



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

José Benedito Silva Santos Júnior

**Proposição de um modelo conceitual para mitigação
de riscos no planejamento de transportes em
cadeias de suprimentos globais**

CAMPINAS

2016

José Benedito Silva Santos Júnior

**Proposição de um modelo conceitual para mitigação
de riscos no planejamento de transportes em
cadeias de suprimentos globais**

Tese de Doutorado apresentada a
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura
e Urbanismo da Unicamp, para obtenção do
título de Doutor em Engenharia Civil na área
de Transportes.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA
TESE DEFENDIDA PELO ALUNO JOSÉ BENEDITO SILVA
SANTOS JÚNIOR E ORIENTADO PELO PROF. DR. ORLANDO
FONTES LIMA JÚNIOR.

ASSINATURA DO ORIENTADOR

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and strokes, positioned over a horizontal line.

CAMPINAS

2016

FICHA CATALOGRÁFICA

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES, BEX0450111

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Área de Engenharia e Arquitetura
Elizangela Aparecida dos Santos Souza - CRB 8/8098

Sa59p Santos Júnior, José Benedito Silva, 1976-
Proposição de um modelo conceitual para mitigação de riscos no planejamento de transportes em cadeias de suprimentos globais / José Benedito Silva Santos Júnior. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Orlando Fontes Lima Júnior.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo.

1. Transportes. 2. Avaliação de riscos. 3. Suprimentos. I. Lima Júnior, Orlando Fontes, 1958-. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Conceptual model proposition for risk mitigation on transportation planning in global supply chains

Palavras-chave em inglês:

Transportation

Risk assessment

Supplies

Área de concentração: Transportes

Titulação: Doutor em Engenharia Civil

Banca examinadora:

Orlando Fontes Lima Júnior [Orientador]

Antônio Galvão Naclério Novaes

Paulo Sérgio Franco Barbosa

Diógenes Cortijo Costa

Marcus Fabius Henriques de Carvalho

Data de defesa: 16-02-2016

Programa de Pós-Graduação: Engenharia Civil

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

**FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL, ARQUITETURA E
URBANISMO**

**PROPOSIÇÃO DE UM MODELO CONCEITUAL PARA
MITIGAÇÃO DE RISCOS NO PLANEJAMENTO DE
TRANSPORTES EM CADEIAS DE SUPRIMENTOS GLOBAIS**

José Benedito Silva Santos Júnior

Tese de Doutorado aprovada pela Banca Examinadora, constituída por:

Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior
Presidente e Orientador / FEC-UNICAMP

Prof. Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa
FEC-UNICAMP

Prof. Dr. Diógenes Cortijo Costa
FEC-UNICAMP

Prof. Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho
PUCCAMP

Prof. Dr. Antonio Galvão Naclério Novaes
UFSC

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se
no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 16 de fevereiro de 2016.

AGRADECIMENTOS

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pelo apoio financeiro concedido para o intercâmbio durante o desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior, orientador e amigo, pela atenção, suporte e orientação no desenvolvimento do trabalho.

Aos professores Dr. Antonio Galvão Novaes, Dr. Paulo Sérgio Franco Barbosa, Dr. Diógenes Cortijo Costa, Dr. Marcius Fabius Henriques de Carvalho, cujas críticas e sugestões foram de suma importância para o resultado final da pesquisa.

Aos pesquisadores do LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes, pelo apoio e incentivo.

Aos amigos da FEC – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, que me ajudaram na concretização deste trabalho.

Aos meus familiares, mãe, irmãos e tios, por sempre me incentivarem e apoiarem na realização dos meus projetos.

Em especial para a minha esposa, Suélen, e aos nossos filhotes, Berg e Cléo, pelo suporte e amor incondicionais. Sem eles este projeto não teria sido possível!

RESUMO

Santos Júnior, José Benedito Silva. Proposição de um modelo conceitual para mitigação de riscos no planejamento de transportes em cadeias de suprimentos globais. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2016. 153 pág. (Tese de Doutorado).

Cadeias de suprimentos globais requerem uma coordenação precisa dos fluxos de insumos, produtos acabados, informações e recursos financeiros. A natureza dinâmica das relações entre os diversos elos da cadeia de suprimentos evidencia a necessidade de uma abordagem apropriada para a gestão de riscos para todos os processos inerentes ao planejamento das operações em âmbito global, em particular, para as operações de transportes. A gestão de riscos no planejamento de sistemas de transportes em operações globais envolve ampla complexidade, pois contempla desde a definição da estratégia de operação de transportes até o desdobramento das ações nos níveis tático e operacional para a cadeia em um ambiente caracterizado por incertezas no processo de tomada de decisão. Este trabalho apresenta uma abordagem de pesquisa exploratória, através da proposição de um modelo conceitual para análise, avaliação, classificação e definição de estratégias de mitigação e contingência de riscos em operações de transportes, entre os elos da cadeia e do senso de julgamento de um grupo de especialistas, suportado pelo método paraconsistente de decisão (MPD) para o tratamento das incertezas. O modelo proposto foi aplicado em uma situação prática de planejamento de operações de transportes de uma empresa multinacional do segmento de agronegócio, nos fluxos entre Brasil e Alemanha para os modais de transporte aéreo e marítimo.

Palavras-chave: transportes, avaliação de riscos, suprimentos.

ABSTRACT

Santos Júnior, José Benedito Silva. Conceptual model proposition for risk mitigation on transportation planning for global supply chains. Campinas, School of Civil Engineering, Architecture and Urban Design, University of Campinas, 2016. 153 pag. (Doctoral Thesis).

Global supply chains require precise coordination of raw material input flows, finished goods, information and financial resources. The dynamic nature of relations between the various links in the supply chain highlights the need for an appropriate approach to risk management, for all processes on global supply chain, especially on transportation planning. Risk management on global transportation planning processes encompasses an extensive complexity, from the definition of the transport operation strategy until a proper way to cascade actions on tactical and operational levels on a uncertain environment. This study presents an exploratory research approach, based on a procedure for the selection of appropriate strategies for the development of risk mitigation and contingency plans in the transportation planning process in global supply chains. This procedure includes the analysis of relationships between the supply chain links, through expert group evaluation supported by paraconsistent decision method (PDM) to deal with uncertainties. The procedure was applied on a real case of global transportation planning on the transport flows between Brazil and Germany on agribusiness segment, considering air and sea freights.

