Informacional
Manuj & Mentzer (2008)	Segurança; Propriedade de inventário e ferramentas; Dependência e oportunismo.
Miccuci (2008)	Suprimentos; Interrupção; Capacidade; Relacionamento
Tang e Tomlin (2008)	Custo de suprimentos; Comprometimento de suprimentos; Propriedade intelectual; Comportamental
Rao & Goldsby (2009)	Industrial; Organizacional
Qun (2010)	Incerteza em empresa membro

Fonte: Elaboração própria

Já no processo Abastecer, os riscos mais citados foram: suprimentos, financeiro, relacionamento e propriedade intelectual (Quadro 49).

Quadro 50 - Riscos associados ao processo Fazer

AUTOR	TIPO DE RISCO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “FAZER”
Svensson (2002)	Interrupção
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Operacional; Depreciação de ativos; Reputação; Regulatório; Legal
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	-
Cavinato (2004)	-
Chopra e Sodhi (2004)	Ruptura; Sistemas; Previsão; Inventário
Christopher & Peck (2004)	Processo; Controle; Demanda
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	Financeiro
Shi (2004)	Cadeia de valor; Operacional; Evento
Tang (2006)	Operacional
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	Interno controlável; Interno parcialmente controlável
Wang & Yang (2007)	Logístico
Manuj & Mentzer (2008)	Qualidade; Ruptura
Miccuci (2008)	Infraestrutura de apoio; Financeiro

Quadro 50 – Riscos associados ao processo Fazer (continuação)

Tang e Tomlin (2008)	Processo
Rao & Goldsby (2009)	Organizacional
Qun (2010)	Incerteza de empresa membro interna

Fonte: Elaboração própria

Para o processo Fazer, os riscos associados que são indicados por mais autores são: operacional, ruptura, processo e financeiro (Quadro 50).

Quadro 51 - Riscos associados ao processo Entregar

AUTOR	TIPO DE RISCO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “ENTREGAR”
Svensson (2002)	-
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Cliente; Reputação; Legal
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	-
Cavinato (2004)	Físico; Informacional
Chopra e Sodhi (2004)	Previsão
Christopher & Peck (2004)	-
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	Cliente
Shi (2004)	Cadeia de valor; Evento
Tang (2006)	-
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	Interno controlável
Wang & Yang (2007)	Informacional
Manuj & Mentzer (2008)	Tempo de trânsito; Ruptura
Miccuci (2008)	Infraestrutura de apoio; Cliente
Tang e Tomlin (2008)	-
Rao & Goldsby (2009)	-
Qun (2010)	Incerteza em empresa membro

Fonte: Elaboração própria

Com relação ao processo Entregar, os riscos associados mais citados pelos autores consultados foram: cliente e informacional (Quadro 51).

Quadro 52 - Riscos associados ao processo Retornar

AUTOR	RISCO DA CLASSIFICAÇÃO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “RETORNAR”
Svensson (2002)	-
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Cliente; Legal
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	-
Cavinato (2004)	-
Chopra e Sodhi (2004)	-
Christopher & Peck (2004)	-
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	-
Shi (2004)	Cadeia de valor

Quadro 52 - Riscos associados ao processo Retornar (continuação)

Tang (2006)	-
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	Externo parcialmente controlável
Wang & Yang (2007)	-
Manuj & Mentzer (2008)	-
Miccuci (2008)	Regulatório/Legal
Tang e Tomlin (2008)	-
Rao & Goldsby (2009)	-
Qun (2010)	-

Fonte: Elaboração própria

Já no processo Retornar não houve uma tendência maior por um tipo de risco associado, permanecendo todos no mesmo nível de importância quanto à quantidade de autores que os citaram (Quadro 52). Além disso, todos os riscos presentes neste processo também foram alocados à outros processos.

Tornou-se necessário ainda construir um último quadro com os riscos que abrangiam atividades externas à cadeia. Segue o Quadro 53.

Quadro 53 - Riscos associados ao processo Outros

AUTOR	RISCO DA CLASSIFICAÇÃO QUE SE ENQUADRA NO PROCESSO “OUTROS”
Svensson (2002)	-
Harland, Brenchley e Walker (2003)	Fiscal
Jüttner <i>et al.</i> (2003)	-
Cavinato (2004)	-
Chopra e Sodhi (2004)	Ruptura
Christopher & Peck (2004)	Ambiental
Hallikas <i>et al.</i> (2004)	-
Shi (2004)	Evento; Mercado
Tang (2006)	Ruptura
Wu, Blackhurst, Chidambaram (2006)	Interno parcialmente controlável; Externo parcialmente controlável; Externo incontroleável
Wang & Yang (2007)	Político; Econômico; Natural; Cultural; Demanda
Manuj & Mentzer (2008)	Moeda; Sobrevivência; Cultural; Flutuação do preço do petróleo
Miccuci (2008)	Interrupção; Demanda; Financeiro
Tang e Tomlin (2008)	Demanda; Comportamental; Político/Social
Rao & Goldsby (2009)	Ambiental; Organizacional
Qun (2010)	Incerteza de demanda do mercado; Incerteza do ambiente externo

Fonte: Elaboração própria

Neste “processo”, os riscos que foram mais recorrentes são: ruptura, ambiental, político, cultural e demanda. De posse desta alocação, foi construído um quadro preliminar com os riscos mais citados em cada processo (Quadro 54).

Quadro 54 - Proposta de classificação preliminar

PROCESSO	RISCO
Planejar	Estratégico
	Inércia
	Informacional
	Previsão
	Capacidade
	Demanda
Abastecer	Suprimentos
	Financeiro
	Relacionamento
	Propriedade Intelectual
Fazer	Operacional
	Ruptura
	Processo
Entregar	Cliente
Retornar	Legal
	Cadeia de valor
	Externo parcialmente controlável
	Regulatório/Legal
Outros	Ambiental
	Cultural

Fonte: Elaboração própria

Alguns riscos se repetiram na alocação aos processos, por exemplo, o risco de demanda que apareceu no processo de planejar apontado por quatro autores e no processo retornar apontado por dois autores. Assim, optou-se por alocar o risco no processo que apresentou maior índice.

Entretanto, os riscos informacional e de ruptura se repetiram em mais de um processo. A escolha do risco informacional no processo planejar se deu em virtude das informações serem fundamentais para esta etapa, enquanto que no processo entregar, apesar das informações necessárias, elas não caracterizam a essência do processo.

Já para o risco de ruptura, a escolha pelo processo fazer se deu em razão de considerar que seria inconsistente não levar em consideração este risco dentro dos processos básicos (o que aconteceria caso o risco fosse alocado no item "outros"). Finalmente, entende-se que o risco de cadeia de valor está compreendido no conjunto dos riscos de ruptura, operacional, cliente e suprimentos. E o risco externo parcialmente controlável é considerado um resultante dos riscos legal, demanda, ruptura e suprimentos e, por isso, foram excluídos da proposta de classificação final (Quadro 55).

Quadro 55 - Proposta de classificação de risco

PROC. BÁSICOS	RISCOS	DEFINIÇÃO	AUTORES
Planejar	Estratégico	É caracterizado por todo evento que afeta a estratégia do negócio, como por exemplo: a falta de um planejamento estratégico (tanto organizacional quanto da cadeia), a ausência de uma visão sistêmica.	(2); (13)
	Inércia	É definido pela falta de capacidade de se manter de forma competitiva no mercado, geralmente ocasionada pela organização e/ou a cadeia não acompanhar as mudanças do mercado (por exemplo: tecnológicas, design, função).	(3); (13)
	Informacional	Acontece quando há falha no sistema de informação, seja devido a deficiência na alimentação de dados no sistema, sistemas eletrônicos, ou no recebimento, transferência e acesso à informações.	(4); (11)
	Capacidade	Decorre da sobre ou subutilização da capacidade de produção efetiva, da falta de flexibilidade às mudanças na demanda ou ainda, inaptidão de alguns elos (membros da cadeia) no planejamento, programação e controle da produção e na gestão de estoques.	(5); (13)
	Demanda	Ocorre quando há má previsão da demanda (em termos de quantidade e de <i>mix</i>), sazonalidade, longos <i>Lead times</i> , curto ciclo de vida dos produtos, pequena base de clientes, distorções de informações devido a promoções e incentivos. Como resultado tem-se, por exemplo, o efeito chicote.	(6); (13)
Abastecer	Suprimentos	Emana de ineficiências no processo de abastecimento da cadeia (ex.: aumento no preço de um insumo, falta de responsividade dos fornecedores, indisponibilidade de insumo em termos de quantidade e/ou qualidade) e de problemas no fluxo interno de produtos.	(2); (6); (13)
	Financeiro	Surge de problemas no fluxo de caixa (precificação de produtos, inadimplência de devedores, falta de pagamento) e alterações no mercado financeiro (impostos, taxa de câmbio, licenças, etc.).	(4); (7)
	Relacionamento	Origina-se da relação entre os elos (membros) da cadeia de suprimentos, por exemplo: falta de visibilidade dos membros, oportunismo, confiança na transferência de informação, desempenho quanto à cooperação e à interação entre os membros abaixo do esperado, terceirização (ex.: um fornecedor abastecer a cadeia e seus concorrentes ou um fornecedor redesenhar peças e criar seu próprio produto).	(4); (13)
Fazer	Operacional	Resulta das situações que impedem a empresa focal de realizar suas atividades de produção, podendo estar ligadas à: problemas com sistemas de produção, políticas internas, procedimentos, processos e pessoas.	(2); (8); (9)
	Ruptura	Emerge da descontinuidade no fluxo de materiais no processo de produção (suspensão na sequência de atividades que agregam valor ao cliente), advindo da dependência de uma única fonte de suprimentos e greves trabalhistas, por exemplo.	(5); (12)
Entregar	Cliente	Incide em situações que modificam a escolha do cliente, reduzindo o número de pedidos, por exemplo: obsolescência do produto, entrega do produto, atendimento (antes, durante e após a solicitação do pedido), perda de confiança do produto ou marca.	(2); (7); (13)
Retornar	Legal	Advém da incapacidade da organização e/ou a cadeia cumprir com alguma restrição legal ou ainda, da exposição à processos litigiosos.	(2)
Outros	Ambiental	Provém de eventos externos à cadeia, por exemplo: desastres naturais, incertezas nas políticas governamentais (de legislação, regulatório), econômicas, tecnológicas e sociais.	(6); (15)
	Cultural	É caracterizado pela diferença de cultura empresarial entre os elos (membros) da cadeia ou pela diferença na cultura, língua e pessoas dos países onde estão instalados os membros da cadeia.	(11); (12)

(1) Svensson (2002); (2) Harland; Brenchley; Walker (2003); (3) Jüttner; Peck; Christopher (2003); (4) Cavinato (2004); (5) Chopra; Sodhi (2004); (6) Christopher; Peck (2004); (7) Hallikas *et al.* (2004); (8) Shi (2004); (9) Tang (2006); (10) Wu, Blackhurst; Chidambaram (2006); (11) Wang; Yang (2007); (12) Manuj; Mentzer (2008); (13) Miccuci (2008); (14) Tang; Tomlin (2008); (15) Rao; Goldsby (2009); (16) Qun (2010).

A classificação proposta no Quadro 55 será adotada como base para o desenvolvimento do procedimento de identificação, avaliação e priorização dos riscos proposto neste trabalho.

4.2 Decomposição dos Riscos em Eventos

Como apresentado na seção 4.1, a classificação de riscos proposta, baseada em várias outras encontradas na literatura, foi adequada aos cinco processos básicos da cadeia de suprimentos. Cada tipo de risco pode ser caracterizado por eventos que o tornam reais á cadeia de suprimentos, gerando um impacto negativo sobre ela.

Nesta seção, cada tipo de risco elaborado e apresentado no Quadro 55 foi dividido em eventos. Para tal, realizou-se a quebra do conceito de cada risco em eventos de maneira a permitir levantar a sua ocorrência, baseando-se no modelo de Handfield e McCormack (2007) apresentado por McCormack; Bronzo; De Oliveira (2010). Os eventos relacionados aos riscos do processo básico Planejar podem ser visualizados no Quadro 56.

Quadro 56 - Eventos relacionados aos riscos do processo Planejar

PLANEJAR	Estratégico	Problemas devido ao planejamento inadequado de suas ações futuras	E ₁
		Problemas consequentes da execução de uma operação que poderia ser realizada por outra empresa	E ₂
		Interrupção da produção devido à decisão de trocar um fornecedor	E ₃
	Inércia	Problemas por não produzir produtos diferenciados em relação aos concorrentes	E ₄
		Não utilização de alguma nova tecnologia ou método para produção de um bem/serviço existente no mercado	E ₅
	Informacional	Problemas devido à falha no sistema de comunicação entre a empresa focal e um elo ligado a empresa focal	E ₆
		Problemas devido à falha na troca de informação dentro empresa focal (entre setores)	E ₇
		Problemas devido à falha na troca de informação entre dois elos ligados a empresa focal (fornecedor A com fornecedor B ou cliente A com cliente B)	E ₈
		Problemas devido à dependência do comércio eletrônico	E ₉
	Capacidade	Problemas relacionados à estocagem de matéria-prima (gestão de estoques)	E ₁₀
		Problemas devido ao planejamento da programação da produção falho	E ₁₁
		Problemas ao produzir um volume além de sua capacidade efetiva (erro na definição da capacidade, horas extras, etc.)	E ₁₂
		Problemas ao produzir um volume abaixo de sua capacidade efetiva (erro na definição da capacidade - ociosidade)	E ₁₃
		Problemas ao estocar produtos semiacabados e acabados	E ₁₄
	Demanda	Não atendimento da demanda devido à alta procura por seus produtos	E ₁₅
		Produção ociosa devido à baixa procura por seus produtos	E ₁₆
		Problemas por possuir um longo processo de produção (longos <i>Lead times</i>)	E ₁₇

Para os riscos relacionados ao processo básico Abastecer tem-se os seguintes eventos (Quadro 57):

Quadro 57 - Eventos relacionados aos riscos do processo Abastecer

ABASTECER	Suprimentos	Interrupção da produção devido a problemas com atraso no recebimento de materiais de algum fornecedor	E ₁₈
		Interrupção da produção por não receber as matérias-primas na qualidade desejada (fora das especificações)	E ₁₉
		Interrupção da produção devido à matérias-primas recebidas em quantidades incorretas	E ₂₀
		Problemas devido ao aumento do custo de aquisição de alguma matéria-prima	E ₂₁
		Problemas no fluxo interno de matéria-prima	E ₂₂
	Financeiro	Problemas devido ao aumento de seus custos por causa de algum elo ligado a empresa focal (fornecedor ou cliente)	E ₂₃
		Problemas devido à mudanças no mercado financeiro	E ₂₄
		Problemas devido à criação de algum tributo	E ₂₅
		Inadimplência dos seus devedores	E ₂₆
		Incapacidade de sanar suas dívidas	E ₂₇
	Relacionamento	Problemas por terceirizar alguma operação ou serviço	E ₂₈
		Problemas devido a falta de cooperação entre a empresa e um elo ligado a empresa focal (fornecedor ou cliente)	E ₂₉
		Problemas devido a processos legais enfrentados por outra empresa que era (ou ainda é) ligado a empresa focal (fornecedor ou cliente)	E ₃₀
		Problemas decorrentes do oportunismo de um elo ligado a empresa focal (fornecedor ou cliente)	E ₃₁

Para os riscos relacionados ao processo básico Fazer tem-se os seguintes eventos (Quadro 58):

Quadro 58 - Eventos relacionados aos riscos do processo Fazer

FAZER	Operacional	Interrupção da produção devido à falhas por falta de manutenção	E ₃₂
		Interrupção da produção devido à falhas por falta de treinamento	E ₃₃
		Interrupção da produção devido à operações que demoraram mais tempo do que o esperado	E ₃₄
		Interrupção da produção devido à máquinas e/ou ferramentas velhas	E ₃₅
		Problemas ocorridos nas etapas de manuseio dos produtos acabados	E ₃₆
		Problemas devido à saída de algum funcionário bastante especializado nas tarefas que executava	E ₃₇
	Ruptura	Interrupção da produção devido à não ter alternativas nos casos de máquinas quebradas.	E ₃₈
		Problemas por perder caminhões, carros de propriedade da empresa.	E ₃₉
		Interrupção da produção por somente existir um único fornecedor de uma matéria-prima.	E ₄₀
		Interrupção da produção devido à não ter alternativas nos casos de falta de energia.	E ₄₁
		Interrupção da produção devido à greves.	E ₄₂
		Interrupção da produção devido à não ter alternativas nos casos de falta de materiais.	E ₄₃
		Interrupção da produção devido à falta de ferramentas/equipamentos.	E ₄₄

Para os riscos relacionados ao processo básico Entregar tem-se os seguintes eventos (Quadro 59):

Quadro 59 - Eventos relacionados ao risco do processo Entregar

ENTREGAR	Cliente	Problemas por não atender aos pedidos dos clientes.	E ₄₅
		Problemas por entregar lotes de produtos fora do prazo.	E ₄₆
		Problemas por não atender às exigências dos seus clientes.	E ₄₇
		Problemas com seus clientes por perder a confiança deles.	E ₄₈

O Quadro 60 lista os eventos relacionados aos riscos do processo básico "Retornar".

Quadro 60 - Eventos relacionados aos riscos do processo Retornar

RETORNAR	Legal	Problemas devido à restrições existentes em contratos com um elo ligado a empresa focal.	E ₄₉
		Problemas por algum impedimento legal (cumprimento de alguma lei).	E ₅₀
		Problemas por algum impedimento ambiental (cumprimento de alguma lei ou norma ambiental).	E ₅₁
		Problemas devido a mudanças no projeto do produto por imposição legal (modificações na forma ou no processo de fabricação).	E ₅₂
		Problemas devido à processos legais enfrentados pela própria empresa.	E ₅₃

Com esses eventos pode-se, com maior facilidade, realizar as etapas do gerenciamento de riscos relativas à identificação e à avaliação do risco na cadeia de suprimentos, pois com ela pode-se fazer o levantamento de dados para cálculo das probabilidades de ocorrência de cada tipo de risco e levantar o impacto que, a cada ocorrência, é gerado na cadeia.

4.3 Discussão sobre Indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos

Observa-se através das abordagens levantadas sobre medidas de desempenho em cadeias de suprimentos (seção 2.1.5) que este é um tema de grande importância no gerenciamento da cadeia de suprimentos. A mensuração do desempenho da cadeia permite avaliar e tomar decisões para que ela se mantenha de forma competitiva, mas pode-se verificar também a dificuldade que é desenvolver métricas que possibilitam avaliar o desempenho da cadeia como um todo.

Como abordado por Lambert; Pohlen (2001), Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001) e Hausman (2004), as métricas devem ter uma definição que abranja toda a cadeia de suprimentos, mas a análise deve ser feita par a par entre os membros da cadeia. Embora deva abranger toda a cadeia, Sellitto e Mendes (2006) afirmam que o sistema de medição de desempenho deve ser individual, devendo-se utilizar também indicadores que reflitam a ação da cadeia.

Beamon (1999) afirma que escalas qualitativas tornam vago o processo de análise de avaliação de desempenho da cadeia, mas acrescenta que métricas quantitativas mal definidas também tornam inadequado este processo.

Enquanto isso, para Shepherd; Günter (2006) deve haver um balanceamento de métricas tanto de conotação financeira como de conotação não financeira. Acrescentam ainda a utilização de indicadores qualitativos como é o caso de indicadores com perspectiva de inovação e de satisfação do cliente.

Com relação às métricas de desempenho em si, pode-se visualizar que na maioria das abordagens elas são classificadas utilizando os processos básicos da cadeia de suprimentos (planejar, abastecer, fazer, entregar e retornar), como apresentado por Gunasekaran, Patel e Tirtiroglu (2001), Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004), Shepherd; Günter (2006) e Sellitto; Mendes (2006). Esta classificação facilita a identificação sobre a qual processo da empresa focal e da cadeia de suprimentos o indicador está relacionado.

Outras associações também são realizadas como relacionar os indicadores à abordagem qualitativa ou quantitativa (BEAMON, 1998), às metas estratégicas categorizadas em “Recursos”, “Produção” e “Flexibilidade” (BEAMON, 1999), ao nível organizacional estratégico, tático e operacional (GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001; GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004), às dimensões de serviço, ativos e velocidade (HAUSMAN, 2004), aos atributos de desempenho do SCOR versão 3.0 (HUAN; SHEORAN; WANG, 2004), às perspectivas do *Balanced Scored Card* (BHAGWAT; SHARMA, 2007) e, por fim, aos critérios flexibilidade, confiabilidade, responsividade, qualidade e gestão de ativo (NAJMI; MAKUI, 2010).

Ainda sobre as métricas levantadas, nota-se que a maioria delas tem uma abrangência muito ampla, ou seja, métricas que visam avaliar a cadeia inteira, dificultando o processo de avaliação de desempenho, principalmente se a avaliação for feita par a par entre os membros. Ou seja, deve-se seguir a lógica proposta por Sellitto; Mendes (2006), cuja discussão gira em torno de um sistema de avaliação de desempenho deve ser individual.

Com respeito à utilização de indicadores ou métricas de desempenho na gestão do risco em cadeia de suprimentos, como o risco possui uma conotação negativa de impacto, muitos dos indicadores ou métricas apresentados na seção 2.1.5 precisam ser utilizados com uma definição oposta. Como exemplo pode-se citar a métrica denominada utilização da capacidade. Para a gestão de riscos em cadeia de suprimentos, como o impacto do risco é traduzido de maneira negativa, deveria passar a ser empregada a métrica com uma lógica

inversa, denominada não utilização da capacidade, ou seja, dados sobre o quanto o risco mantém o processo de produção da empresa focal indisponível.

Deve-se verificar ainda a facilidade de mensuração ou julgamento do indicador. Ele deve permitir avaliar os impactos dos riscos gerados por qualquer um dos membros ligados diretamente a empresa focal.

Assim, com base nas informações apresentadas anteriormente, conclui-se que para que estes indicadores possibilitem um bom resultado precisam apresentar um conceito amplo, de maneira a admitir a alocação dos impactos que os vários tipos de risco apresentados no Quadro 55 e relacionados aos eventos que os originam, listados nos Quadros 56, 57, 58, 59 e 60, geram, ou seria impossível realizar uma comparação entre os riscos. As métricas não podem ser amplas de maneira a buscar avaliar a cadeia como um todo, mas sim de avaliar a empresa focal perante os membros ligados diretamente a ela, devendo esse processo se repetir ao longo de todos os membros da cadeia. Deve-se ressaltar ainda que, no conceito de risco, os impactos utilizados na etapa de avaliação têm uma conotação negativa.

Para definição dos critérios utilizados nesta pesquisa, foi realizada uma análise sobre três pontos: o conceito dos processos básicos da cadeia de suprimentos, os indicadores apresentadas pelas abordagens apresentadas na seção 2.1.5 e o conceito dos tipos de riscos associados a cada processo básico.

Para facilitar a análise dos indicadores, primeiro foram separados os indicadores das abordagens que os associam aos processos básicos da cadeia de suprimentos (GUNASEKARAN; PATEL; TIRTIROGLU, 2001; GUNASEKARAN; PATEL; MCGAUGHEY, 2004; SHEPHERD; GÜNTER, 2006; SELLITTO; MENDES 2006). No caso das abordagens restantes, apenas os indicadores que tinham o mesmo nome ou nome semelhante aos indicadores já associados aos processos básicos foram considerados. O resultado desta separação é apresentado nos Quadros 61, 62, 63, 64 e 65.

O planejamento é o processo básico que engloba todos os outros processos básicos da cadeia de suprimentos, pois utiliza de informações referentes ao ambiente interno e externo da empresa e da cadeia para orientar os demais processos e tomar as melhores decisões. A partir dele determina-se como balancear demanda e suprimentos para melhor atender as necessidades de abastecimento, produção e entrega.

Os indicadores associados ao processo “Planejar” são apresentados no Quadro 61.

Quadro 61 - Indicadores do Processo “Planejar”

PLANEJAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lead time do pedido			X	X			X		X	X
Tempo de ciclo de desenvolvimento do produto			X	X			X		X	
Métodos de entrada do pedido			X	X			X		X	
Tempo de ciclo total			X	X			X		X	
Precisão das técnicas de previsão			X	X			X		X	
Tempo total de fluxo de caixa			X	X			X		X	
Lucro Líquido vs. Razão de produtividade			X	X			X		X	
Variações contra orçamentos			X	X			X		X	
Variedade de produtos e serviços			X				x		X	
Custo de transferência da informação			X				X		X	
Taxa de retorno sobre investimento		X	X				X		X	
Tempo de ciclo do planejamento do processo			X	X					X	
Giro de ativos						X	X			X
Lead time do atendimento da ordem						X	X			X
Tempo de resposta ao cliente		X			X		X		X	
Perfeito atendimento de ordem						X	X			X
Nível do valor do produto percebido pelo cliente			X	X						
Métodos de entrada do pedido				X			X			
Custos totais de gerenciamento da cadeia						X	X			
Produtividade de valor agregado						X	X			
Tempo de ciclo de conversão de caixa					X		X			
Taxa de atendimento	X	X				X	X			
Custo do processamento de informação				X						
Tempo de consulta do cliente				X						
Produtividade dos recursos humanos				X						
Vendas		X					X			
Lucro	X	X					X			
Custo de bens Vendidos							X			
Custos indiretos							X			
Custos intangíveis							X			
Custos de incentivo e subsídios							X			
Sensitividade à custos de longo prazo							X			
Percentagem de vendas de novos produtos comparados com o total vendido no período							X			
Capabilidade de expansão							X			
Custos de capital amarrado							X			
Tempo total de reposta da cadeia de suprimentos							X			
Horizonte do relacionamento do negócio							X			
Redução da percentagem do tempo de produzir um produto							X			
Autonomia de Planejamento							X			
Eficácia das relações departamentais percebidas							X			
Flexibilidade de ordem							X			
Flexibilidade de novo produto		X					X			
Número de novos produtos lançados							X			
Uso de nova tecnologia							X			

Legenda: (1) Beamon (1998); (2) Beamon (1999); (3) Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001); (4) Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004); (5) Hausman (2004); (6) Huan; Sheoran; Wang (2004); (7) Shepherd; Günter (2006); (8) Sellitto; Mendes (2006); (9) Bhagwat; Sharma (2007); (10) Najmi; Makui (2010).

Observando os indicadores relacionados ao processo básico “Planejar” no Quadro 61, verifica-se que se baseiam principalmente na resposta do sistema como um todo e no processo de planejamento da cadeia, por exemplo, *Lead time* do pedido, tempo de ciclo de desenvolvimento do produto, métodos de entrada do pedido, tempo de ciclo total, precisão das

técnicas de previsão, tempo total de fluxo de caixa, lucro líquido vs. razão de produtividade, variações contra orçamento.

Do ponto de vista da classificação de risco associado ao processo “Planejar” tem-se os riscos estratégico, de inércia, informacional, capacidade e demanda, todos eles referentes a falhas no planejamento do negócio.

Deste modo, entende-se que a métrica que melhor traduz os impactos em uma organização se baseia nas vendas, pois traduz sua capacidade de atender as necessidades da demanda. Em vista de que precisam ter uma conotação negativa, para tal foram determinados dois critérios para avaliação do impacto: Perda de contratos de vendas (C_1) considerando o curto prazo e Nível de um cliente perdido (C_2) que tem o intuito de avaliar a perda no longo prazo.

Com respeito ao processo “Abastecer”, que tem como foco a aquisição de materiais e serviços, e o gerenciamento dos relacionamentos com fornecedores. Os riscos relacionados a este processo foram o risco de suprimentos, financeiro e relacionamento, os quais sugerem problemas relacionados ao processo de abastecimento de materiais e serviços, problemas financeiros e de relacionamento com os elos da cadeia.

O Quadro 62 apresenta os indicadores associados ao processo “Abastecer”.

Quadro 62 - Indicadores do Processo “Abastecer”

ABASTECER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lead time do fornecedor contra a norma da indústria			X	X			X		X	
Iniciativas do fornecedor em reduzir gastos			X				X		X	
Procedimentos de reserva do fornecedor			X	X					X	
Obtenção de entregas livres de defeito			X				X		X	
Eficiência do tempo de ciclo do pedido de compra			X	X			X			
Nível de parceria do Comprador-fornecedor	X		X				X		X	
Taxa de rejeição do fornecedor			X				X		X	
Desempenho de entrega do fornecedor			X	X						
Preço do fornecedor contra o do mercado			X	X						
Assistência mútua na resolução de problemas			X				X			
Habilidade mútua em responder a problemas de qualidade			X				X			
Tempo de ciclo da ordem de compra							X		X	
Auxílio do fornecedor na resolução de problemas técnicos							X		X	
Habilidade do fornecedor de responder a problemas de qualidade							X		X	
Tempo esperado (média e variabilidade) até a entrega de uma unidade fornecida								X		X
Inventário médio em unidades e em unidades monetárias em fornecimento					X			X		
Interesse do fornecedor em desenvolver parceria			X							
Tempo de ciclo do pedido de compra			X							
Eficiência do método de fluxo de caixa				X						
Percentagem de atraso e erros na entrega do fornecedor							X			
Procedimentos de reserva do fornecedor							X			
Confiança mútua							X			
Satisfação com transferência do conhecimento							X			
Satisfação com o relacionamento com fornecedor							X			
Distribuição de competências de decisão entre fornecedor e cliente							X			

Quadro 62 - Indicadores do Processo “Abastecer” (continuação)

Qualidade e frequência de troca de informação logística entre fornecedor e cliente								X			
Qualidade da perspectiva considerada em redes de suprimentos								X			
Precisão da informação								X			
Oportunidade da informação								X			
Disponibilidade da informação								X			
% de fornecimentos satisfatórios extra-contratuais em valor e em unidades									X		
% de fornecimentos em \$ ou em unidades na data devida									X		
% de fornecimentos em \$ ou em unidades aceitos na primeira vez									X		
Nível de satisfação dos fornecedores em relação à empresa focal (<i>proxi</i>)									X		
Custo dos fornecimentos por unidade do produto principal									X		
Participação % dos fornecimentos no custo do produto principal									X		

Legenda: (1) Beamon (1998); (2) Beamon (1999); (3) Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001); (4) Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004); (5) Hausman (2004); (6) Huan; Sheoran; Wang (2004); (7) Shepherd; Günter (2006); (8) Sellitto; Mendes (2006); (9) Bhagwat; Sharma (2007); (10) Najmi; Makui (2010).

Os indicadores referentes ao processo “Abastecer” das abordagens referem-se ao desempenho dos fornecedores quanto à entrega à empresa focal (*Lead time*, iniciativa de redução de gastos, entregas livres de defeitos) e no relacionamento entre fornecedor e empresa focal (nível de parceria entre comprador-fornecedor, assistência mútua na resolução de problemas). Pode-se concluir então que, como há uma sobreposição dos processos básicos, havendo um mau desempenho no processo de abastecimento da empresa focal, os próximos processos básicos (fazer, entregar e retornar) podem sofrer impactos, exigindo a necessidade de mudança do(s) fornecedor(es) para maior eficiência e eficácia destes processos e, assim, melhor atender as necessidades dos cliente.

Desse modo, determinou-se como critério para o processo “Abastecer”, Aquisição de bens/serviços de fornecedores não parceiros (C_3) no intuito apenas de verificar o aspecto de relacionamento com o fornecedor, ou seja, a necessidade de buscar novos fornecedores, já que os impactos sobre os demais processos – Fazer, Entregar e Retornar – possuem critérios próprios de avaliação do impacto.

O processo básico Fazer tem como objetivo transformar recursos em produtos de maneira a atender especificações dos clientes e leis regulamentares com o menor custo. A este processo foram associados os riscos operacional e de ruptura, que indicam a interrupção do processo de produção.

No Quadro 63 podem ser observados os indicadores associados ao processo básico “Fazer”.

Quadro 63 - Indicadores do Processo “Fazer”

FAZER	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Utilização da capacidade			X	X			X		X	X
Tempo de ciclo da produção/processo			X		X		X			X
Nível de Inventário: Entrada de Estoque			X				X		X	X
Custo por hora de operação			X	X			X		X	
Plano mestre da produção eficaz			X				X		X	
Nível de Inventário: Produtos semi-acabados			X				X		X	
Nível de Inventário: Desperdício			X				X		X	
Nível de Inventário: Inventário em trânsito.			X				X		X	
Custo de manufatura		X	X				X			
Quantidade do lote econômico			X				X			
Nível de Inventário: Produtos acabados;			X				X			
Variedade de produtos e serviços				X					X	
Percentagem de defeitos				X			X			
Investimento em estoque		X			X		X			
Número de pedidos em atraso					X		X			
Lead time da manufatura		X					X			X
Flexibilidade da produção	X					X	X			
Tempo esperado (média e variabilidade) até a fabricação de uma unidade								X		X
Utilização da quantidade do lote econômico				X						
Índice de produtividade do recurso humano				X						
Custo total de recursos	X						X			
Obsolescência do estoque		X					X			
Trabalho em processo		X					X			
Custo de estoque	X						X			
Razão de giro de estoque							X			
Taxa de fluxo do estoque							X			
Dias de estoque de fornecimento							X			
Número de itens produzidos							X			
Custos de armazém							X			
Capacidade de estoque							X			
Utilização do estoque							X			
Número de itens fora de estoque							X			
Média do nível de pedidos em atraso							X			
Percentagem de excesso/falta de recursos em determinado período							X			
Custo de estocar por unidade de volume							X			
Custos de venda							X			
Tempo requerido para produzir um item particular ou conjunto de itens							X			
Tempo requerido para produzir um novo mix de produto							X			
Precisão de inventário							X			
Variedade de inventário							X			
Percentagem de produtos manufaturados defeituosos							X			
Flexibilidade da capacidade							X			
Flexibilidade de volume		X					X			
Número de tarefas que o trabalhador pode executar							X			
% de ordens de fabricação satisfatórias extra-contratuais em valor e em unidades;								X		
% de ordens de fabricação em \$ ou em unidades cumpridas no prazo								X		
Inventário médio em unidades e em \$ em processamento								X		
% de refugo e retrabalho em \$ ou em unidades (toneladas, peças, etc.)								X		
Disponibilidade do principal processo de fabricação (% de tempo)								X		
Capabilidade do principal processo de fabricação (CP, CPK)								X		
Custo da fabricação por unidade do produto principal								X		
Participação % da fabricação no custo do produto principal								X		

Legenda: (1) Beamon (1998); (2) Beamon (1999); (3) Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001); (4) Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004); (5) Hausman (2004); (6) Huan; Sheoran; Wang (2004); (7) Shepherd; Günter (2006); (8) Sellitto; Mendes (2006); (9) Bhagwat; Sharma (2007); (10) Najmi; Makui (2010).