Keywords: transportation, risk assessment, supplies.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Escopo do trabalho de pesquisa	26
Figura 2 – Passos para realização da técnica de revisão sistemática com meta-síntese.....	29
Figura 3 – Revisão sistemática com meta-síntese realizada para o tópico gestão de riscos em cadeias de suprimentos globais.	30
Figura 4 – Categoria “estrutura”: classificação dos artigos segundo o nível de planejamento considerado em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.	32
Figura 5 - Categoria “fluxos”: classificação dos artigos segundo o tipo de fluxo considerado em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	33
Figura 6 - Categoria “finalidade”: classificação dos artigos segundo a origem das fontes de riscos em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.	33
Figura 7 - Categoria “grau de relacionamento”: classificação dos artigos segundo o escopo de participação dos elos na CS em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	34
Figura 8 - Categoria “abordagem técnica”: classificação dos artigos segundo a abordagem utilizada em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	34
Figura 9 – Modelo MPT expandido para gestão de riscos em cadeias de suprimentos.	48
Figura 10 – Exemplo de mapa de riscos.....	49
Figura 11 - Quadrado unitário do plano cartesiano – QUPC (nível de exigência k igual a 0,60)	53
Figura 12 – Método paraconsistente de decisão - MPD.....	54

Figura 13 – Esquema de aplicação dos operadores MAX e MIN	58
Figura 14 – Fluxograma com a descrição das atividades realizadas na pesquisa.....	61
Figura 15 – Abordagem proposta para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes.....	64
Figura 16 – Etapas para aplicação do método de pesquisa exploratória.	67
Figura 17– Processo para elaboração do questionário para levantamento de opinião.	68
Figura 18 – Etapas do MPD aplicado ao caso prático.....	81
Figura 19 – Aplicação dos operadores MAX e MIN no caso de análise.....	90
Figura 20 – QUPC para a Seção 1.....	91
Figura 21– QUPC para a Seção 2.....	92
Figura 22– QUPC para a Seção 3.....	93

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Título dos periódicos, ano de publicação e autores dos artigos analisados.....	37
Quadro 2 – Modelos de gestão de riscos.	43
Quadro 3 – Trabalhos da literatura com aplicações de modelos matemáticos em gestão de riscos na cadeia de suprimentos.....	51
Quadro 4 – Exemplo de formato da matriz de dados pesquisados – MDpq	56
Quadro 5 – Fluxograma de atividades e referências desenvolvidas na pesquisa	62
Quadro 6 – Classificação dos especialistas segundo o nível hierárquico na estrutura organizacional da empresa.....	70
Quadro 7 – Referência da escala utilizada no questionário para os parâmetros de análise de magnitude do risco.	78
Quadro 8 – Regiões de criticidade para o mapa de riscos, segundo a probabilidade de ocorrência <i>versus</i> o grau de impacto.	78
Quadro 9 – Lista de eventos de riscos identificados para a aplicação prática.....	80
Quadro 10 – Fontes de riscos, estratégias / ações de mitigação e classe de elementos.....	80
Quadro 11 – Mapa de riscos elaborado para a aplicação prática.....	84
Quadro 12 - Força predominante nas relações entre embarcador, transportador e cliente, segundo o modelo MPT expandido.....	86
Quadro 13 – Determinação dos pesos (P_i) por fator de influência (F_i)	89

Quadro 14 – Matriz de dados pesquisados (M_{Dpq})	89
Quadro 15 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 1.....	91
Quadro 16 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 2.....	92
Quadro 17 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 3.....	93
Quadro 18 – Viabilidade por cenário segundo o fator de influência (F_i).....	95
Quadro 19- Planos de contingência propostos conforme análise dos eventos de riscos e estratégias de mitigação.....	97

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANTT: Agência Nacional de Transportes Terrestres

CS: Cadeias de suprimentos

GR: Gestão de riscos

HOQ: *House of Quality*

ICC-IMB: *International Chamber of Commerce – International Maritime Bureau*

ISO: *International Standard Organization*

LPAE_τ: Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_τ

MPD: Método Paraconsistente de Decisão

QFD: *Quality Function Deployment*

QUPC: Quadrado Unitário do Plano Cartesiano

SCC: *Supply Chain Council*

SCOR: *Supply Chain Operations Reference Model*

SCRM: *Supply Chain Risk Management*

SCV: *Supply Chain Vulnerability*

SCRES: *Supply Chain Resilience*

SLNA: *Systematic Literature Network Analysis*

ONU (UN): Organização das Nações Unidas (*United Nations*)

SUMÁRIO

1	Introdução	18
1.1	Justificativa e relevância do tema.....	21
1.2	Pergunta e hipóteses da pesquisa	23
1.3	Objetivo e escopo	24
1.4	Estrutura do trabalho	26
2	Revisão bibliográfica e construção do referencial teórico.....	28
2.1	Revisão sistemática com meta-síntese	28
2.1.1	Procedimento e aplicação	29
2.1.2	Síntese dos resultados	35
2.2	Gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	38
2.2.1	Definição de gestão de riscos em cadeias de suprimentos	39
2.2.2	Classificação de riscos em cadeias de suprimentos	40
2.2.3	Modelos de gestão de riscos em cadeia de suprimentos.....	42
2.2.4	Estratégias para mitigação e contingência de riscos em cadeias de suprimentos	44
2.3	Gestão de riscos em operações de transportes	45
2.4	Relacionamentos, arranjos relacionais e gestão de riscos em cadeias de suprimentos	46