Nota-se no Quadro 63 que os indicadores utilizados pela maioria das abordagens refere-se a utilização da capacidade, tempo de ciclo da produção, nível de inventário, custo, eficácia do plano mestre e desperdício.

Assim, para indicar a interrupção ou ineficiência do processo “Fazer”, sugere-se o uso da taxa de indisponibilidade (C_4), perda de matéria prima (C_5), perda de produto semiacabado (C_6) e perda de produto acabado (C_7).

O processo “Entregar” inicia-se com o pedido confirmado do cliente e finaliza-se com a distribuição dos produtos. Apenas um risco é associado a este processo, o risco de cliente, que incide na redução do número de pedidos devido à modificação da escolha do cliente.

O Quadro 64, a seguir, lista os indicadores associados ao processo básico da cadeia de suprimentos “Entregar”.

Quadro 64 - Indicadores do Processo “Entregar”

ENTREGAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Lead time de entrega			X				X		X	X
Eficácia dos métodos de fatura de entrega			X	X			X		X	
Desempenho da confiança de entrega.			X	X			X		X	
Qualidade dos bens entregues			X	X			X		X	
Desempenho de entrega			X			X	X		X	
Número de entregas no prazo				X	X		X			X
Número de entregas sem falhas			X	X			X			
Custo total de distribuição		X	X				X	-		
Eficácia da programação do planejamento de distribuição da empresa;				X			X		X	
Frequência de entrega			X				X		X	
Qualidade da documentação entregue			X				X		X	
Qualidade da informação na realização da entrega			X				X			
Flexibilidade do sistema de serviço para atender as necessidades do cliente				X					X	
Qualidade da informação na realização da entrega;				X			X			
Percentagem de entregas no prazo		X					X			X
Confiança de entrega							X		X	
Responsividade para entregas urgentes							X		X	
% de entregas em unidades (toneladas, peças, etc.) no prazo								X		X
% de entregas em \$ cumpridas no prazo								X		X
Tempo esperado (média e variabilidade) até a entrega de uma unidade								X		X
Resposta ao número de entregas urgentes			X							
Percentagem de produtos acabados em trânsito;				X						
Número de notas de entrega sem falha faturada;				X						
Percentagem de entregas urgentes;				X						
Custos logísticos totais							X			
Custos de Transporte							X			
Custos de transporte por unidade de volume							X			
Custos de pessoal por unidade de volume movida							X			
Produtividade de transporte							X			
Erros de expedição		X					X			
Eficiência de entrega							X			
Percentagem de precisão de entrega							X			
Atraso de Produto		X					X			
Atraso médio de ordens		X					X			
Antecipação média de ordens		X					X			
Flexibilidade de entrega		X					X			

Quadro 64 - Indicadores do Processo “Entregar” (continuação)

Flexibilidade de transporte								X			
% de entregas satisfatórias extra-contratuais em valor e em unidades;									X		
Inventário médio em unidades e em \$ em trânsito;									X		
% de entregas em \$ ou em unidades sem avarias e integrais									X		
Nível de satisfação dos distribuidores em relação à empresa focal (<i>proxi</i>);									X		
Custo da entrega por unidade do produto principal									X		
Participação % da entrega no custo do produto principal									X		
Pedidos Atrasados							X				

Legenda: (1) Beamon (1998); (2) Beamon (1999); (3) Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001); (4) Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004); (5) Hausman (2004); (6) Huan; Sheoran; Wang (2004); (7) Shepherd; Günter (2006); (8) Sellitto; Mendes (2006); (9) Bhagwat; Sharma (2007); (10) Najmi; Makui (2010).

Verifica-se no Quadro 64 que os indicadores relacionados à entrega mais utilizados nas abordagens apresentam um foco no desempenho de entrega (*Lead time* de entrega, entregas no prazo, entregas sem falha) e na qualidade da entrega (entregas sem avarias, qualidade da informação na realização da entrega, qualidade dos bens entregues).

Assim, para avaliar o desempenho da entrega sugere-se o uso do critério Tempo de atraso de entrega ao cliente (C_8) e do critério Número de entregas fora de prazo (C_9). Do ponto de vista da qualidade da entrega, sugeriu-se o critério Devolução de Produtos (C_{10}), mas que foi associado ao processo básico “Retornar”, demonstrando a insatisfação do cliente no serviço prestado.

Ao processo básico “Retornar”, definido como as atividades concernentes à pós-venda (recebimento de materiais defeituosos, fora das especificações, insatisfação do cliente), associa-se apenas um tipo de risco, o risco legal. O risco legal tem como base o não cumprimento de restrições legais ou exposição a processos litigiosos.

O Quadro 65 apresenta os indicadores levantados que foram associados ao processo básico “Retornar”.

Quadro 65 - Indicadores do Processo “Retornar”

RETORNAR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Custos do processo de garantia/retorno						X	X			
Tempo de consulta dos clientes			X				X			
Nível de valor percebido do produto pelo cliente							X		X	
Taxa de reclamação							X			X
Satisfação do cliente (ou insatisfação)							X			
Reclamações de clientes		X					X			
Qualidade do produto							X			
Flexibilidade de sistemas de serviço para encontrar as necessidades do cliente							X			
% de materiais reciclados na cadeia em \$ ou em unidades								X		
% de materiais devolvidos reaproveitados em \$ ou em unidades								X		
Inventário de devolvidos em \$ ou em unidades								X		
Valor pago por autuações;								X		
Custo da devolução por unidade do produto principal								X		
Participação % da devolução no custo do produto principal								X		

Legenda: (1) Beamon (1998); (2) Beamon (1999); (3) Gunasekaran; Patel; Tirtiroglu (2001); (4) Gunasekaran; Patel; McGaughey (2004); (5) Hausman (2004); (6) Huan; Sheoran; Wang (2004); (7) Shepherd; Günter (2006); (8) Sellitto; Mendes (2006); (9) Bhagwat; Sharma (2007); (10) Najmi; Makui (2010).

Sob o aspecto dos indicadores relacionados ao processo “Retornar” (Quadro 65), verifica-se a pouca quantidade de indicadores listados e a não existência de indicadores sugeridos por vários dos autores ao mesmo tempo. Mas constata-se que os indicadores listados relacionam-se a satisfação ou insatisfação do cliente, retorno de produtos para garantia, reciclagem ou devolução, valor pago por autuações, ou seja, utiliza os conceitos do processo básico retornar e do risco legal.

Assim, sugerem-se os critérios Devoluções de produtos (C_{10}), Multas (C_{11}) e Número de reclamações (C_{12}), atendendo assim a definição do processo básico retornar e do risco legal.

No intuito de possibilitar incrementar valores de custo na avaliação, sugere-se na lista de indicadores apresentados para uso no modelo o critério Outros Custos (C_{13}). Ele é útil para inserir custos que não se espera ter e que sejam de fácil mensuração. Se cada item de custo fosse listado como um critério diferente, a avaliação através do uso do ANP tornar-se-ia muito complexo, logo, dificultaria sua implementação e uso.

A lista de indicadores sugerida ao longo da discussão acima para implementação da metodologia proposta neste trabalho é apresentada no Quadro 66.

Quadro 66 - Lista e caracterização dos indicadores propostos

PROCESSO	ÍNDICE	CRITÉRIO	DEFINIÇÃO
Planejar	C_1	Perda de contratos de venda	Define-se como o volume de produtos não vendidos por conta de algum problema que tenha afetado a empresa focal (má previsão da demanda, falta de capacidade, problemas operacionais que ocasionaram baixa qualidade, atraso na entrega, longo <i>Lead time</i> , produtos que não atendem a perspectiva do cliente, etc.). Sugere-se que este seja mensurado em volume devido à dificuldade de mensurar seu custo com exatidão.

Quadro 66 - Lista e caracterização dos indicadores propostos (continuação)

Planejar	C_2	Nível de um cliente perdido	Nível dos clientes perdidos devido a não satisfação com os serviços e produtos fornecidos pela empresa focal. Este indicador sugere uma avaliação qualitativa, qualificando a perda de acordo com o julgamento dos decisores (ex: pouco importante, moderado, muito importante).
Abastecer	C_3	Aquisição de bens/serviços de fornecedores não parceiros	Quantidade ou custo de matéria prima/serviço que tenha sido adquirido por qualquer motivo (atraso na entrega do fornecedor, devolução do produto fornecido pelo fornecedor membro da cadeia, etc.). Logo, este indicador pode assumir uma unidade de volume, peso, número de produtos, número de lotes ou valor monetário.
Fazer	C_4	Indisponibilidade	Tempo no qual a empresa focal foi obrigada a interromper a produção (não utilização de sua capacidade) qualquer que tenha sido o motivo (demanda abaixo do esperado, problemas de fornecimento, problemas operacional, falta de manutenção, etc.). Este indicador pode ser dado em qualquer unidade de tempo (minutos, horas, dias, etc.) a critério dos decisores.
	C_5	Perda de matéria prima	Quantidade ou custo de matéria prima que tenha sido inutilizada por qualquer que tenha sido o motivo (ex: obsolescência, baixa qualidade, etc.). Logo, este indicador pode assumir uma unidade de volume, peso, número de produtos, número de lotes ou valor monetário.
	C_6	Perda de produto semiacabado	Quantidade de produto semiacabado que tenha sido inutilizada por qualquer que tenha sido o motivo (ex: obsolescência, baixa qualidade, defeito, etc.). Por este ter passado por parte do processo produtivo, aumenta-se a dificuldade em mensurar o custo do mesmo. Assim, sugere-se o uso de uma unidade de volume, peso, número de produtos ou número de lotes, por exemplo, para este indicador.
	C_7	Perda de produto acabado	Quantidade de produto acabado que tenha sido inutilizada por qualquer que tenha sido o motivo (ex: obsolescência, baixa qualidade, defeito, etc.). Por este ter passado por todo o processo produtivo, aumenta-se a dificuldade em mensurar o custo do mesmo. Assim, sugere-se o uso de uma unidade de volume, peso, número de produtos ou número de lotes, por exemplo, para este indicador.
Entregar	C_8	Tempo de atraso de entrega ao cliente	Diferença de tempo decorrido entre a data programada/contratada e a data real de entrega do pedido ao cliente. Este pode ser mensurado em qualquer unidade de tempo (minutos, horas, dias, etc.).
Entregar	C_9	Número de entregas fora do prazo	Número de entregas em atraso que tenham ocorrido em um dado intervalo de tempo. Pode ser avaliado em também de maneira qualitativa (escalas) caso não existam dados.
Retornar	C_{10}	Devolução de Produtos	Refere-se ao número ou índice de produtos devolvidos devido à insatisfação do cliente com o mesmo (baixa qualidade, entrega fora do prazo, produto defeituoso, falhas de entrega, não atendimento das expectativas do cliente).
	C_{11}	Multas	Valor monetário pago por problemas contratuais/legais com fornecedor, cliente, lei ou norma ambiental.
	C_{12}	Número de Reclamações	Número de reclamações devido a problemas do produto entregue na percepção dos clientes.
Outro	C_{13}	Outros Custos	Gastos de fácil mensuração/identificação referentes a situações que não estavam programadas: necessidade de aquisição de equipamentos, terceirização emergencial da produção ou de serviços, hora extra, incentivos, indenizações (quebras contratuais, problemas legais, processos trabalhistas), etc.

Fonte: Elaboração Própria

No método de Auxílio Multicritério à Decisão escolhido neste trabalho, ANP, os indicadores listados e definidos no Quadro 66 funcionam como critérios que permitirão a avaliação dos riscos.

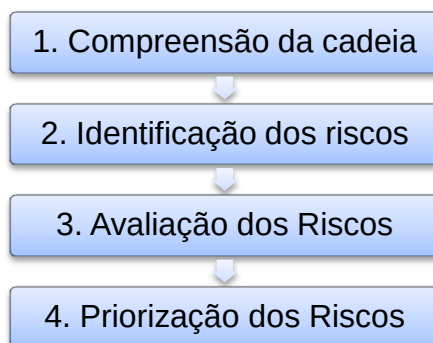
Os índices de desempenho relacionados aos indicadores listados no Quadro 66 são apenas sugestões, cabendo ao(s) decisor(es) decidirem qual índice de desempenho adotar para cada indicador listado, ou até mesmo acrescentar ou eliminar algum indicador de acordo com as características da empresa focal.

Outra questão a ser ressaltada é que estes indicadores devem ser utilizados como um *checklist*, ou seja, à medida que os riscos forem ocorrendo e impactando a empresa focal, estes devem ser registrados para a geração de um histórico de dados. Para a avaliação do risco sugere-se o uso da média aritmética dos valores dos índices de desempenho levantados para cada tipo de risco, quando quantitativos, e a moda estatística para os índices qualitativos.

4.4 Procedimento para Identificar, Avaliar e Priorizar riscos em cadeia de suprimentos

Nesta seção é apresentada a sequência metodológica proposta neste trabalho. Um desenho das etapas do procedimento é apresentado na Figura 45.

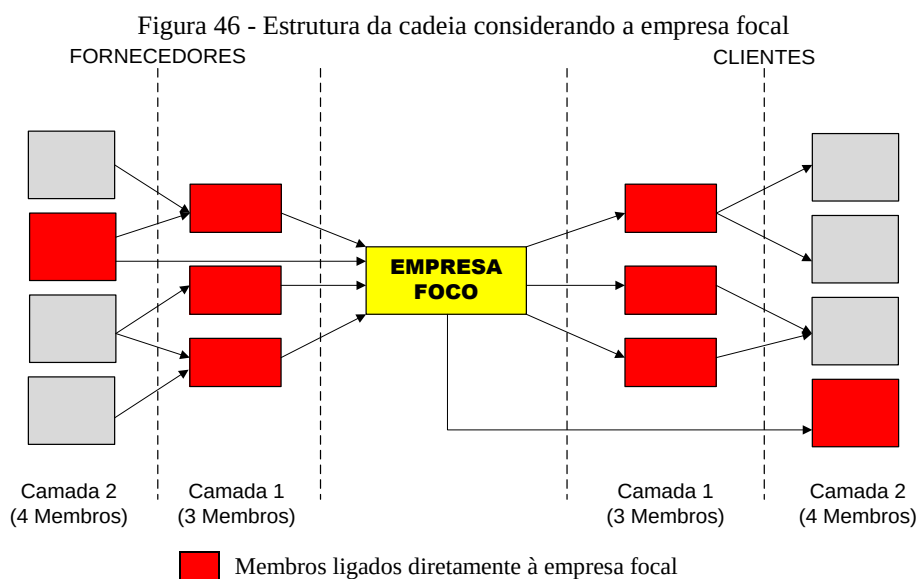
Figura 45 - Etapas do Procedimento Proposto



4.4.1 Mapeamento da Cadeia de Suprimentos

Conforme apresentado por Christopher (2007), compreender a cadeia é o primeiro passo para torná-la resiliente. Não podem ser observadas apenas as vantagens de custo e qualidade proporcionadas pelos membros da cadeia, mas também a sua resiliência, pois, devido à colaboração e dependência entre os membros, um problema com qualquer que seja o membro pode afetar a cadeia de forma relevante.

Assim, a lógica apresentada pelo modelo LCP, proposto por Lambert, Cooper e Pagh (1996), torna-se uma ferramenta importante neste momento. Inicia-se com a definição da estrutura da cadeia de suprimentos. A forma como o modelo LCP estrutura a cadeia de suprimentos permite uma melhor visualização da mesma, pois classifica os membros por tipo (primário ou de apoio), além de apresentar o número de camadas (estrutura horizontal), número de fornecedores e clientes por camada (Estrutura vertical) e o posicionamento da empresa focal dentro dela (Posição horizontal da empresa foco), representada na Figura 46.



Fonte: Adaptado de Lambert; Cooper (2000)

Esta etapa também é importante, pois o procedimento proposto tem o objetivo de identificar os riscos originados na empresa focal seja por ela mesma, como também pelos membros da cadeia ligados diretamente a empresa focal (Cadeia Imediata).