2.5	Modelagem em gestão de riscos em cadeias de suprimentos.....	48
2.6	Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_t (LPAE $_t$).....	52
2.6.1	Fixação do nível de exigência.....	54
2.6.2	Seleção dos fatores de influência.....	55
2.6.3	Estabelecimento das seções para os fatores de análise.....	55
2.6.4	Elaboração da base de dados	55
2.6.5	Levantamento dos dados.....	56
2.6.6	Determinação dos valores de evidência favorável e contrária.....	57
2.6.7	Determinação dos graus de evidência favorável e contrária.....	58
2.6.8	Tomada de decisão	59
2.7	Considerações sobre o referencial teórico.....	59
3	Metodologia.....	61
3.1	Modelo proposto para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes	63
3.1.1	Fase 1 – Identificação e definição da magnitude dos riscos.....	64
3.1.2	Fase 2 – Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência.....	65
3.1.3	Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos	66
3.2	Método de pesquisa exploratória.....	66

3.2.1	Levantamento de opinião de especialistas	67
4	Aplicação prática	71
4.1	Contexto de negócio da empresa para a aplicação prática	71
4.1.1	Processo de planejamento de operações de transportes.....	73
4.2	Aplicação do modelo de gestão de riscos em planejamento de operações de transportes	75
4.2.1	Fase 1 – Identificação e definição da magnitude dos riscos.....	76
4.2.2	Fase 2 – Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência.....	79
4.2.3	Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos	82
5	Análise dos resultados	83
5.1	Fase 1 - Identificação e definição da magnitude dos riscos	83
5.2	Fase 2 - Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência.....	87
5.2.1	Análise dos riscos e definição das ações de mitigação.....	87
5.2.1.1	Aplicação do Método Paraconsistente de Decisão - MPD	88
5.2.2	Elaboração dos planos de contingência	96
5.3	Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos.....	98
6	Conclusões e recomendações	99

Referências bibliográficas	103
Anexo I – Modelo do questionário utilizado para o levantamento de opinião de especialistas	110
Anexo II – Artigos publicados	120

1 Introdução

Gestão de riscos (GR) em cadeias de suprimentos (CS) é um assunto que vem sendo tratado com bastante ênfase tanto no meio acadêmico, quanto nos setores governamental e empresarial. A importância deste tema tem sido evidenciada por diversos acontecimentos recentes como, por exemplo: desastres naturais, ameaças terroristas em diferentes regiões do planeta, instabilidades políticas e sociais em países emergentes e a contemporânea crise econômica global iniciada em 2008, cujos reflexos ainda estão presentes nas economias dos países do globo.

Os impactos de eventos causados pela ação da natureza em CS globais têm exigido atenção por parte das organizações governamentais e privadas. Além do fato relevante das perdas de vidas humanas e animais em tragédias desta natureza, os locais afetados contabilizam grandes perdas financeiras e um longo tempo de resposta para retomar atividades cotidianas simples. Por exemplo, o tsunami ocorrido no Japão em março de 2011 afetou sobremaneira a infraestrutura daquele país por um longo período (interrupção dos serviços públicos essenciais como energia, abastecimento de água, transporte público, etc.). Além disso, várias indústrias fornecedoras de peças e componentes, instaladas naquele país, ficaram impossibilitadas de cumprir seus contratos de fornecimento. Indústrias japonesas com subsidiárias brasileiras como a Toyota, por exemplo, reduziram os volumes de produção no Brasil em decorrência do desabastecimento dos seus estoques de peças (Reuters News, 25/04/2011).

Outro exemplo foram as fortes chuvas ocorridas na Tailândia em novembro de 2011. Diversas empresas do segmento de tecnologia foram afetadas pela inundação, chegando a interromper completamente os seus processos produtivos. A Tailândia respondia por 45% da produção mundial de discos rígidos utilizados em microcomputadores. Esta paralisação no

fornecimento implicou no aumento dos preços deste componente no mercado mundial, além de causar um risco de abastecimento para as empresas montadoras de computadores (Reuters News, 31/10/2011).

Mais próximo da realidade brasileira, pode-se citar as enchentes que ocorreram nos últimos anos, em especial nos Estados de Santa Catarina e Rio de Janeiro. Em junho de 2014, devido às fortes chuvas em Santa Catarina, aproximadamente 3.000 pessoas ficaram desabrigadas. No Rio de Janeiro, em janeiro de 2011, um temporal ocasionou deslizamentos em áreas nos municípios de Teresópolis, Petrópolis e Nova Friburgo, que registraram mais de 300 mortos neste desastre. A retomada do cotidiano nestas localidades pode demorar meses, afetando o acesso das populações aos serviços de utilidades pública como sistemas de transmissão de energia, abastecimento de água e esgoto e sistemas de transportes (Portal G1, 13/01/2011; Portal G1, 30/07/2014).

Outro exemplo de acontecimento, que tem afetado as operações logísticas de transporte internacional, é a prática de abordagem em navios de carga e passageiros por ações promovidas por piratas. Segundo o relatório do ICC-IMB – *International Chamber of Commerce – International Maritime Bureau*, no ano de 2014 foram registrados 245 ataques em todo o mundo às embarcações de diferentes portes, em sua maioria cargueiros (carga geral e tanques). As regiões com maior incidência são o sudeste asiático e a costa leste africana. Estas ações, além de todo o transtorno ocasionado para os diretamente afetados (tripulações, empresas de transporte marítimo e proprietários das cargas), geram um ambiente de incerteza quanto ao cumprimento dos prazos de transportes acordados entre os diferentes elos da cadeia, cabendo aos fornecedores e clientes realizarem tratativas diferenciadas, através de medidas protetivas (desvio de rotas, contratação de escoltas, contratação de seguro adicional, etc.) para a gestão dos riscos de desabastecimento (ICC-IMB, 2015).

Mais recentemente, as explosões no terminal portuário da cidade de Tianjin na China mudaram a rotina de embarques das rotas marítimas que utilizam este porto. Ações de transferências das cargas para outros portos geraram atrasos nos tempos de entrega de mercadoria, bem como custos adicionais ao frete total das mercadorias (Agência Reuters, 19/08/2015).

Soma-se ainda a estes fatos exógenos ao planejamento de operações em CS, a incipiente tratativa nas questões regulatórias e legais sobre os impactos e definição de responsabilidades quando da incidência destas ocorrências (Sodhi *et al.*, 2012).