Esta lógica deve ser usada por cada membro da cadeia, onde cada uma deve se considerar empresa focal, fazendo a análise com relação aos membros ligados a ela, pois facilitará o rastreio dos riscos ao longo de toda a cadeia, permitindo, após serem avaliados, serem tomadas decisões de como mitigá-los de forma a reduzir a vulnerabilidade ao longo da cadeia.

Assim, são abordados os princípios de colaboração da cadeia de suprimentos e criação de uma cultura de gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos apresentados por Christopher; Peck (2004), além de possibilitar o atendimento dos princípios listados por Pfohl; Köhler; Thomas (2010) que, abordando-os de forma resumida, afirmam que o gerenciamento de riscos deve ser realizado e compartilhado por toda a cadeia.

Dá-se então início às etapas bases para a priorização do risco, identificação e avaliação do risco.

4.4.2 Identificação do Risco

É neste momento que as etapas do gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos tem início. Como o próprio nome diz, consiste em identificar os tipos de riscos para os quais a cadeia de suprimentos é vulnerável. Este pode ser realizado através do levantamento daqueles que tem ocorrido historicamente.

Este levantamento deve ser feito utilizando os riscos (Quadro 55) e os eventos relacionados a eles (Quadros 56, 57, 58, 59 e 60), adequando-os em forma de *checklists*, um para cada membro ao qual a empresa focal está conectada diretamente. A ocorrência de qualquer um dos eventos deve ser registrada no *checklist* que, além de servir para identificar os riscos aos quais estão expostos a cadeia, servirá de base para o levantamento dos impactos gerados e para cálculo da probabilidade.

Como explanado, para a análise dos impactos gerados são utilizados os indicadores apresentados no Quadro 66.

Já para o caso da probabilidade, o número de ocorrências de cada evento em um determinado intervalo de tempo será utilizado para calcular o parâmetro μ_j de cada evento E_j . Uma estrutura de como levantar e avaliar essa frequência de ocorrência é apresentada na seção 4.4.3.2, a qual servirá de base para o cálculo da probabilidade do risco $P(R_i)$.

O registro do impacto e da ocorrência desses eventos por cada membro da cadeia facilitará, após a avaliação e, consequentemente, priorização do risco, rastrear quais os membros que tornam a cadeia mais vulnerável. A aplicação deste procedimento por todos os membros importantes da cadeia, por serem mais críticos ao funcionamento da cadeia, permite que os gestores tenham uma informação que percorre toda a cadeia até que se encontre o membro que seja a fonte primária desta condição de vulnerabilidade.

Como exemplo, é ilustrada no Quadro 67 uma ficha que facilitaria executar o *checklist* dos eventos que ocorrem e os impactos que eles geraram sobre a empresa focal.

Quadro 67 - Representação de uma ficha para *checklist* dos riscos

		PLANEJAR				...
		Estratégico				
		E_1	E_2	E_3	...	E_{53}
INDICADORES	Perda de contratos de venda				...	
	Nível de um cliente perdido				...	
	Aquisição de bens/serviços de fornecedores não parceiros				...	
	Indisponibilidade				...	
	Perda de matéria prima				...	
	Perda de produto semiacabado				...	
	Perda de produto acabado				...	
	Tempo de atraso de entrega ao cliente				...	
	Número de entregas fora do prazo					
	Devolução de Produtos				...	
	Multas					
	Número de Reclamações					
	Outros Custos					

Ao registrar o(s) indicador(es) da ocorrência de algum dos eventos de risco, estabelecidos no Quadro 66 (seção 4.3), tem-se disponível três informações básicas. A primeira é a identificação dos riscos e dos eventos que exercem vulnerabilidade à cadeia. As outras duas informações são: armazenado um histórico de dados sobre a ocorrência do risco, obtido através da ocorrência do risco que é registrado a partir da ocorrência de um dos eventos e geração de apontamento de algum indicador, pode-se fazer o cálculo da probabilidade e da média dos impactos gerados pelo risco.

Esta ficha, representada no Quadro 67, deve ter data, podendo ser utilizado um intervalo diário ou semanal de atualização, para que, posteriormente, se considere um intervalo de tempo fixo para o cálculo da média de ocorrências e, conseqüentemente, cálculo da probabilidade de ocorrência. Acrescenta-se ainda esta ficha deva ser utilizada individualmente para cada elo ligado diretamente a empresa focal de maneira a permitir, após avaliação e priorização do risco, identificar como cada um dos elos impacta sobre o risco e quais os eventos e impactos que precisam ser mitigados com maior urgência.

A seguir é apresentado como estes dados levantados e trabalhados são inseridos no método de Auxílio Multicritério à Decisão ANP para a etapa de avaliação do risco. O resultado desta etapa pode ser apresentado na forma de *checklist*, ilustrada no Quadro 68.

Quadro 68 - Risco x Impacto

		RISCOS											
		Estratégico	Inércia	Informacional	Capacidade	Demanda	Suprimentos	Financeiro	Relacionamento	Operacional	Ruptura	Cliente	Legal
INDICADORES	Perda de contratos de venda												
	Nível de um cliente perdido												
	Aquisição de bens/serviços de fornecedores não parceiros												
	Indisponibilidade												
	Perda de matéria prima												
	Perda de produto semiacabado												
	Perda de produto acabado												
	Tempo de atraso de entrega ao cliente												
	Número de entregas fora do prazo												
	Devolução de Produtos												
	Multas												
	Número de Reclamações												
	Outros Custos												

No Quadro 68 obtêm-se disponível dados sobre a média dos indicadores gerados pela ocorrência dos eventos dos riscos, logo, de cada tipo de risco. Estes devem ser utilizados para alimentar o ANP para avaliação do impacto dos riscos que, posteriormente, combinado com a probabilidade do risco, define o índice de criticidade do risco, e, assim pô-los em ordem de prioridade. Este pode ser utilizado por elo ligado diretamente a empresa focal que, ao unir as informações de todos os elos, gera um quadro com os resultados globais sobre a empresa focal.

4.4.3 Avaliação do Risco

Segue nesta seção como realizar a avaliação do impacto do risco através do uso de indicadores no ANP (Seção 4.4.3.1) e como avaliar a probabilidade do risco (seção 4.4.3.2).

4.4.3.1 Avaliação do Impacto do Risco

Com os dados levantados na etapa de identificação através dos *checklists* (Quadro 67) e resumidos no Quadro 68, pode-se dar início a etapa de avaliação. Esta ocorrerá através do uso do método de Auxílio Multicritério à Decisão ANP que permite a comparação de alternativas utilizando como base múltiplos critérios. O objetivo desta etapa é comparar os riscos através de indicadores e, com isso, definir uma ordem e uma pontuação aos riscos sob o aspecto do impacto. Este índice deve ser utilizado em combinação com a probabilidade do risco de maneira a definir seu respectivo índice de criticidade.

Segue, assim, a adequação do problema ao método ANP.

a) Formulação do problema

Neste momento têm-se todos os componentes da tomada de decisão pelo ANP:

- Objetivo: Definir um índice de impacto dos riscos na empresa focal devido aos outros membros da cadeia de suprimentos;
- Critérios: Indicadores listados e conceituados no Quadro 66 (Perda de contrato de vendas, Nível de um cliente perdido, Aquisição de bens/serviços de fornecedores não parceiros, Indisponibilidade, Perda de matéria-prima, Perda de produto semiacabado, Perda de produto acabado, Tempo de atraso de entrega ao cliente, Devolução de produtos, Multas, Número de reclamações, Outros Custos);
- Alternativas: Estas são compostas pelos tipos de risco elaborados neste trabalho (Quadro 55). São eles: Estratégico, Inércia, Informacional, Capacidade, Demanda, Suprimentos, Financeiro, Relacionamento, Operacional, Ruptura, Cliente e Legal.

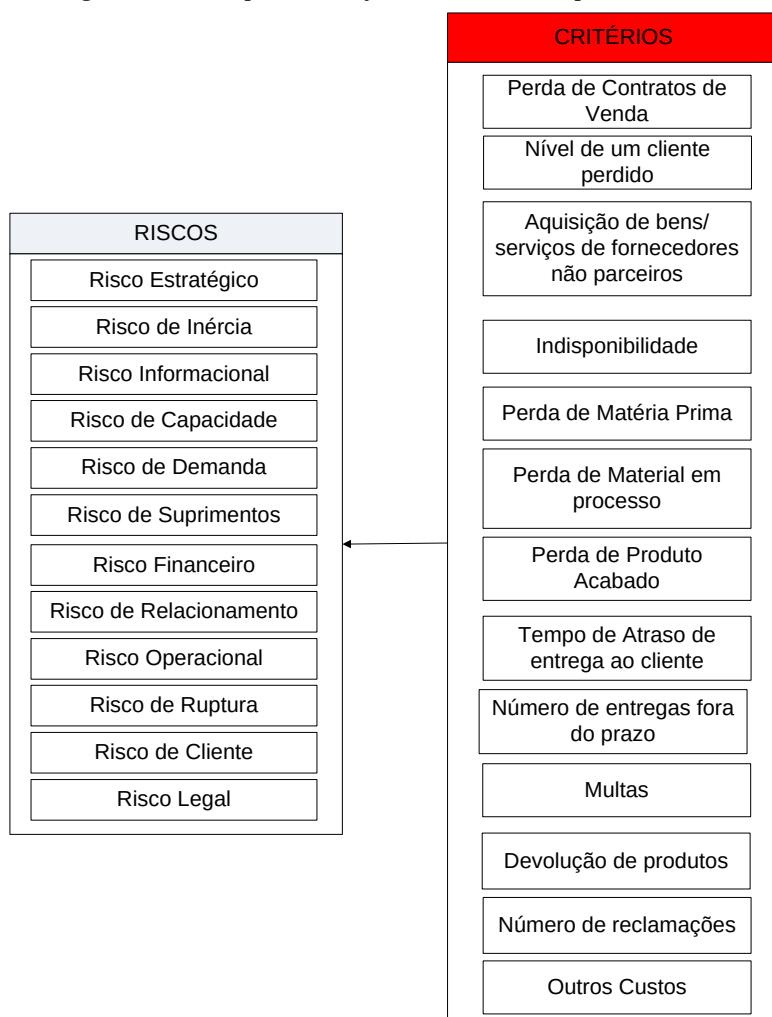
Com essas informações pode-se construir a rede e definir as relações entre os grupos e elementos do problema. Silva; Belderrain (2005) apresentam os Sete Pilares dos métodos AHP e ANP, no qual um deles refere-se à necessidade de tomar a decisão em grupo. Assim as relações de dependência existentes entre os componentes do problema não serão desenhadas neste trabalho de maneira a permitir que sua aplicação ocorra adequadamente quando este procedimento for aplicado em alguma situação prática em particular.

Salienta-se que, devido ao grande número de variáveis apresentados neste trabalho, a utilização de tecnologia da informação é quase que obrigatória, pois seria necessário realizar um número enorme de iterações matemáticas.

Considerando o que foi dito acima, a rede apresentada na Figura 47 não faz referência às relações de dependência que podem ocorrer dentro de cada grupo, deixando em aberto para uma futura aplicação prática.

Esta análise da relação de dependência entre os riscos é uma das lacunas observadas neste trabalho, levantada a partir de uma observação realizada por Tsai; Liao; Han (2008) e Xia; Chen (2011).

Figura 47 - Rede para avaliação do risco em SC pelo método ANP



b) Julgamentos

A etapa de julgamentos do método ANP é composta dos seguintes passos:

- Construção das matrizes de alcance global e local;
- Comparações par a par dos elementos e grupos;
- Verificação de consistência dos julgamentos;
- Obtenção dos autovetores de prioridades e Matriz de peso dos grupos.

Como listado acima, a etapa de julgamentos inicia-se com a construção das matrizes de alcance global e local, ou seja, das matrizes binárias que definem a existência ou não de dependência na rede.

A matriz de alcance global refere-se aos grupos e a local aos elementos dentro deles. Como este trabalho consiste apenas na apresentação da metodologia e o julgamento sobre a existência de dependência ser realizada qualitativamente pelos tomadores de decisão, não são apresentadas aqui as relações de dependência, têm-se apenas a representação genérica da matriz de alcance global (Quadro 69) e da matriz de alcance local (Quadro 70).

Quadro 69 - Matriz de Alcance Global da Proposta

GRUPO	Alternativa (Riscos)	Critérios
Alternativa (Risco)		
Critérios		

Quadro 70 - Matriz de Alcance Local da Proposta

	C_1	C_2	C_3	...	C_{13}	R_1	R_2	R_3	...	R_{12}
C_1				...					...	
C_2				...					...	
C_3				...					...	
$\vdots$				...					...	
C_{13}				...					...	
R_1				...					...	
R_2				...					...	
R_3				...					...	
$\vdots$	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
R_{12}				...					...	

Nos pares em que os tomadores de decisão entenderem que existe uma relação de dependência entre grupos (Riscos e Critérios) ou elementos (conjunto de riscos e de critérios) deve-se inserir o valor 1 (um) nas matrizes e, em caso contrário inserir 0 (zero).

Após análise das relações de dependência, é dado início a comparação par a par dos elementos e grupos. As comparações par a par entre grupos definem o peso deles e seu resultado é apresentado na matriz denominada matriz de pesos dos grupos. Como exemplo apresenta-se no Quadro 71 uma matriz de julgamentos para determinação de importância atribuída aos critérios na decisão.

Quadro 71 - Matriz de julgamentos e importância dos atributos

	C_1	C_2	C_3	C_4	...	C_{13}	IMPORTÂNCIA
C_1	1	$a_{1,2}$	$a_{1,3}$	$a_{1,4}$	...	$a_{1,13}$	W_1
C_2	$\frac{1}{a_{1,2}}$	1	$a_{2,3}$	$a_{2,4}$	...	$a_{2,13}$	W_2
C_3	$\frac{1}{a_{1,3}}$	$\frac{1}{a_{2,3}}$	1	$a_{3,4}$	...	$a_{3,13}$	W_3
C_4	$\frac{1}{a_{1,4}}$	$\frac{1}{a_{2,4}}$	$\frac{1}{a_{3,4}}$	1	...	$a_{4,13}$	W_4
...	...	...	...	...	...	...	...
C_{13}	$\frac{1}{a_{1,13}}$	$\frac{1}{a_{2,13}}$	$\frac{1}{a_{3,13}}$	$\frac{1}{a_{4,13}}$	...	1	W_{12}

No caso do peso dos critérios é preciso utilizar as escalas de importância apresentadas no Quadro 25, pois os valores levantados através dos indicadores referem-se ao desempenho (impacto) de cada risco nos critérios sugeridos.

Para avaliar o desempenho dos riscos nos critérios têm-se três situações:

- Os critérios que possuem índices de desempenho quantitativos, as comparações entre os riscos (alternativas do modelo) são realizadas normalizando os índices;
- Para o caso dos critérios que são avaliados qualitativamente (através de categorias de desempenho), os índices de desempenho que definem o impacto do critério devem ser comparados entre si, utilizando a escala de importância apresentada por Saaty; Sodenkamp (2010) e ilustrada no Quadro 25, para atribuir *ratings* (estimativas);
- Caso não haja uma avaliação do impacto sob nenhum desses dois aspectos, pode-se avaliar diretamente o desempenho de um risco comparado ao outro no critério em questão através da escala de importância do método.

As comparações são feitas entre elementos de cada grupo quando um elemento tem uma relação de dependência de pelo menos dois elementos de um grupo e entre grupos quando há relação de dependência entre eles.

A partir das matrizes de julgamentos obtém-se o autovetor de cada matriz (Equação 30):

$$W_m = \left(\prod_{n=1}^k a_{m,n} \right)^{1/k} \quad (30)$$

Onde :

k = número de elementos ou grupos a serem comparados na matriz (índice da matriz);

$a_{m,n}$ = os valores julgados e preenchidos na matriz de comparação;

W_m = o autovetor calculado que se refere a cada elemento,

m = o índice que designa a posição na linha;

n = o índice que representa posição na coluna da matriz.

Em seguida, normalizam-se os autovetores através da Equação 31:

$$T = \left[\frac{W_1}{\sum_{m=1}^k W_m}; \frac{W_2}{\sum_{m=1}^k W_m}; \dots \frac{W_k}{\sum_{m=1}^k W_m} \right] = [T_1; T_2; \dots T_k] \quad (31)$$

O valor de T representa a importância dos critérios para o decisor ou desempenho dos riscos em relação aos critérios.

Em seguida, deve realizar uma verificação de consistência dos julgamentos realizados.

Para tal, calcula-se primeiro o autovalor $\lambda_{máx}$ através da Equação 32:

$$\lambda_{máx} = \sum_{m=1}^k \left(T_m \cdot \sum_{n=1}^k a_{m,n} \right) \quad (32)$$

Em seguida é calculado o Índice de consistência (IC), apresentado na Equação 33:

$$IC = \frac{(\lambda_{máx} - k)}{(k - 1)} \quad (33)$$

E, por fim, calcula-se a razão de consistência (RC) através da Equação 34:

$$RC = \frac{IC}{CA} \quad (34)$$

onde CA é o índice de consistência aleatória obtido a partir de uma amostra de até 500 matrizes recíprocas positivas geradas aleatoriamente, com ordem n de no máximo igual a 11.