Todos os exemplos citados anteriormente reforçam a importância da gestão de riscos considerando diferentes fontes de risco nos fluxos de movimentação de materiais em cadeias de suprimentos globais.

Do ponto de vista interno das organizações privadas, o acirramento da concorrência entre empresas, ou mais recentemente, entre CS, fez com que as estratégias de gestão das operações neste ambiente globalizado tivessem como diretriz um grande esforço para o incremento da eficiência operacional e, simultaneamente, a redução dos custos totais de operação (estoque, transporte, produção, etc.). Estratégias como, por exemplo, o *Just in Time*¹, tornam as CS mais vulneráveis a situações de ruptura nos processos de abastecimento (Das e Handfield, 1997).

Cadeias de suprimentos globais requerem uma coordenação precisa dos fluxos de insumos, produtos acabados, informações e recursos financeiros. A diretriz em busca da maximização dos lucros na cadeia, através da melhor utilização dos ativos produtivos (insumos, equipamentos, infraestrutura, etc.), está na pauta das organizações com operações globais (Manuj e Mentzer, 2008).

Nesse contexto, os riscos associados à gestão da cadeia se potencializam, quer sejam riscos relacionados à operação (oriundos de incertezas na cadeia: variabilidades na demanda, nos processos de planejamento de transportes, produção ou suprimentos, etc.), quer sejam relacionados a desastres naturais (furações, tsunamis, terremotos, erupções vulcânicas, etc.) ou causados pela ação direta do homem (guerras, bolhas financeiras, etc.) (Tang, 2006).

¹ *Just in Time*: estratégia de planejamento da produção em que o fluxo dos processos da cadeia de suprimentos (ex.: produção, transporte e suprimentos) ocorre no momento exato em que são necessários (Das e Handfield, 1997).

A natureza dinâmica das relações entre os diversos elos da CS evidencia a necessidade de uma abordagem apropriada para a gestão de riscos para todos os processos inerentes ao planejamento das operações em âmbito global (Hallikas *et al.*, 2004).

As organizações identificaram a necessidade de considerar, em seus processos de planejamento e gestão, as diferentes fontes de risco. A identificação e classificação das fontes de risco, a definição das consequências adversas e a elaboração de planos de mitigação e ações de contingência são atividades que deverão ser incorporadas ao cotidiano do processo de planejamento e gestão das cadeias de suprimentos (Olson e Wu, 2010).

1.1 Justificativa e relevância do tema

A pesquisa, ora apresentada, tem por finalidade desenvolver um modelo para a análise e seleção de estratégias para a mitigação e contingência de riscos em operações de planejamento de transportes, considerando como ponto de partida a análise dos relacionamentos entre os atores nas cadeias de suprimentos em operações globais, bem como a influência dos diferentes níveis hierárquicos no direcionamento das decisões durante o processo de planejamento.

Estudos de caso apresentados na literatura mencionam que as organizações estão em fase incipiente na utilização de métodos estruturados para gestão de riscos em operações nas cadeias de suprimentos. Geralmente, quando há alguma prática relacionada ao tema, sua abrangência está restrita à análise de suas operações internas, não contemplando os riscos externos originados por outros membros pertencentes à cadeia, ou mesmo por situações decorrentes de desastres naturais, conturbações de ordem política e/ou econômica, etc. (Pfohl *et al.*, 2010; Soni e Kodali, 2011; Hittle e Leonard, 2011).

Além disso, é notório que o tópico de gestão de riscos em cadeias de suprimentos trata-se ainda de uma área do conhecimento em consolidação, uma vez que as pesquisas acadêmicas em publicações recentes sobre o tema buscam definir e alinhar conceitos, bem como apresentar aplicações de métodos e modelos para a gestão dos processos relacionados à gestão de riscos em CS (Sodhi *et al.*, 2012).

Outro aspecto relevante diz respeito à tomada de decisão em ambientes complexos, influenciados por variáveis com diferentes fontes de incerteza em seus processos. A aplicação de métodos quantitativos, cuja abordagem tem por finalidade apresentar conclusões e recomendar ações, em conjunto com métodos qualitativos, que buscam explorar problemas em situações de incerteza, permite uma abordagem diferenciada no tratamento de riscos e auxílio à tomada de decisão em processos de planejamento em cadeias de suprimentos. Esta abordagem é uma contribuição relevante que esta pesquisa se propõe a realizar no tema de gestão de riscos em planejamento de transportes.

Reforça-se ainda a relevância deste trabalho acerca da tratativa do tema gestão de riscos no subprojeto S1 – *Risk Management in Global Supply Networks*, coordenado pelo prof. Dr. Orlando Fontes Lima Junior (FEC/Unicamp), subprojeto este integrante da segunda fase do projeto *LogGlobal – Improving Global Supply Chains*, do programa BRAGECRIM - *Brazilian-German Collaborative Research Initiative on Manufacturing Technology* financiado pela CAPES e DFG (Alemanha).

O programa BRAGECRIM tem por objetivo apoiar projetos conjuntos de pesquisa entre pesquisadores brasileiros e alemães no âmbito da Iniciativa Brasil-Alemanha para Pesquisa Colaborativa em Tecnologia de Manufatura. O projeto *LogGlobal* é coordenado pelo prof. Dr. Antonio Novaes Galvão, pela prof. Dra. Monica Maria Mendes Luna (UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil) e pelo prof. Dr. Bernd Scholz-Reiter (*Universität Bremen, Deutschland*). O foco de pesquisa do projeto é a interface entre sistemas logísticos e sistemas de manufaturas em cadeias de suprimentos globais. Mais especificamente, os objetos de pesquisa são as cadeias de suprimentos com operações de importação e exportação entre Brasil e Alemanha.

Participam desta segunda fase do programa a Universidade de Bremen, representada pelo BIBA - *Bremer Institut für Produktion und Logistik* (Alemanha), a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), representada pelo LALT – Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes – DGT/FEC.