Os julgamentos são considerados consistentes quando $RC \leq 0,10$. Caso contrário, revisões na matriz de comparações devem ser realizadas até que se adeque a essa condição.

Estes cálculos devem ser repetidos para todas as matrizes de comparação. Ao serem decretados consistentes os julgamentos realizados, tem-se então a obtenção dos autovetores de

prioridades e matriz de peso dos grupos. Assim, segue-se para a etapa de desenvolvimento algébrico do ANP.

c) Desenvolvimento Algébrico

Neste momento os autovetores de prioridades e a matriz de pesos já estão determinados, podendo dar início a etapa de desenvolvimento algébrico do ANP que, fornece como resultado final o índice de prioridade dos riscos e o segundo o objetivo do problema.

Esta etapa tem início com a obtenção da supermatriz sem pesos. A supermatriz sem pesos é obtida a partir dos valores resultantes da etapa de julgamentos e comparações entre elementos (autovetores de prioridade - W) que devem substituir as relações enumeradas como 1 (um) da matriz de alcance local.

Ou seja, multiplica-se os componentes com valor 1 (relação de dependência/influência) da matriz de alcance local (Quadro 70) pelos respectivos valores de desempenho/importância W encontrados através das matrizes de julgamentos.

Ao multiplicar os componentes da supermatriz sem pesos pelo peso/importância de seu respectivo grupo, apresentados na matriz de pesos dos grupos, obtém-se o que é denominado de supermatriz ponderada.

O próximo passo é a obtenção da matriz limite, ou seja, a supermatriz ponderada deve ser aumentada a sucessivas forças até que convirja (todas as colunas da matriz com o mesmo valor). Isto só pode ocorrer se a supermatriz ponderada for estocástica, caso contrário ela deve ser normalizada para tornar-se estocástica.

Para obtenção do resultado final, denominado de matriz final, a matriz limite deve ser normalizada com relação aos blocos: Critério x Critério, Critério x Risco, Risco x Critério e Risco x Risco.

Quanto maior o valor apresentado para o risco, maior é o impacto gerado por ele sobre a empresa focal e, por conseguinte, sobre a cadeia de suprimentos. Estes valores serão utilizados posteriormente para priorização do risco.

A etapa de avaliação do impacto do risco pode ser aplicada utilizando o software *Super Decisions*, desenvolvido pelo grupo *Creative Decisions Foundation* para aplicação do AHP e do ANP, disponibilizado no endereço eletrônico <http://www.superdecisions.com>.

4.4.3.2 Probabilidade do Risco em cadeia de suprimentos

A formação de uma cadeia de suprimentos induz em uma maior dependência entre as empresas, e assim, aumenta-se a vulnerabilidade da cadeia a riscos. Tal fato exige da cadeia um melhor conhecimento dos riscos aos quais está exposta e procurar meios de evitá-los e/ou de minimizar o impacto que estes causam sobre ela.

Assume-se neste trabalho a estrutura de risco apresentada na Figura 43, a qual demonstra que um determinado risco é composto pela ocorrência de vários eventos. Tais eventos ocorrem com uma severidade esperada (causam mais ou menos impacto sobre a organização) e com certa probabilidade (chance de ocorrência).

Nesta seção descreve-se uma maneira de levantar o segundo parâmetro para avaliação do risco, a probabilidade de ocorrência.

Assumindo uma proposta de mais simples implementação, decidiu-se trabalhar com a ocorrência dos riscos sendo dadas de maneira discreta, ou seja, não serão avaliados os vários resultados da ocorrência do risco, mas sim a ocorrência ou não do mesmo. Assim, poder-se-ia usar redes bayesianas ou uma das distribuições discretas (Binomial ou Poisson). A justificativa de considerar uma proposta mais simples baseia-se em facilitar a aplicação prática do procedimento em empresas.

Decidiu-se trabalhar com o número de ocorrências em um determinado intervalo de tempo que pode ser definido pelos gestores, ou seja, analisando sob o aspecto da frequência de ocorrência dos eventos de cada tipo de risco apresentado no Quadro 55.

Seguem as variáveis que serão utilizadas para determinar a estrutura teórica de cálculo da probabilidade dos riscos:

i : Índice referente ao tipo de risco ($i = 1, 2, \dots, 12$);

j : Índice do evento ($j = 1, 2, \dots, 53$);

R_i : Risco de índice i ;

E_j : Evento de índice j pertencente ao Risco de índice i ;

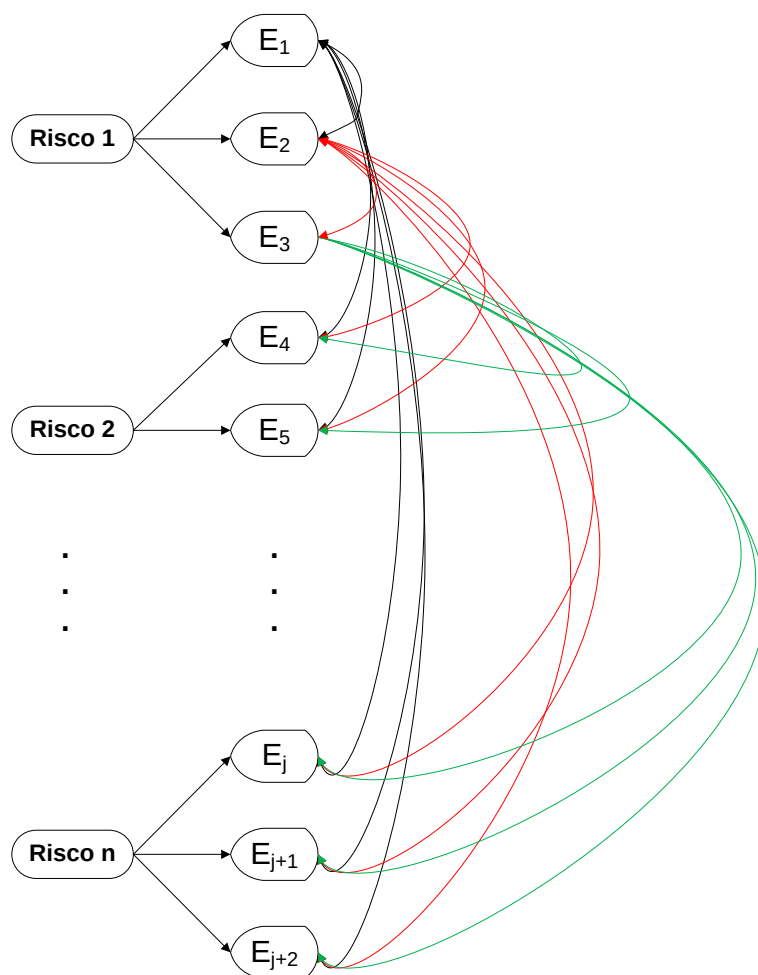
μ_j : Média de ocorrência do evento j em um determinado intervalo de tempo (dados históricos);

n_i : Número de eventos existentes para o risco i ;

y_j : Número de ocorrências do evento j .

Deve-se destacar o fato de um risco poder influenciar a ocorrência de outro tipo de risco, ou seja, a ocorrência de um evento relacionado a um tipo de risco pode gerar a ocorrência de um evento referente a outro risco, como está representado na Figura 48.

Figura 48 - Relação de influência entre risco através dos eventos



Fonte: Elaboração Própria

Levanta-se também que esta relação de influência de ocorrência pode ser mútua (cíclica). Assim, sabendo-se que $x, y \in \mathbb{R}$ e que $x \neq y$, pode ocorrer de um dado evento E_x influenciar a ocorrência de E_y , como também, de o evento E_y influenciar a ocorrência do evento E_x .

Esta relação de influência entre eventos pode ser observada mais facilmente ao inserir os dados de número de ocorrência em um determinado intervalo de tempo em uma matriz que faz o cruzamento entre os riscos, como segue no Quadro 72.

Quadro 72 - Matriz de ocorrências do risco

		Evento que influenciou sua ocorrência					Média total de ocorrências (μ_j)
		E_1	E_2	E_3	...	E_{53}	
Número de ocorrência dos eventos	E_1						μ_1
	E_2						μ_2
	E_3						μ_3
	.	Média de ocorrências do evento E_x devido ao evento E_y					
	E_{53}						μ_{53}

Fonte: Elaboração Própria

No Quadro 72, quando analisada a relação entre eventos iguais (exemplo: E_1 e E_1) deve-se entender que o risco não teve nenhum evento que o influenciou, ou seja, ocorreu independentemente de qualquer outro evento ter ocorrido. Quando é apresentada a relação entre eventos distintos, verifica-se que um evento ocorreu devido a outro evento, por exemplo, E_1 ocorrer devido à ocorrência de E_2 .

Avaliada a possibilidade de haver uma relação mútua entre os tipos de risco (através da análise dos eventos), ou seja, uma retroalimentação entre eles, as redes bayesianas não são adequados para calcular a probabilidade do risco. Justificado pelo fato de as redes bayesianas serem redes probabilísticas construídas em grafos acíclicos direcionados (DAGs), ou seja, sua construção é baseada em caminhos entre dois nós respeitando a direcionalidade dos arcos e sem permitir um *loop* ou circuito de retroalimentação (*feedback*).

A partir desta estrutura deve-se, em uma pesquisa futura, avaliar que método estatístico permite tanto calcular a probabilidade do risco a partir da frequência de ocorrência dos eventos quanto analisar as relações de influência de ocorrência entre os diferentes tipos de risco para que se possa definir uma forma de reduzir sua frequência, e consequentemente, mitigando a vulnerabilidade da cadeia de suprimentos ao risco.

4.4.4 Priorização do risco

Esta etapa consiste em definir uma ordem de priorização dos riscos para que os gestores desenvolvam estratégias de mitigação do risco para aqueles que mais deixam a cadeia de suprimentos vulnerável. Para tal, são necessários os dois parâmetros de caracterização do risco, o impacto e a probabilidade.

Os dois elementos já estarão disponíveis neste momento, se aplicado o procedimento proposto.

O índice do impacto de cada risco é calculado com o uso do método de Auxílio Multicritério à Decisão *Analytic Hierarchy Network* (ANP), estruturado genericamente neste trabalho na seção 4.4.3.1, o qual utiliza indicadores com critérios para avaliar o impacto.

Enquanto a probabilidade de ocorrência do risco é obtida através de métodos estatísticos que permitam a aplicação da lógica apresentada na seção 4.4.3.2, onde a probabilidade do risco é calculada através da probabilidade dos eventos que o geram, podendo haver uma influência entre eles conforme apresentado na Figura 48. Deve-se então calcular o índice de criticidade de cada risco, definido pela relação destes dois parâmetros (Equação 35).

$$\text{Índice de Criticidade de } R_i = \text{Probabilidade de } R_i \times \text{Impacto de } R_i \quad (35)$$

Ao calcular o índice de criticidade do risco, cabe apenas listá-los em ordem decrescente, onde o primeiro tipo de risco é aquele que merece maior atenção dos gestores no intuito de mitigá-los, seja reduzindo sua probabilidade, seja agindo na redução dos impactos que ele gera. Com isso pode-se ainda realizar uma análise sobre quais membros estão gerando um maior impacto ou uma maior frequência de ocorrência, através dos *checklists* utilizados na etapa de identificação.

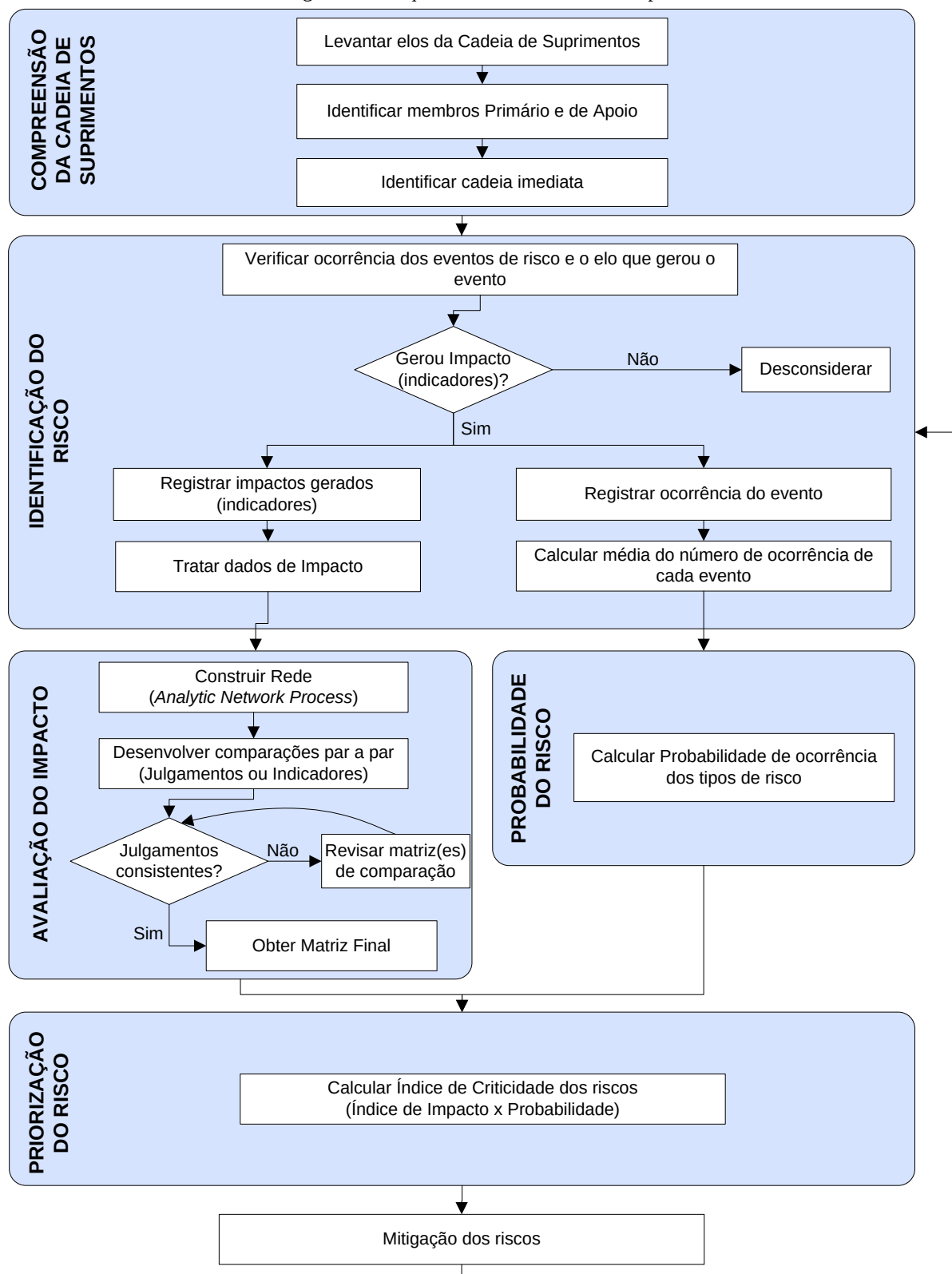
Através dos índices de criticidade dos riscos pode-se ordenar também, em nível de criticidade, os cinco processos básicos da cadeia de suprimentos, possível ao somar os índices dos riscos que compõe cada um deles.

Acrescenta-se ainda que os índices de criticidade não têm como objetivo classificar se a empresa focal está em alto, médio ou baixo risco. Sua função é permitir a ordenação dos riscos de acordo com o quão crítico ele é para a empresa seguindo uma lógica de melhoria contínua, onde, ao mitigar um risco, outro risco tornar-se-á mais crítico.

Este procedimento deve ser aplicado de maneira contínua, pois à medida que alguns riscos são mitigados, outro risco pode se tornar prioridade no gerenciamento de riscos da cadeia de suprimentos.

A Figura 49 apresenta um esquema para aplicação do procedimento proposto neste trabalho.

Figura 49 - Esquema do Procedimento Proposto



Fonte: Elaboração Própria

4.5 Conclusões do Capítulo

O início do capítulo teve o objetivo de definir as informações base para a proposição do procedimento de identificação, avaliação e priorização dos riscos em cadeia de suprimentos. Assim, na seção 4.1, desenvolveu-se uma classificação de riscos em cadeia de suprimentos através das classificações apresentadas no aporte teórico deste trabalho, adequando tais riscos aos cinco processos básicos da cadeia de suprimentos.