O projeto *LogGlobal* é composto por um projeto âncora (Projeto A1), denominado *Quase-real-time Scheduling of Integrated Production and Transport Systems along Global*

Supply Chain, e dois subprojetos que o suportam e o complementam: subprojeto S1 – *Risk Management in Global Supply Networks* e subprojeto S2 – *Improvement of Global Manufacturing Supply Chains through the Consideration of Behavioural Context-related Aspects*.

O subprojeto S1 - *Risk Management in Global Supply Networks* tem como objetivo pesquisar e propor um modelo de gestão de riscos, considerando o planejamento colaborativo entre transportes e produção em cadeias de suprimentos globais. Este trabalho de pesquisa foi desenvolvido em conjunto com o subprojeto S1, tendo em seu cronograma de atividades a realização de intercâmbio sanduíche no período de 12 de abril de 2011 a 23 de março de 2012, no Bremer Institut für Produktion and Logistik – BIBA, na Universidade de Bremen (Bremen Universität), na cidade de Bremen, Alemanha.

1.2 Pergunta e hipóteses da pesquisa

Com o intuito de direcionar a pesquisa e garantir o atendimento do objetivo ora proposto, foram definidas a pergunta direcionadora do trabalho e as hipóteses para avaliação.

Pergunta da pesquisa (P1): como realizar de forma efetiva o tratamento da incerteza no processo de tomada de decisão em planejamento de operações de transportes, através da identificação, análise, classificação e definição de ações de mitigação de riscos em cadeias de suprimentos globais, considerando de maneira integrada os processos de gestão de suprimentos, demanda, produção, transportes e informação?

Hipótese 1 (H1): As técnicas de modelagem e métodos existentes na literatura aplicados para a análise e avaliação de riscos em processos de planejamento e operação da cadeia de suprimentos, não tratam apropriadamente as percepções dos tomadores de decisão em ambientes de incerteza, em particular, para a seleção de estratégias e definição das ações de mitigação de riscos e planos de contingência para operações de transporte em cadeias globais.

A pergunta (P1) e a hipótese (H1) têm por finalidade avaliar a aplicação de técnicas de modelagem por meio de abordagens quantitativas e/ou qualitativas para a identificação,

análise, classificação e definição de estratégias e ações de mitigação de riscos que contemplem as diferentes percepções dos tomadores de decisão em ambientes de incerteza, considerando a ocorrência de eventos inesperados no processo de planejamento de transportes em operações globais.

Hipótese 2 (H2): Os modelos de gestão de riscos apresentados na literatura não contemplam de forma satisfatória o tratamento de incertezas na gestão/planejamento, de forma integrada, dos processos de suprimentos, demanda, produção, transportes e informação, nos diferentes níveis de planejamento, em redes de suprimentos globais.

A pergunta (P1) e a hipótese (H2) têm por finalidade investigar o nível de abrangência dos modelos de gestão de riscos existentes e verificar como são analisadas as interferências de eventos não planejados nos processos de suprimentos, produção, transportes e informação quando tratados de forma integrada.

A pergunta da pesquisa e as hipóteses elaboradas serão avaliadas no decorrer deste trabalho e serão os direcionadores para garantir o foco na busca pelo cumprimento do objetivo da pesquisa.

1.3 Objetivo e escopo

Este trabalho tem por objetivo desenvolver, testar, validar e explorar um modelo para análise e seleção de estratégias de mitigação e contingência de riscos no planejamento de transportes em operações globais, considerando a análise dos relacionamentos entre os elos da cadeia de suprimentos, bem como o senso de julgamento dos tomadores de decisão em ambientes de incerteza.

São objetivos específicos:

- a) Verificar se os modelos conceituais de gestão de riscos apresentados na literatura contemplam, de maneira integrada, os processos de gestão de suprimentos, demanda, produção, transportes e informação nos níveis estratégico, tático e operacional em redes de suprimentos globais;

- b) Propor um procedimento para a análise de eventos de riscos e seleção de estratégias adequadas para a elaboração das ações de mitigação de riscos e planos de contingência no processo de planejamento de transportes em cadeias de suprimentos globais, considerando as diferentes percepções dos tomadores de decisão em um ambiente sujeito a incertezas;

O escopo desta pesquisa considera as atividades referentes aos processos de planejamento e gestão das operações de transportes em uma cadeia de suprimentos com atuação global.

As operações de transportes são responsáveis pelo fluxo físico dos materiais (insumos, semiacabados e produtos acabados) entre as atividades de uma típica cadeia de suprimentos (suprir, produzir, distribuir e vender). Esta interface entre diferentes elos da CS, no âmbito de operações globais, envolve ampla complexidade, pois contempla desde a definição da estratégia de operação em transporte da CS (ex.: projeto da rede de transportes, seleção do modal, decisão sobre investimento em ativos ou *outsourcing*, aspectos regulatórios, etc.) até o desdobramento das ações nos níveis tático (ex.: uso eficiente dos ativos) e operacional (alcance das metas de operação e nível de serviço acordado). A figura 1 ilustra o escopo deste trabalho.

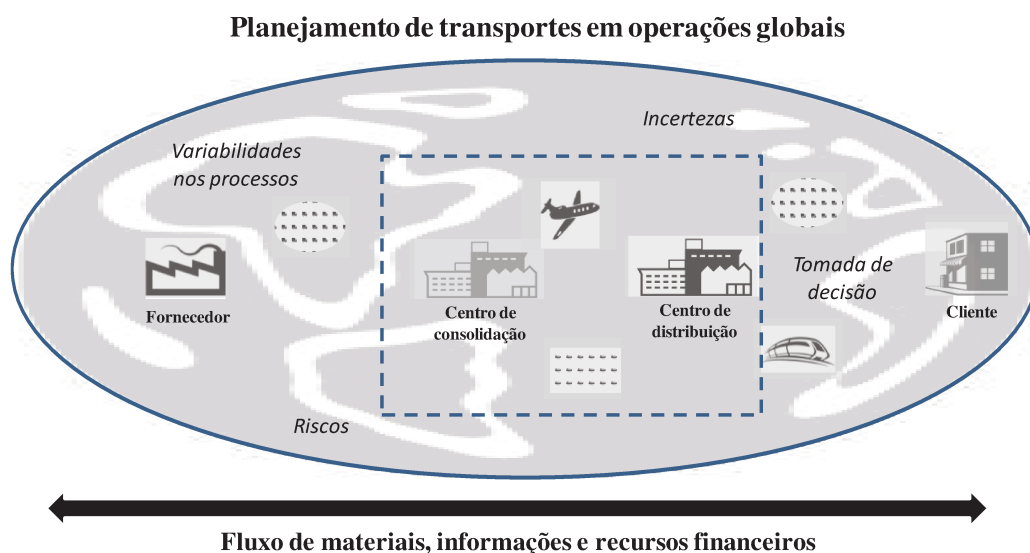


Figura 1 – Escopo do trabalho de pesquisa

Fonte: Autor

Esta pesquisa terá foco nos requerimentos nos níveis estratégico e tático do processo de planejamento e gestão de transportes, em particular nas variáveis decisórias para a seleção das estratégias adequadas para a análise e definição das ações de mitigação e contingência dos riscos em operações de transportes em cadeias de suprimentos globais.

1.4 Estrutura do trabalho

O trabalho está estruturado em seis capítulos, conforme descrito a seguir.

No capítulo 1 apresentam-se as considerações iniciais sobre o tema, justificando a relevância do trabalho e contextualizando a importância deste tópico como objeto de investigação científica. São apresentados também o objetivo, o escopo, assim como a pergunta orientadora e as hipóteses da pesquisa.

No capítulo 2 apresenta-se a revisão bibliográfica realizada e a construção do referencial teórico dos principais conceitos utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

A seguir, no capítulo 3, descreve-se a metodologia proposta para a pesquisa considerando a abordagem utilizada para identificação, análise, classificação e seleção das estratégias de mitigação e contingência de riscos para o planejamento de operações de transportes em cadeias de suprimentos globais.

No capítulo 4 é apresentada a aplicação do modelo proposto em um caso prático em uma empresa do segmento de agronegócio, no âmbito do planejamento dos fluxos de transportes entre Brasil e Alemanha.

No capítulo 5 apresenta-se a análise dos resultados obtidos na aplicação prática.

Finalmente, no capítulo 6, são apresentadas as conclusões e considerações finais deste trabalho.

No Anexo I é apresentado o modelo do questionário utilizado para o levantamento de opinião de especialistas.

No Anexo II são apresentadas, na íntegra, as publicações que foram fruto desta pesquisa até o presente momento (artigos aceitos em conferências nacionais e internacionais, e capítulos de livro publicados):

- a) Santos Júnior, J. B. S.; Lima Júnior, O. F.; Novaes, A. N.; Scholz-Reiter, B. (2011) *A comparative analysis of supply network risk management techniques based on systematic literature review*. Em: anais do XXV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), novembro de 2011, Belo Horizonte, Brasil.
- b) Santos Júnior, J. B. S.; Loureiro, S. A.; Lima Júnior, O. F. (2012) *A procedure for the selection of a supply network risk mitigation strategy in relational arrangements*. Em anais da III Conferência Internacional de Dinâmica em Logística (III *International Conference on Dynamics in Logistics* - LDIC), março de 2012, Bremen, Alemanha. Artigo selecionado para publicação como capítulo no livro *Dynamics in Logistics*, Springer, 2013².
- c) Scholz-Reiter, B.; Tan, Y.; El-Berishy, N.; Santos Júnior, J. B. S. (2012) *Event management for uncertainties in collaborative production scheduling and transportation planning: a review*. Em anais da III Conferência Internacional de Dinâmica em Logística (III *International Conference on Dynamics in Logistics* - LDIC), março de 2012, Bremen, Alemanha. Artigo selecionado para publicação como capítulo no livro *Dynamics in Logistics*, Springer, 2013².

² KREOWSKI, H. J.; SCHOLZ-REITER, B.; THOBEN, K. D.; *Dynamics in Logistics – Third International Conference*, Springer, 2013.

2 Revisão bibliográfica e construção do referencial teórico

Neste capítulo são apresentados os principais elementos obtidos durante a revisão bibliográfica realizada e, identificado o referencial teórico que embasará a proposta desta pesquisa.

Para o principal tópico em discussão nesta pesquisa, gestão de riscos no planejamento de operações em cadeias de suprimentos globais, utilizou-se o método de revisão sistemática com meta-síntese, com o propósito de orientar e sistematizar a realização da revisão bibliográfica neste tema específico. Para os demais conceitos utilizou-se a abordagem qualitativa do método da revisão sistemática para a revisão da literatura, com o intuito de identificar e apresentar as principais referências sobre os temas pertinentes para a pesquisa.

2.1 Revisão sistemática com meta-síntese

Nesta seção será apresentada a abordagem de revisão sistemática com meta-síntese utilizada neste trabalho.

Esta técnica consiste na aplicação de métodos explícitos e sistematizados de busca, análise crítica e síntese da informação pesquisada. Auxilia na consolidação das informações sobre um determinado tópico de pesquisa, por meio da análise dos resultados combinados de diferentes estudos identificados na revisão da literatura (Soni e Kodali, 2011; Akobeng, 2005; Greenhalgh, 1997). Colicchia e Strozzi (2012) apresentam também uma abordagem complementar para a revisão sistemática no tema de gestão de riscos em cadeias de suprimentos, incluindo a análise das citações realizadas e identificadas em redes de pesquisa (*Systematic Literature Network Analysis - SLNA*).

Para este trabalho foi utilizado como referência o procedimento aplicado por Soni e Kodali (2011).

2.1.1 Procedimento e aplicação

O método da revisão sistemática com meta-síntese é executado em 6 passos. No passo 1 é elaborada a pergunta orientadora da revisão da literatura. No passo 2 é definido o período para a busca e são elegidas as bases onde serão realizadas as investigações dos trabalhos. Na etapa 3 do processo são escolhidas as palavras-chave. Na etapa seguinte, passo 4, é definido o critério para o primeiro filtro de seleção dos trabalhos investigados. Na etapa 5 define-se o critério de classificação dos artigos e realiza-se a meta-análise da amostra de artigos obtidos no passo 4. Finalmente, no passo 6, os resultados são sintetizados e apresentados.