A partir da classificação apresentada no Quadro 55, na seção 4.2, os riscos foram decompostos em eventos que pudessem definir a ocorrência do risco, eventos que permitiriam identificar os riscos que tornam a cadeia vulnerável e levantar informações quanto a número de ocorrências e impactos gerados. Já na seção 4.3 foram desenvolvidos indicadores que servem de tradutores de geração de custo e como critérios para o desenvolvimento avaliação do impacto do risco com o uso do *Analytic Network Process* (ANP). Na seção 4.4 foi apresentada uma maneira de calcular a probabilidade de ocorrência dos riscos através dos eventos que os representam, utilizando-se da distribuição de Poisson. Por fim, na seção 4.5 é apresentada a descrição do procedimento proposto.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo tem como objetivo apresentar as considerações finais desta pesquisa, cujo objetivo é, a partir de lacunas encontradas na literatura, propor um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeia de suprimentos. Por fim, apresenta recomendações que poderão ser realizadas em trabalhos futuros.

5.1 Verificação dos objetivos

Observa-se que nas últimas décadas tornou-se maior a dificuldade de uma organização manter-se no mercado buscando obter vantagem competitiva isoladamente. Neste sentido, uma estratégia muito utilizada e difundida é a gestão da cadeia de suprimentos.

Verificou-se que cinco forças externas dirigem a concorrência na indústria – o poder de negociação dos fornecedores, o poder de negociação dos compradores, a ameaça de novos entrantes, rivalidade entre as empresas existentes e ameaça de produtos ou serviços substitutos – cabendo às empresas terem a habilidade de lidar bem com elas para que possam alavancar o seu potencial de obter lucro. Levantou-se também que toda operação faz parte de uma rede composta de fornecedores e clientes, denominada cadeia de suprimentos. Assim, verifica-se que a integração entre os elos de uma cadeia de suprimentos (fornecedores e clientes) permite que as organizações estejam mais bem preparadas para enfrentar as mudanças do mercado.

Logo uma visão sistêmica, cuja cadeia de suprimentos deve funcionar de maneira integrada, é primordial para que se consiga alcançar a meta de qualquer organização, obter lucro. Esta tendência faz com que as empresas se limitem a executar as atividades que são foco de seu negócio, coordenando a outras organizações as atividades restantes.

A gestão da cadeia de suprimentos busca gerenciar os relacionamentos entre as empresas que compõem a cadeia com base em uma filosofia de parceria, exigindo confiança e colaboração entre elas.

Embora permita obter vários benefícios, através da obtenção de vantagem competitiva e, assim, maior lucratividade, o gerenciamento de toda uma cadeia é complexo. Alguns fatores como o foco na eficiência, terceirização, fábricas focadas e distribuição centralizada, volatilidade da demanda, entre outros, tornam a cadeia vulnerável a problemas que podem afetar o fluxo financeiro, de materiais, bens, serviços e informação. Logo, há tanto um aumento no potencial de lucratividade como também um aumento no potencial de riscos.

Riscos são eventos com chance de impactar algo ou alguém negativamente, ou seja, é uma relação entre impacto e probabilidade. Destarte, a cadeia de suprimentos deve também preocupar-se em ser resiliente, ou seja, ser capaz de superar problemas inesperados e que possam afetar a continuidade de suas atividades.

Visando reduzir a vulnerabilidade da cadeia a esses riscos, desenvolveu-se o conceito de gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos. Seu objetivo é manter a cadeia preparada para a ocorrência desses riscos de maneira a não sofrer nenhum impacto ou sofrer este impacto com menor intensidade. Deste modo, consiste de algumas etapas básicas: Identificação do risco, avaliação do risco, proposição de estratégias para aceitar, transferir, reduzir ou eliminar os riscos, monitorar seus impactos e utilizar estas etapas para a aprendizagem organizacional.

Ao levantar várias abordagens de identificação e avaliação do risco em cadeias de suprimentos (Quadro 2), pôde-se observar a existência de lacunas no gerenciamento de riscos, principalmente com referência as estas duas etapas.

A primeira lacuna observada foi o grande número de classificações de risco existentes na literatura, bem como a falta de uniformidade entre elas. Cada autor classifica os riscos de modo diferente, uns detalham mais outros menos, alguns autores apresentam riscos muito amplos, englobando vários riscos de outras classificações em um só tipo de risco. Embora difiram entre si, alguns tipos de risco se repetem nas várias classificações levantadas (risco de relacionamento, de inércia, ambiental, de demanda e financeiro). Outra questão é a preocupação em identificar a fonte dos riscos, classificando-a em níveis como interna à organização, internas e externas à cadeia. A partir destas constatações, pode-se concluir que não há consenso sobre quais riscos tornam a cadeia de suprimentos vulnerável. Esta situação dificulta a etapa de identificação.

A segunda lacuna observada refere-se à etapa de avaliação. Além das classificações serem um problema por dificultar a etapa base do gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos denominada identificação, observa-se o fato de que são utilizadas na avaliação do risco, em sua maioria, informações unicamente qualitativas, ou seja, atribuição de escalas subjetivas ao impacto e a probabilidade (escalas de 1 a 5 ou de 1 a 10). Alguns autores sugerem o uso combinado de informações qualitativas e quantitativas para menor erro de avaliação. Outra questão levantada é o fato de existir influência entre os tipos de risco existentes, devendo-se considerar este tipo de situação.

Destarte, foi definido como objetivo geral da dissertação, propor um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeia de suprimentos que combine aspectos

qualitativos e quantitativos. O Quadro 73 ilustra as seções nas quais os quatro objetivos específicos traçados nesta pesquisa foram abordados.

Quadro 73 - Alcance dos objetivos específicos

OBJETIVO	ESPECIFICAÇÃO	SEÇÃO
OBJ-1	Definir, a partir da revisão de literatura, uma classificação de riscos em cadeia de suprimentos que permita um melhor gerenciamento de riscos	4.1
OBJ-2	Selecionar método que permita o cruzamento entre as categorias de risco e indicadores para o processo de avaliação do impacto do risco	2.3
OBJ-3	Estabelecer eventos, a partir do conceito dos tipos de risco apresentados na classificação desenvolvida;	4.2
OBJ-4	Estabelecer indicadores para avaliação dos riscos (severidade ou impacto);	4.3
OBJ-5	Desenvolver uma estrutura para o cálculo e a avaliação da probabilidade do risco	4.4

Quanto ao OBJ-1, lacuna referente à identificação do risco, foi desenvolvida uma classificação de riscos para cadeia de suprimentos própria, baseada nas dezesseis classificações levantadas e nos processos básicos do modelo de referência para gestão da cadeia de suprimentos *SCOR*. Entende-se que esta classificação facilita tanto o entendimento quanto o gerenciamento do risco em cadeia de suprimentos, por simplificar o processo de identificação ao evidenciar em que tipo de processo o risco pode ocorrer, seja no planejamento, no abastecimento, no processo de produção, na entrega ao cliente ou no retorno.

Para o processo planejamento, elencaram-se os riscos estratégico, de inércia, informacional, de capacidade e de demanda. Já para o processo abastecer tem-se os riscos de suprimentos, financeiro e de relacionamento. No processo fazer foram alocados os riscos operacional e de ruptura. Para finalizar, ao processo entregar encontrasse o risco de cliente e ao processo retornar associou-se o risco legal. Dois tipos de riscos não foram associados aos processos básicos: Risco ambiental e risco cultural. Estes não foram considerados no trabalho.

Com respeito ao OBJ-2, devido a dificuldade em mensurar o impacto do risco sob o ponto de vista do custo, verificou-se a necessidade de encontrar um método que admitisse o cruzamento entre os tipos de risco e indicadores que traduzissem o impacto, a atribuição de um índice ao risco, o uso de dados qualitativos e quantitativos e a análise da relação de influência ou dependência existente entre tipos de risco. Dessa forma, dos sete métodos de auxílio multicritério à decisão apresentados neste trabalho (AHP, ANP e MACBETH, SMARTS e SMARTER, ELECTRE II e ELECTRE III), aquele que melhor se adequa aos problemas existentes na avaliação do impacto do risco é o ANP.

Já no OBJ-3, verificou-se que para reduzir a dificuldade de identificar os riscos e mensurar seus impactos e definir um modo de calcular suas probabilidades, eles deveriam ser decompostos em eventos, seguindo a lógica apresentada pelo modelo de Handfield e McCormack (2007) apresentado por McCormack; Bronzo; De Oliveira (2010). Assim, foram destrinchados em um total de cinquenta e três eventos.

Com relação ao OBJ-4, verificou-se que é muito difícil e subjetivo mensurar o impacto do risco considerando unicamente o custo e que uma forma de superar este problema é utilizar indicadores que traduzam o impacto gerado por sua ocorrência.

Com base na revisão de indicadores de desempenho em cadeia de suprimentos, concluiu-se que para que os indicadores possibilitem um bom resultado, eles precisam apresentar um conceito amplo, de maneira a admitir a alocação dos impactos que os vários tipos de risco geram, ou seria impossível realizar uma comparação entre os riscos. Não podem ser amplos de forma a buscar avaliar a cadeia como um todo, mas amplos o suficiente para avaliar a empresa focal perante os membros ligados diretamente a ela, par a par, devendo esse processo se repetir ao longo de todos os membros da cadeia. Deve-se ressaltar ainda que, no conceito de risco, os impactos utilizados na etapa de avaliação têm uma conotação negativa.

Destarte, a partir do conceito dos processos básicos da cadeia de suprimentos, da definição de cada risco e de uma revisão bibliográfica relacionada à indicadores para avaliação de desempenho da cadeia de suprimentos foi possível desenvolver o Quadro 66, o qual associa, lista e caracteriza os indicadores, e proporciona modos de mensuração para eles, seja qualitativa ou quantitativamente, os quais são utilizados como dados de entrada no método ANP na forma de critérios para avaliação do impacto do risco, totalizando 13 critérios.

O OBJ-5 retrata a probabilidade do risco, componente necessário para avaliação do risco, e posteriormente, priorização do risco. Para tal, baseado nos eventos geradores de risco desenvolvidos para atender ao objetivo 3, apresentou-se uma estrutura de como deve ser levantada e avaliada a ocorrência dos eventos. Esta estrutura permite levantar dados históricos e demonstra que a ocorrência de um risco pode ter sido influenciada devido à ocorrência de outro risco.

Como resultado final desta pesquisa, tem-se o atendimento do objetivo geral, uma proposta de um procedimento para identificar, avaliar e priorizar riscos em cadeias de suprimentos que combina aspectos quantitativos e qualitativos, que tem sua contribuição teórica ao tema gerenciamento de riscos em cadeia de suprimentos e prática ao poder ser

seguida em futuras aplicações permitindo que cadeias de suprimentos possam tomar decisões com maior domínio sobre os riscos que a cercam.

5.2 Sugestões para trabalhos futuros

Como recomendação para trabalhos futuros sugere-se inicialmente a validação desta pesquisa através da aplicação do procedimento proposto em um ou mais recortes de cadeias de suprimentos. Com isso algumas alterações podem ser julgadas necessárias para uma melhor aplicação deste procedimento, permitindo que a gestão de riscos em cadeia de suprimentos seja realizada de maneira mais eficaz e obtenha resultados mais acurados, permitindo a definição de estratégias que a tornem mais resiliente.

Sugere-se ainda a utilização da tecnologia da informação, pois ela permitirá o armazenamento e tratamento de dados históricos, além de que seria inviável realizar os julgamentos no método ANP com o número de variáveis apresentados no procedimento proposto sem o uso da TI.

Entende-se ainda que os estudos sobre avaliação de desempenho em cadeia de suprimentos merece maior atenção, pois se pode observar como é difícil avaliar o desempenho de uma cadeia inteira. Assim, um maior estudo sobre indicadores de avaliação de desempenho da cadeia de suprimentos deve ser realizado, o que permitirá também desenvolver novos indicadores que representem o impacto do risco.

Observa-se também a necessidade de ampliar os conhecimentos sobre probabilidade relacionada ao risco no intuito de avaliar outras formas de mensurar e calcular as chances de ocorrência do risco, elemento muito importante na avaliação e, conseqüentemente, na priorização e mitigação do risco visando reduzir a vulnerabilidade da cadeia. Diante da estrutura desenvolvida neste trabalho, verifica-se que as ferramentas mais simples da estatística não dão suporte ao cálculo da probabilidade do risco. Fazendo-se necessário utilizar de técnicas estatísticas mais robustas.

REFERÊNCIAS

- ADHITYA, A.; SRINIVASAN, R. Supply Chain Risk Identification Using a HAZOP-Based Approach. *AIChE Journal*, v. 55, n. 6, p. 1447-1463, 2009.
- ALMEIDA, A. T. *O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. 2ª edição, Editora Universitária da UFPE. 2011.
- ASBJORNSLETT, B. E. Assessing the Vulnerability of Supply Chains. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, p. 15-34, 2009.
- BANA E COSTA, C. A.; BEINAT, E. Model-structuring in public decision-aiding. *Operational Research working papers*, LSEOR 05.79. Department of Operational Research, London School of Economics and Political Science, 2005.
- BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. Macbeth. *Operational Research working papers*, LSEOR 03.56. Department of Operational Research, London School of Economics and Political Science, 2003.
- BANA E COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J. C. On the mathematical foundations of Macbeth. *Operational Research working papers*, LSEOR 04.61. Department of Operational Research, London School of Economics and Political Science, 2004.
- BANA e COSTA, C. A.; DE CORTE, J. M.; VANSNICK, J.C. M-MACBETH Versão 1.1 Manual do Usuário, 2005. Disponível em: <<http://www.m-macbeth.com/help/pdf/M-MACBETH%20Manual%20do%20usuario.pdf>>, Acesso em: 15 nov. 2010.
- BANA E COSTA, C. A.; LOURENÇO, J. C.; CHAGAS, M. P.; BANA E COSTA, J. C. Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese Electric Transmission Company. *Decision Analysis*, v. 5, n. 1, p. 22-42, 2008.
- BANA E COSTA, C. A.; SILVA, M. B. F. A. Modelo Multicritério de avaliação de capacidade empreendedora em empresas de base tecnológica. *Engevista*, v. 10, n. 1, p. 4-14, junho, 2008.
- BEAMON, B. M. Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Production Economics*. v. 55, n. 3, p. 281-194, 1998.
- BEAMON, B. M. Supply Chain Design and Analysis: Models and Methods. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 19, n. 3, p. 275-292, 1999.
- BELTON, V.; STEWART, T. J. *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. USA: Kluwer Academic Publishers, 2002.
- BERTAGLIA, P.R. *Logística e Gerenciamento da cadeia de abastecimento*. São Paulo: Saraiva, 2003.
- BHAGWAT, R.; SHARMA, M. K. Performance measurement of supply chain management: a balanced scorecard approach. *Computers & Industrial Engineering*. v. 53, p. 43-62, 2007.
- BLACKHURST, J. V.; SCHEIBE, K. P.; JOHNSON, D. J. Supplier risk assessment and monitoring for the automotive industry. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*. v. 38, n. 2, p. 143-165, 2008.
- BLANCHARD, D. *Supply Chain Management: Best Practices*. 2ª edition, New Jersey: Wiley, 2010.
- CAVALCANTI, R. C. *Sistema multicritério para apoiar a compra de imóveis urbanos multifamiliares do mercado imobiliário recifense baseado no método SMARTS*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

- CAVINATO, J. L. Supply chain logistics risk: form the back room to the board room. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v.34, n. 5, p. 383-387, 2004.
- CHEN, I. J.; PAULRAJ, A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements. *Journal of Operations Management*, v. 22, p. 119-150, 2004.
- CHOPRA, S.; SODHI, M. S. Managing Risk to Avoid Supply-Chain Breakdown. *MIT Sloan Management Review*, v. 46, n. 1, p. 53-61, 2004.
- CHOPRA, S; MEINDL, P. *Gerenciamento da cadeia de suprimentos*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2003.
- CHRISTOPHER, M. *Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos: criando redes que agregam valor*. São Paulo, Thomson Learning, 2007.
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management*, v. 15, n. 2, p. 1 – 13, 2004.
- COHEN, S.; ROUSSEL, J. *Strategic supply chain management: The five disciplines for top performance*. USA: McGraw-Hill, 2005.
- COSTA, H. G. *Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão*. H. G.: Niterói - RJ, 2002.
- CRAIGHEAD, C. W.et al. The severity of supply chain disruption: design characteristics and mitigation capabilities. *Decision Sciences: A Journal of the Decision Science Institute*, v. 38, n. 1, p. 131-156, 2007.
- CRANFIELD SCHOOL OF MANAGEMENT. *Supply Chain Vulnerability*, relatório em nome de DTLR, DTI e Home Office, 2002.
- CSCMP. *Council of Supply Chain Management Professionals*. Supply Chain Management Terms and Glossary - updated in February 2010. Disponível em: <<http://cscmp.org/digital/glossary/glossary.asp>>. Acesso em: maio 2012.
- DANI, S. Predicting and Managing Supply Chain Risks. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, p. 53-66, 2009.
- DE LA ROCQUE, E. LOBO, L. H. Gestão de riscos e a Lei Sarbanes-Oxley. *Revista RI*, p. 26-27, junho, 2005.
- DEVORE, J. L. *Probabilidade e estatística para engenharia e ciências*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2006.
- EDWARDS, W.; BARRON, F. H. SMARTS and SMARTER: Improved Simple Methods for Multiattribute Utility Measurement. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*. v. 60, p. 306-325, 1994.
- FIGUEIRA, J.; et al. ELECTRE Methods: Main Features and Recent Developments. In: ZOPOUNIDIS, C.; PARDALOS, P. M. (Eds.). *Handbook of Multicriteria Analysis: Applied Optimization Series*. Heidelberg: Springer, p.51-89, 2010.
- FIGUEIRA, J.; MOUSSEAU, B. R. V. Electre methods. In: FIGUEIRA, J.; GRECO, S.; EHRGOTT, M. (Eds.). *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Boston: Springer, p. 133-162, 2005.
- FIGUEIREDO, K. F.; FLEURY, P. F.; WANKE, P. *Logística e Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Planejamento do Fluxo de Produtos e dos recursos*. São Paulo: Atlas, 2008.
- FIGUEIREDO, L. M. J. de. *Modelo Multicritério de apoio a substituição de equipamentos médicos Hospitalares*. Dissertação (mestrado em Engenharia Biomédica) – Universidade Técnica de Lisboa, 2009.
- FILIPPINI, R. Operations management research: some reflections on evolution, models and empirical studies in OM. *International Journal of Operations & Production Management*. v. 17, n. 7. p. 665-670, 1997.