Na figura 2 é apresentado, resumidamente, o fluxo dos passos para a aplicação da técnica de revisão sistemática com meta-síntese.

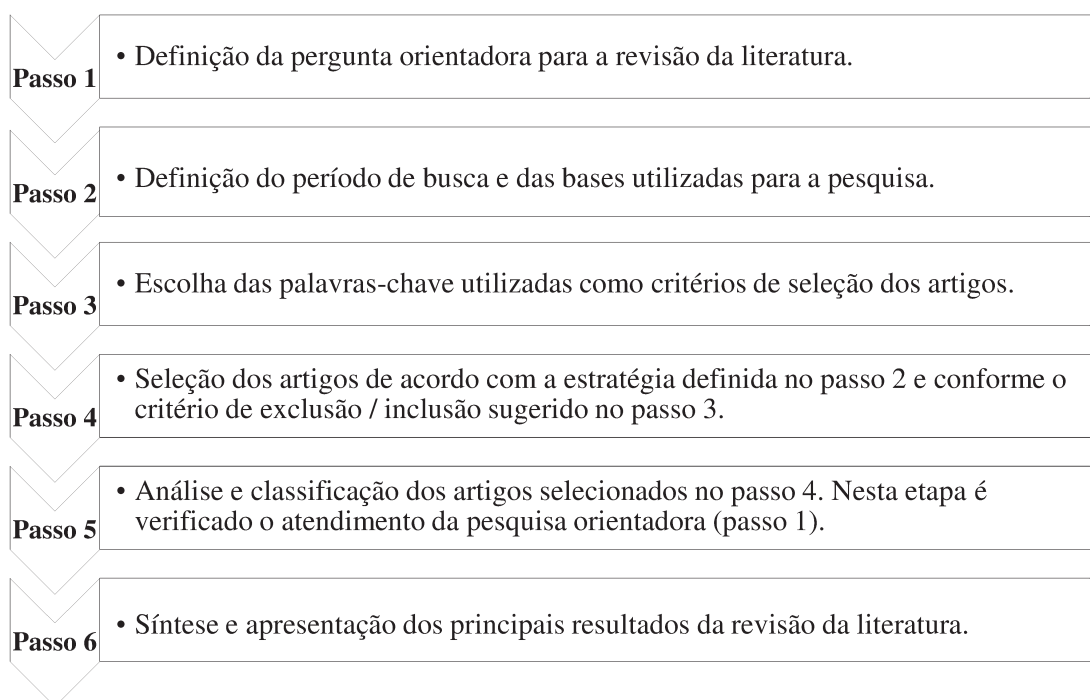


Figura 2 – Passos para realização da técnica de revisão sistemática com meta-síntese.

Fonte: Adaptado de Soni e Kodali (2011).

Na figura 3 são ilustrados os passos já considerando a aplicação da técnica para o tópico de análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos globais.

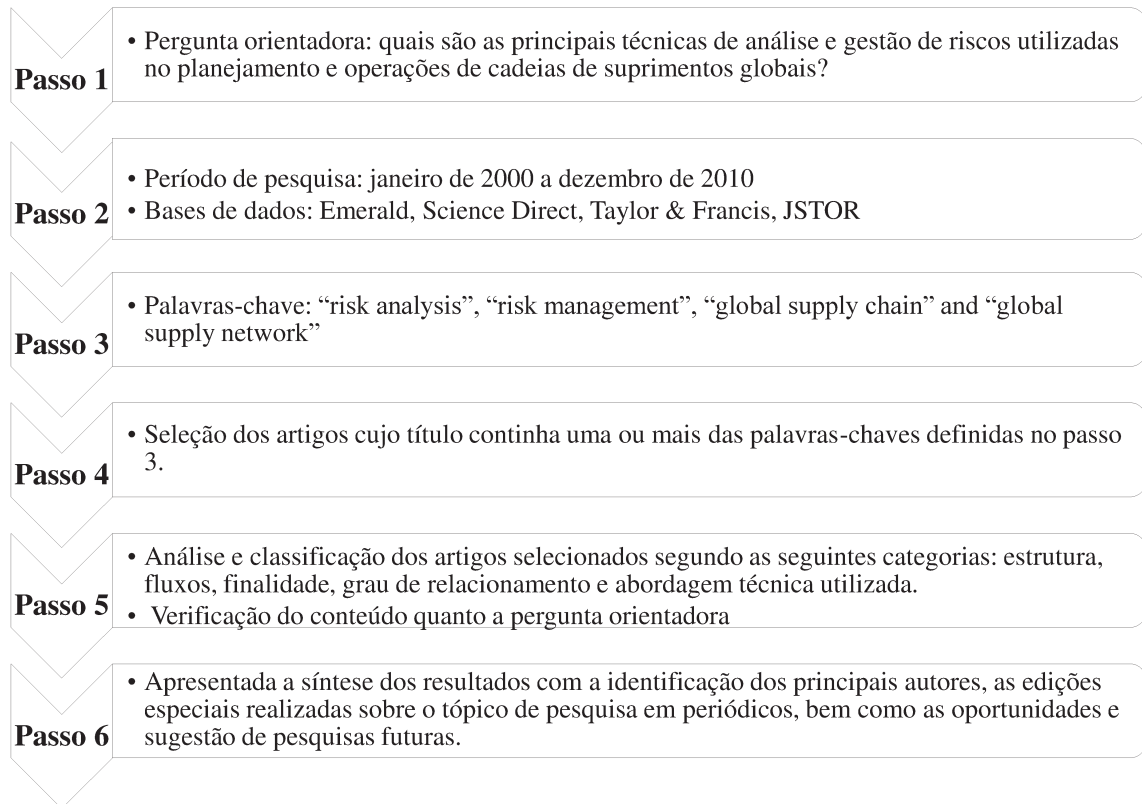


Figura 3 – Revisão sistemática com meta-síntese realizada para o tópico gestão de riscos em cadeias de suprimentos globais.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