- FINCH, P. Supply chain risk management. *Supply chain management: An International Journal*, v. 9, n.2, p. 183-196, 2004.
- FISHER, M. L. What Is the Right Supply Chain for Your Product? - A simple framework can help you figure out the answer. *Havard Business Review*, p. 105-116, março - abril, 1997.
- FLEURY, A. Planejamento do projeto de pesquisa e definição do modelo teórico. In: Miguel, P. A. C. (Org.). *Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 31-44, 2010.
- FONSECA, J. S. da; MARTINS, G. de A. *Curso de Estatística*. 6 ed. São Paulo: Atlas, 1996.
- FREITAS FILHO, P. J.de. *Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas: com Aplicações em Arena*. 2 ed. Florianópolis: Visual Books Ltda., 2008.
- GAUDENZI, B. Assessing Risks in Projects and Processes. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, p. 67-82, 2009.
- GIL, C. A. *Como elaborar projetos de pesquisa*. 8ª Ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GOLDRATT, E. M.; COX, J. A *Meta: Um Processo de Melhoria Contínua*. São Paulo: Editora Nobel, 2003.
- GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S.; ALMEIDA, A. T. *Tomada de Decisão Gerencial : Enfoque Multicritério*. 2 ed. São Paulo: Atlas, 2006.
- GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; MCGAUGHEY, R. E.A framework for supply chain performance measurement. *International Journal Production of Economics*, v. 87, p. 333-347, 2004.
- GUNASEKARAN, A.; PATEL, C.; TIRTIROGLU, E. Performance measures and metrics in a supply chain enviroment. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 21, n. 1/2, p. 71-87, 2001.
- HALLIKAS, J.; KARVONEN, I.; PULKKINEN, U.; VIROLAINEN, V.; TOUMINEN, M. Risk management processes in supplier networks. *International Journal of Production Economics*, v. 90, p. 47 – 58, 2004.
- HARLAND, C; BRENCHLEY, R; WALKER, H. Risk in supply networks. *Journal of Purchasing & Supply Management*, v. 9, p. 51-62, 2003.
- HAUSMAN, W. H. Supply chain metrics. In: HARRISON, T. P.; LEE, H. L.; NEALE, j. J. (eds.). *The practice of supply chain management: where theory and application converge*. USA: Springer Science&Business Media, 2004.
- HILSDORF, W. C. *A integração de processos na cadeia de suprimentos e o desempenho de serviço ao cliente: um estudo na cadeia calçadista*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo: 2007.
- HILSDORF, W. C.; ROTONDARO, R. G.; PIRES, S. R. I. Integração de processos na cadeia de suprimentos e desempenho do serviço ao cliente: um estudo na indústria calçadista. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 232-244, abr.-jun. 2009.
- HUAN, S.H.; SHEORAN, S.K.; WANG, G.A Review and Analysis of Supply Chain Operations Reference (SCOR) Model. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 9 n. 1, p. 23-29, 2004.
- HUNJAK, T. Mathematical foundations of the methods for multicriterial decision making. *Mathematical Communications*, v.2, n.2, p. 161-169, 1997.
- JÜTTNER, U. Supply chain risk management: understanding the business requirements from a practitioner perspective. *The International Journal of Logistics Management*, v. 16, n. 1, p. 120-141, 2005.
- JÜTTNER, U.; PECK, H.; CHRISTOPHER, M. Supply chain risk management: outlining an agenda for future research. *International Journal of Logistics: Research & Applications*, v. 6, n. 4, p. 197-210, 2003.

- JÜTTNER, U.; ZIEGENBEIN, A. Supply Chain Risk Management for Small. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, 2009. p. 199-217.
- KEENEY, R. L. Creativity in Decision Making with Value-Focused Thinking. *Sloan Management Review*, v. 35, n. 4, p. 33-41, 2004.
- KJAERULFF, U. B.; MADSEN, A. L. Bayesian Networks and Influence Diagrams: A guide to construction and Analysis. USA: Springer, 2008.
- L'ASTORINA, H. C. Usando redes bayesianas para a previsão da rentabilidade de empresas. Dissertação (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.
- LAMBERT, D. M.; COOPER, M. C. Issues in supply chain management. *Industrial Marketing Management*, v. 29, p. 65-83, 2000.
- LAMBERT, D. M.; LEUSCHNER, R.; ROGERS, D. S. Implementing and Sustaining the Supply Chain Management Processes. In: LAMBERT, D. M. (Ed.). *Supply Chain Management: Processes, Partnerships, Performance*. 3rded. Florida: Supply Chain Management Institute, 2008. p. 235-254.
- LAMBERT, D. M.; POHLEN, T. L. Supply chain metrics. *The International Journal of Logistics Management*. v. 12, n. 1, p.1-19, 2001.
- LAMBERT, D.M.; COOPER, M.C.; PAGH, J.D. Supply chain management: implementation issues and research opportunities. *The international Journal of Logistics Management*, v.9, n. 2, p. 1-19, 1998.
- LI, H.; WANG, J. *An improved ranking method of ELECTRE III*. International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing – Shanghai, China, 21 a 25 de setembro de 2007.
- LINO, F. *Caracterização da Distribuição de Weibull em ambientes Indoor*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica de Campinas, Campinas, 2008.
- MANUJ, I.; MENTZER, J. T. Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 38, n. 3, p. 192-223, 2008.
- MARQUES, R. L.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. Rio de Janeiro: [s.n.], 2008. Disponível em: <<http://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/Bayesianas.pdf>>. Acesso em: 22 de mar de 2012.
- MARSHALL, C. *Medindo e gerenciando riscos operacionais em instituições financeiras*. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- MARTINS, R. A. Abordagens quantitativa e qualitativa. In: Miguel, P. A. C. (Org.). *Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 46-61, 2010.
- MCCORMACK, K.; BRONZO, M.; OLIVEIRA, M. P. V. de. Uma Abordagem probabilística para a avaliação de riscos em cadeias de suprimento. *Revista Produção Online*, v. 10, n. 3, set., p. 577-598, 2010.
- MEYER, P. L. *Probabilidade: Aplicações Estatísticas*. Rio de Janeiro: Livros técnicos e científicos, 1976.
- MICCUCI, V. C. G. S. *Um modelo pró-ativo de gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Pontifícia Universidade Católica, Rio de Janeiro, 2008.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G.C. *Estatística Aplicada e Probabilidade para Engenheiros*. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- MORAES, M. A. C.; CARDOSO, P. A. *Uma análise da cadeia de suprimentos da indústria siderúrgica: estudo de caso no grupo ARCELOR BRASIL*. XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2006.

- MORAIS, M. A. C. *Proposta de um modelo para análise de cadeias de suprimentos de usinas siderúrgicas: estudo de caso na Arcelormittal Tubarão Aços Planos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- NAJMI, A.; MAKUI, A. Providing hierarchical approach for measuring supply chain performance using AHP and DEMATEL methodologies. *International Journal of Industrial Engineering Computations*. v. 1, p. 199-212, 2010.
- NAKANO, D. Métodos de pesquisa adotados na Engenharia de Produção e Operações. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.). *Metodologia de Pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. p. 63-72.
- NARASIMHAN, R.; TALLURI, S. Perspective on risk management in supply chains. *Journal of operations management*, v. 27, p. 114-118, 2009.
- NASCIMENTO, L. S. N.; SILVA, A. C. S.; BELDERRAIN, M. C. N. *Revisão de literatura sobre a aplicação do método ANP ao problema de seleção de fornecedores*, In: Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, João Pessoa, Brasil, 2008.
- NEAPOLITAN, R. E. *Learning Bayesian Networks*. Chicago: Prentice Hall, 2003
- NORRMAN, A.; JANSSON, U. Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 5, p. 434 – 456, 2004.
- OLIVEIRA, J. B. *Processo de formação de indicadores de desempenho logístico: uma relação necessária entre a abordagem sistêmica e a gestão da cadeia de suprimentos*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.
- OLIVEIRA, T. K. *Proposta de uma classificação de riscos em cadeias de suprimentos: Uma aplicação no setor sucroalcooleiro*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2012.
- PAGELL, M. Understanding the factors that enable and inhibit the integration of operations, purchasing and logistics. *Journal of Operations Management*, v. 22, p. 459-487, 2004.
- PAMPLONA, E.O. Avaliação qualitativa de cost drivers pelo método AHP. VI Congresso Brasileiro de Custos – São Paulo, SP, Brasil. 29 de junho a 2 de julho de 1999.
- PARRA, P. H.; PIRES, S. R. I. Análise da Gestão da cadeia de suprimentos na indústria de computadores. *Gestão & Produção*, v. 10, n.1, p.1-15, abril, 2003.
- PFOHL, H. C.; KÖHLER, H.; THOMAS, D. State of art in supply chain risk management research: empirical and conceptual findings and a roadmap for the implementation in practice. *Logistics research*, v. 2, p. 33-44, 2010.
- PIRES, S. R. I. *Gestão da Cadeia de Suprimentos*. São Paulo: Atlas, 2004.
- PORTER, M. E. *Estratégia Competitiva: Técnicas para Análise de Indústria e da Concorrência*. 8ª edição, Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- QI, Yi-nan; CHU, Zhao-fang. *The Impact of Supply Chain Strategies on Supply Chain Integration*. 16th International Conference on Management Science & Engineering, 14-16 de setembro, 2009, Moscow, Rússia.
- QUN, W. *Supply Chain Risk Assessment and Prevention*. The 2nd Conference on e-Business and Information System Security, 21-23 de maio, 2010, Wuhan, China.
- RANGEL, L. A. D.; SOARES DE MELLO, J. C. C. B.; GOMES, E. G.; GOMES, L. F. A. M. Avaliação da interiorização dos cursos da Universidade Federal Fluminense com o uso conjugado dos métodos UTA e MACBETH. *Investigação Operacional*, n. 23, p. 49-69, 2003.

- RAO, S.; GOLDBSY, T. J.; Supply chain risks: a review and typology. *The International Journal of Logistics Management*, v. 20, n. 1, p. 97-123, 2009.
- RITCHIE, B.; BRINDLEY, C. Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 27, n. 3, p. 303-322, 2007.
- SAATY, T. L. Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal Services Sciences*, v. 1, n. 1, 2008.
- SAATY, T. L. Fundamentals of the analytic network process – dependence and feedback in decision-making with a single network. *Journal of Systems Science and Systems Engineering*. v. 13, n. 2, p. 129-157, 2004.
- SAATY, T. L. *Fundamentals of the Analytic Network Process*. International Symposium on the Analytic Hierarchy Process - Kobe, Japão, 12 a 14 de agosto de 1999.
- SAATY, T. L. How to make a decision: *The Analytic Hierarchy Process*. *European Journal of Operational Research*, v. 48, p. 9-26, 1990.
- SAATY, T. L. Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/network processes. *European Journal of Operacional Research*, v. 168, p. 557-570, 2006a.
- SAATY, T. L. The Analytic Network Process. In: SAATY, T. L.; VARGAS, L.G. *Decision making with the Analytic Network Process: Economical, Political, Social and Technological Applications with Benefits, Opportunities, Costs and Risks*. New York: Springer, 2006b. p. 1-26.
- SAATY, T. L.; SODENKAMP, D. The Analytic Hierarchy and Analytic Network Measurement Processes: The measurement of intangibles. In: ZOPOUNIDIS, C.; PARDALOS, P. M. (Eds.). *Handbook of Multicriteria Analysis: Applied Optimization Series*. Heidelberg: Springer, 2010. p. 91-166.
- SALOMON, V. A. P. *Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção*. Tese (Doutorado em Engenharia – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- SELLITTO, M. A.; MENDES, L. W. Avaliação comparativa do desempenho de três cadeias de suprimentos em manufatura. *Produção*. v. 16, n. 3, p. 552-568, set/dez 2006.
- SHEPHERD, C.; GÜNTER, H. Measuring supply chain performance: current research and future directions. *International Journal of Productivity and Performance Management*, v. 55, n. 3/4, p. 242-258, 2006.
- SHI, D. A review of enterprise supply chain risk management. *Journal of Systems Engineering*, v. 13, n. 2, p. 219-244, june, 2004.
- SILVA, A. C. S. da; NASCIMENTO, L. P.; BELDERRAIN, M. C. N. *Aplicação do Método Analytic Network Process (ANP) com abordagem BOCR no contexto militar*. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010.
- SILVA, A. C. S. da; NASCIMENTO, L. P.; RIBEIRO, J. R.; BELDERRAIN, M. C. N. ANP and Ratings model Applied to Supplier Selection Problem. *Proceedings of the International Symposium on the Analytic Hierarchy Process 2009 – Pittsburg, Pennsylvania , USA*, p. 1-11, 2009.
- SILVA, A.C.S.S.; OLIVEIRA, C. A. de; BELDERRAIN, M. C. N. Analytic network process. In: MARINS, F. A. S.; PEREIRA, M. S.; BELDERRAIN, M. C. N.; URBINA, L. M. S. (Orgs.). *Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios: aplicações na indústria aeroespacial*. São Paulo: Blucher Acadêmico, 2010.
- SILVA, E. L.; MENEZES, E. M. *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 4. Ed. rev. Atual. Florianópolis: UFSC, 2005.

SILVA, E. R. S. *Sistemática para a estruturação de um Sistema de medição do desempenho hierarquizado em empresas com parceria entre cliente e fornecedor*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SILVA, L. M. e. *O efeito da propagação das distorções da demanda na cadeia de suprimentos: estudo exploratório em uma empresa do ramo industrial de bebidas não-alcoólicas*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2008.

SILVA, R. M. da; BELDERRAIN, M. C. N. *Considerações sobre Métodos de Decisão Multicritério*. XI Encontro de Iniciação Científica e Pós Graduação do ITA, São José dos Campos, 2005.

SIMCHI-LEVI, D.; KAMINSKY, P.; SIMCHI-LEVI, E. *Cadeia de suprimentos: Projeto e gestão*. 3ª edição, São Paulo: Bookman, 2010.

SIMON, A. T.; PIRES, S. R. I. *Uma metodologia para avaliação da gestão da cadeia de suprimentos nas empresas*. XXVI ENEGEP – Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de outubro de 2006.

SLACK, N. *Vantagem Competitiva em Manufatura: atingindo competitividade nas operações industriais*. São Paulo: Atlas, 1993.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 2ª edição, São Paulo: Atlas, 2002.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. *Administração da Produção*. 3ª edição, São Paulo: Atlas, 2009.

SODHI, M. S., SON, B., TANG, C. S. Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management. *Production and Operations Management*, v. 21, n. 1, p. 1-13, 2012.

SPECKMAN, R. E.; DAVIS, E. W. Risky business: expanding the discussion on risk and the extended enterprise. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 5, p. 414-433, 2004.

SUPPLY CHAIN COUNCIL. *Supply-chain Operations Reference Model: SCOR version 9.0 Overview*, 2008.

SUPPLY CHAIN COUNCIL. *Supply-chain Operations Reference Model: SCOR version 10.0 Overview*, 2010.

SVENSSON, G. A typology of vulnerability scenarios toward suppliers and customers in supply chains based upon perceived time and relationship dependencies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 32, n. 3, p. 168-187, 2002.

TANG, C. S. Perspective in supply chain risk management. *International Journal of production economics*, v. 103, p. 451-488, 2006.

TANG, C.S.; TOMLIN, B. The power of flexibility for mitigating supply chain risks. *International Journal of Production Economics*, v. 116, p. 12-27, 2008.

TEIXEIRA, R.; LACERDA, D. P. Gestão da cadeia de suprimentos: análise dos artigos publicados em alguns periódicos acadêmicos entre os anos de 2004 e 2006. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 207-227, 2010.

TORRES, N. T.; ESPENCHITT, D. G.; LINS, M. P. E. *Estudo de caso: Metodologias M-Macbeth e SAD-Thor para a tomada de decisão – Escolha de um rebocador marítimo*. Simpósio de Pesquisa Operacional e Logística da Marinha – Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 12 e 13 de agosto de 2010.

TSAI, M.; LIAO, C.; HAN, C. Risk perception on logistics outsourcing of retail chains: model of development and empirical verification in Taiwan. *Supply chain management: An International Journal*, v. 13, n. 6, p. 415-424, 2008.

TURRIONI, J. B.; MELLO, C. H. P. *Metodologia de Pesquisa em Engenharia de Produção*. Itajubá: UNIFEI, 2012.

- VALOIS, U.; ALMEIDA, A. T. Modelo de apoio à decisão multicritério para terceirização de atividades produtivas baseado no método SMARTS. *Produção*, v. 19, n. 2, p. 249-260, 2009.
- VANANY, I.; ZAILANI, S.; PUJAWAN, N. Supply Chain Risk Management: Literature Review and Future Research. *International Journal of Information Systems and Supply Chain Management*, v. 2, n. 1, p. 16-33, 2009.
- VERGARA, S. C. *Projetos e relatórios de pesquisa em administração*. 9ª Ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- WAGNER, S. M.; BODE, C. Dominant risk and Risk management practices in supply chains. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, 2009. p. 271-290.
- WALPOLE, R. E.; MYERS, R. H.; MYERS, S.H.; Y, K. *Probabilidade e Estatística para engenharia e ciências*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.
- WANG, D.; YANG, Z. Risk Management of global supply chain. *International Conference on automation and logistics*, august 18-21, 2007, Jinan, China.
- WANG, Y. International Fishery Supply Chain Risk Management and Insurance. 5th *International Conference on Management of Innovation and Technology*, june 2-5, 2010, Singapore.
- WATERS, D. *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*. Philadelphia: Kogan Page, 2007a.
- WATERS, D. Trends in the supply chain. In: WATERS, D. (Ed). *Global Logistics: New Directions in Supply Chain Management*. 5th ed. Philadelphia: Kogan Page Ltd., 2007b. p. 1-20.
- WELBORN, C. Using FMEA To Assess Outsourcing Risk. *Quality Progress*, v. 40, n. 8, p. 17-21, 2007.
- WIENDAHL, H. P.; SELAOUTI, A.; NICKEL, R. Proactive supply chain management in the forging industry. *Production Engineering Research and Development*, v. 2, n. 4, p. 425-430, 2008.
- WU, T.; BLACKHURST, J.; CHIDAMBARAM, V. A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, v. 57, p. 350-365, 2006.
- XIA, D.; CHEN, B. A comprehensive decision-making model for risk management of supply chain. *Expert systems with applications*, v. 38, p. 4957-4966, 2011.
- ZHANG, S.; CHAI, Y. *The Decision Model of Assessing the Supply Chain Risk based on Intuitionistic Fuzzy Relations*. Seventh International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery, 10-12 de agosto, 2010, Yantai, China.
- ZSIDISIN, G. A.; ELLRAM, L. M.; CARTER, J. R.; CAVINATO, J. L. An analysis of supply chain risk assessment techniques. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 5, p. 397-413, 2004.
- ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. Supply Chain Risk Management – Developments, Issues and Challenges. In: ZSIDISIN, G. A.; RITCHIE, B. (Eds.). *Supply Chain Risk: A Handbook of Assessment, Management, and performance*. USA: Springer, 2009. p. 1-12.

APÊNDICE A – ABORDAGENS DE IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DO RISCO EM CADEIA DE SUPRIMENTOS

AUTORES	ABORDAGEM
Hallikas et al. (2004)	Para que a cadeia esteja hábil a gerenciar cenários de risco proativamente, deve-se primeiro identificar os riscos. Para tal, há quatro tipos de risco: risco de demanda, risco de entrega ao cliente, risco financeiro e risco de deficiência de recursos, desenvolvimento e flexibilidade. Cada risco é caracterizado por eventos que os causam e que são compostos de dois componentes de risco, probabilidade e consequência, avaliados separadamente em cinco escalas. As escalas atribuídas variam de 1 a 5, sendo para a probabilidade classificado em muito improvável, improvável, moderado, provável e muito provável, e para a consequência em sem impacto, baixo impacto, médio impacto, impacto sério e impacto catastrófico. Esta análise resultará em um gráfico que relaciona ambos os componentes, definindo quais riscos apresentam maior criticidade.
Wu; Blackhurst; Chidambaram (2006)	Desenvolveram uma metodologia para análise de riscos para a cadeia de fornecimento. O risco é separado em interno ou externo, sendo cada um deles classificados como controlável, parcialmente controlável ou incontrolável. Cada risco é composto por vários fatores que os originam. Para o cálculo de um índice global de risco de um fornecedor, faz-se a multiplicação de três elementos: índices de cada categoria de risco; índices dos fatores para cada categoria; e a probabilidade de cada fator. A partir da classificação definida por eles, o ranqueamento das categorias de riscos e dos fatores de risco para cada categoria é realizada através do <i>Analytic Hierarchy Process</i> (utiliza escalas variando de 1 a 9 atribuídas pelos gestores). A probabilidade de cada fator de risco é mensurada de forma subjetiva (a soma da probabilidade de todos os fatores é igual a 1). Estes dados permitirão a análise de risco sob o aspecto do fornecedor, das categorias e dos fatores de risco. O autor levanta como limitação o fato de considerar apenas uma camada da cadeia de suprimentos, a não consideração da variável tempo de ocorrência de cada fator (considera a probabilidade de ocorrência) e a não utilização de dados históricos para calcular a probabilidade.
Waters (2007a)	Apresenta algumas alternativas de classificações (MASON-JONES; TOWILL, 1998; MERNÁ; SMITH, 1999; CHRISTOPHER et al., 2002; MINAHAM, 2005). Apresenta ainda uma metodologia geral para identificação de riscos, composta de 5 etapas: definição dos processos da cadeia; divisão dos processos em uma série de operações distintas e relacionadas; considerar os detalhes de cada operação; identificar os riscos que cada operação e suas principais características; descrever os riscos mais significantes em um registro. Para tal, lista uma série de ferramentas que podem auxiliar o gestor (os cinco porquês; diagrama de causa-efeito; análise de Pareto; <i>checklists</i> ; entrevistas; reuniões de grupo; método Delphi; gráficos de processo; controle de processo; gerenciamento de evento da cadeia de suprimento). Segundo o autor existem vários tipos de análise quantitativa para o risco, todas baseadas no cálculo de valor esperado de um evento (probabilidade x custo esperado da consequência), o que resulta em um valor que não representa o custo real de sua ocorrência. Outra questão é que muitos eventos são de difícil mensuração. Observando isso, apresenta categorias de probabilidade (impossível, baixa, média, alta e certeza) e para consequência (insignificante, pequena, moderada, séria, crítica e catastrófica). Como resultado, a avaliação deve apresentar uma lista ordenada de quais riscos merecem maior atenção.
Wang; Yang (2007)	Categoriza o risco em externo ou interno a cadeia de suprimentos, definindo para cada algumas subcategorias. Risco político, econômico, cultural, técnico, natural e de demanda são definidos como riscos externos. Enquanto risco logístico, de capital e informacional como riscos internos. A abordagem de avaliação é composta de 6 passos: Desenho da cadeia de suprimentos; Cálculo da confiança de cada membro da cadeia; Divisão da cadeia em grupos (por exemplo: fornecedor, fabricante, distribuidor, cliente 1, cliente 2); Cálculo a confiança dos grupos; Cálculo a confiança de toda a cadeia; e cálculo do nível de risco da cadeia de suprimentos. Para o levantamento dos valores de confiança são utilizados os dados históricos de cada membro. Como resultado pode-se extrair o nível de confiança de cada membro, de cada parte e da cadeia, além do nível de risco da cadeia como um todo.

Welborn (2007)	Este autor apresenta que uma versão modificada do FMEA pode ser utilizada para avaliar risco em opções de terceirização. Sua metodologia consiste de sete etapas: Identificar categorias de risco; Identificar riscos potenciais; Avaliar a oportunidade, probabilidade e severidade de cada risco; calcular o número de prioridade do risco para cada risco (RPN – Risk Priority Number); Analisar o risco pelo RPN usando uma distribuição de pareto; Desenvolver ações para mitigar os riscos com RPN alto; e Reavaliar riscos com outro ciclo do FMEA. Na etapa de avaliação, escalas de avaliação podem assumir valores de 1 a 5 ou de 1 a 10 de acordo com a facilidade e precisão desejada. Os riscos são avaliados em termo de oportunidade, probabilidade e severidade. Oportunidade consiste na frequência que uma atividade acontece, probabilidade se refere à chance esperada que o risco realmente aconteça, e severidade indica o nível de impacto que o risco materializa. O RPN é obtido através do produto entre esses três elementos, permitindo desenvolver ações de mitigação, sendo necessário posteriormente, repetido todo o processo para avaliar o risco residual.
Blackhurst, Scheibe; Johnson (2008)	Baseado em uma revisão de alguns autores e entrevistas com fabricantes de automóveis, desenvolveu uma classificação composta de 12 categorias de risco (ruptura/desastre; logístico; dependência de fornecedores; qualidade; sistemas de informação; previsão; legal; propriedade intelectual; contratual; recebíveis; estoque; capacidade; gestão de segurança), possuindo cada uma delas subcategorias separadas em riscos interno e externo. Para avaliar o risco, são atribuídos pesos (em porcentagem), variando de 0 a 100, podendo tomar como referência a probabilidade de ocorrência, o impacto de cada categoria ou qualquer outro fator que for considerado importante pela empresa. Seguindo a mesma lógica, pesos são atribuídos também às subcategorias. A soma de pesos, seja analisando as categorias ou as subcategorias, deve ser igual a 100. Posteriormente, são atribuídos níveis de desempenho de cada fornecedor em cada categoria, também utilizando uma pontuação de 0 a 100 (baseado em dados reais), mas neste caso a soma não precisa ser igual a 100. Quanto maior o valor, pior o desempenho do fornecedor na categoria. De acordo com o que se quer avaliar, seja o nível de risco de um fornecedor, de uma categoria ou subcategoria, o índice de risco é obtido pela multiplicação dos pesos atribuídos. Caso o índice calculado seja menor que 25, caracteriza-se um baixo risco, entre 25 e 50 risco médio, entre 50 e 75 risco médio e maior que 75 risco crítico.
Tsai; Liao; Han (2008)	Classificam o risco em três tipos, cujo cada um é caracterizado por uma série de eventos: Risco de ativo (risco de informação, resistência de empregados, perda de controle, instalações logísticas inativas); Risco relacional (oportunismo de vendedor; violação contratual, pobre comunicação, falta de compartilhamento de metas); e Risco de competência (nível pobre de competência, nível pobre de competência em suportar desenvolvimento estratégico, competência pobre no suporte ao atendimento ao cliente, pobre competência de proteção). Com o objetivo de desenvolver um modelo qualitativo de risco que combina a teoria dos custos transacionais (TCT – <i>Transacional Costs Theory</i>) com a visão baseada em recursos (RBV – <i>Resourced Based Review</i>), utilizaram escalas qualitativas tanto para a probabilidade (definindo valores entre 0 e 1 com variação de 0,1 de uma escala a outra) quanto para o impacto (dez escalas divididas em cinco grupos: insignificante, baixo, moderato, alto e catastrófico), utilizando o AHP (<i>Analytic Hierarchy Process</i>) para comparar o impacto de cada tipo de risco definido pelo autor. Os autores levantam como limitação o fato de não considerar a influência que um tipo de risco pode ter sobre a ocorrência de outro, além de que, ao utilizar também indicadores financeiros e de desempenho (dados quantitativos) junto aos indicadores subjetivos (baseados no TCT e RBV) podem tornar o modelo de previsão de riscos mais eficaz.
Asbjornslett (2009)	Propõe uma abordagem proativa da análise da vulnerabilidade da Cadeia de suprimentos. Entre as etapas definidas pelo autor, uma condiz com o desenvolvimento de uma classificação e duas delas com o ranqueamento de riscos: desenvolvimento de taxonomia, desenvolvimento de cenários e ranqueamento de criticidade. Na primeira etapa busca-se estabelecer um conjunto de fatores que originam a vulnerabilidade na cadeia, servindo de base para o desenvolvimento de cenários. Cita alguns autores que apresentaram classificações de risco, mas apenas uma é voltada para a cadeia de suprimentos (NORRMANN; LINDROTH, 2004). A etapa seguinte lista os eventos que podem alavancar os riscos, enquanto a terceira avalia os eventos sob a perspectiva da frequência e do impacto para, posteriormente, serem ranqueados. Para ranqueá-los utilizam escalas numéricas (de 1 à 4) tanto para a probabilidade quanto para os impactos ou consequências de cada evento (são três: serviço, custo e outros).
Dani (2009)	Em sua abordagem, inicialmente devem ser levantados as fontes de risco (externas e internas), para então avaliá-los e mitigá-los. Para tal, apresenta algumas

	classificações existentes na literatura (CHRISTOPHER; PECK, 2003; CAVINATO, 2004; SPEKMAN; DAVIS, 2004; PECK, 2005; PECK, 2006). Para melhorar as estimativas, apresenta duas ferramentas, <i>Data Mining</i> e FMEA (<i>Failure mode effects</i>). A primeira utiliza dados históricos e a segunda utiliza escalas numéricas de 1 a 10 para severidade, probabilidade e probabilidade de detecção. O peso do risco é dado pela multiplicação dos valores desses três elementos, resultando em uma pontuação de criticidade do risco.
Gaudenzi (2009)	Apresenta a necessidade de identificar os fatores de risco e seus indicadores, mas não apresenta uma classificação de risco. Reconhece a importância de ordenar os riscos de acordo com o impedimento que cada um deles tem no atingimento das metas, definindo um tipo de prioridade de gerenciamento. Cita que pode ser feito através de técnicas de tomada de decisão (por exemplo, o AHP). A autora apresenta que os fatores de risco devem ser avaliados em termos de seus impactos, caracterizados como alto, médio ou baixo, sobre o alcance das metas.
Jüttner; Ziegenbein (2009)	O risco tem sua origem a partir dos seis processos internos e externos da cadeia. Pode ter origem nos fornecedores, nos clientes e nos processos de planejar, abastecer, fazer e entregar. São utilizados três elementos para avaliar cada risco: probabilidade de ocorrência, impacto sobre o negócio e grau de ações de mitigação existentes. Embora exponham que a probabilidade pode ser mensurada seja quantitativamente (através de regras matemáticas) ou qualitativamente (atribuindo escalas numéricas ou uma pontuação baseada na experiência), afirma que, para o caso de pequenas empresas, a probabilidade pode ser avaliada através de escalas variando de 1 (muito baixa) a 10 (muito alta). Já os impactos, também avaliados qualitativamente, recebem pesos 1 (baixo ou nenhum efeito) a 10 (efeito muito alto). Por fim, o grau de ações de mitigação existentes pode receber três tipos de escala (alto, médio e baixo). Esta relação serve como índice para ranquear os riscos.
Zhang; Chai (2010)	Propuseram um modelo baseado em Conjuntos difusos que resultou em um algoritmo para avaliar o risco de uma cadeia de suprimento. O modelo apresentado faz a avaliação do risco utilizando apenas os impactos de forma qualitativa (atribuição de pesos), apresentando como resultado final a correlação do risco de uma cadeia de suprimentos com os tipos de resultados definidos no problema, isto é, o resultado que proporcionar maior correlação define o estado da cadeia de suprimentos. No exemplo apresentado, desenvolve-se uma matriz que relaciona fatores de risco que influenciam a operação da cadeia (classificados em: ambiente de mercado, risco de demanda, risco de suprimentos, risco organizacional, risco operacional, risco informacional) e os resultados esperados (categorizados em: excelente – baixo impacto; bom; médio; pobre; e ruim – alto impacto).
Xia; Chen (2011)	Quatro grupos de fatores afetam a <i>performance</i> do gerenciamento de riscos: ciclo de processo operacional (OPC – <i>Operational Process Cycle</i>), ciclo de vida do produto (PLC – <i>Product Life Cycle</i>), fatores de <i>performance</i> organizacional da cadeia (OPF) e a prática de risco operacional disponível (ROP). Cada grupo desses possui elementos (OPC: contrato; produção; distribuição; logística; serviço). Propõem em seu trabalho um modelo de tomada de decisão levando em conta dois ciclos, o OPC e o PLC, e a inter-relação entre eles, seus elementos gerenciais de risco, os OPF e a ROP, utilizando para isto o ANP (<i>Analytic Network Process</i>). No exemplo numérico apresentado, foram utilizadas as escalas de comparação do ANP (variando de 1 a 9 de acordo com o grau de importância de um elemento sobre outro). Como resultado apresenta a quem dar prioridade em relação às alternativas de solução, aos elementos individualmente referentes ao OPC, PLC, OPF e ROP, e aos elementos analisando sobre cada grupo à que pertence.