A definição dos elementos dos passos 1, 2 e 3 teve como referência a experiência dos pesquisadores envolvidos na aplicação da técnica. Os critérios estabelecidos para a classificação dos artigos no passo 5 obedeceram a seguinte lógica:

- Categoria estrutura: buscou-se identificar a abrangência do nível de planejamento (estratégico, tático ou operacional) na técnica de análise e gestão de riscos encontrada;
- Categoria fluxos: buscou-se identificar os tipos de fluxos envolvidos (materiais, informação e recursos financeiros);
- Categoria finalidade: levantaram-se os tipos de riscos considerados (internos ou externos à cadeia de suprimentos);

- Categoria grau de relacionamento: considerou-se a abrangência de análise dos relacionamentos existentes na cadeia de suprimentos. Podem ser definidas como cadeia interna (dentro da organização), imediata (até o primeiro nível de fornecedores / clientes) ou expandida (até o segundo nível de fornecedores / clientes); e,
- Categoria abordagem técnica: buscou-se identificar se no modelo de análise e gestão de riscos foram utilizadas técnicas qualitativas, quantitativas ou ambas.

A seguir será apresentada uma análise quantitativa para cada um dos critérios elencados no passo 5.

Os resultados da análise para a categoria “estrutura” estão apresentados na figura 4. Constata-se que aproximadamente 55% dos artigos analisados tratam de ações de planejamento no nível tático e / ou operacional.

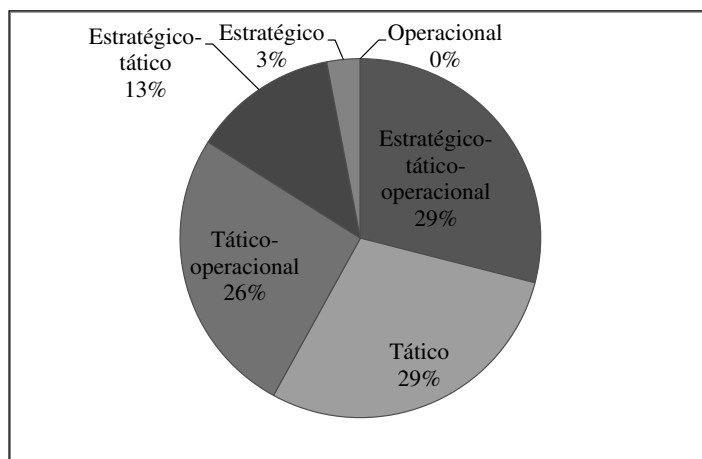


Figura 4 – Categoria “estrutura”: classificação dos artigos segundo o nível de planejamento considerado em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

Para a categoria “fluxos” aproximadamente 68% dos trabalhos analisados consideraram os três tipos de fluxos (informação, material e recursos financeiros) quando da aplicação de modelos para análise e gestão de riscos. A figura 5 ilustra estes resultados.

Em relação à origem das fontes de riscos, interno ou externo à cadeia, 68% dos trabalhos consideraram na abordagem tanto riscos internos quanto externos. Na figura 6 são apresentados os percentuais referentes à categoria “finalidade”.

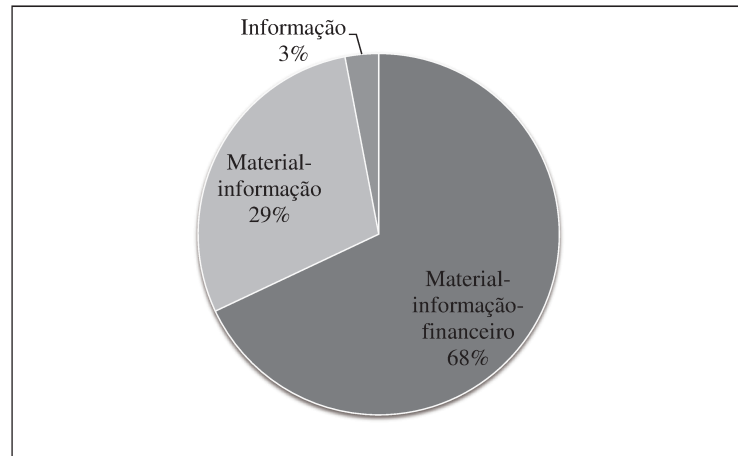


Figura 5 - Categoria “fluxos”: classificação dos artigos segundo o tipo de fluxo considerado em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

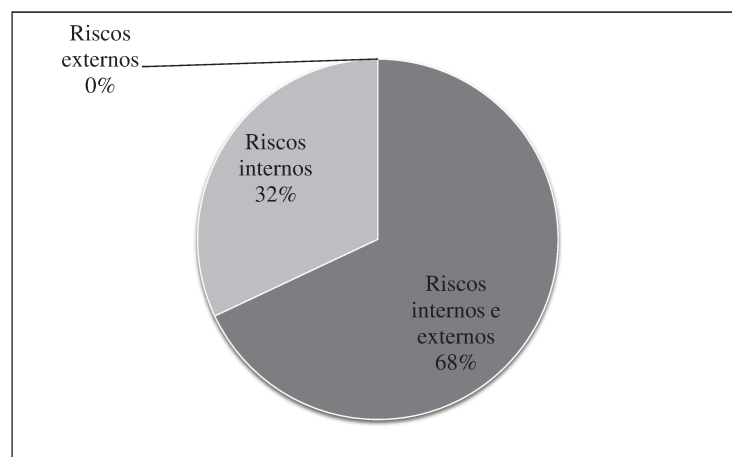


Figura 6 - Categoria “finalidade”: classificação dos artigos segundo a origem das fontes de riscos em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

Para a categoria grau de relacionamento, 71% dos trabalhos consideram no escopo de atuação dos processos da cadeia de suprimentos, somente até o primeiro elo dos integrantes da CS. A figura 7 ilustra esta informação.

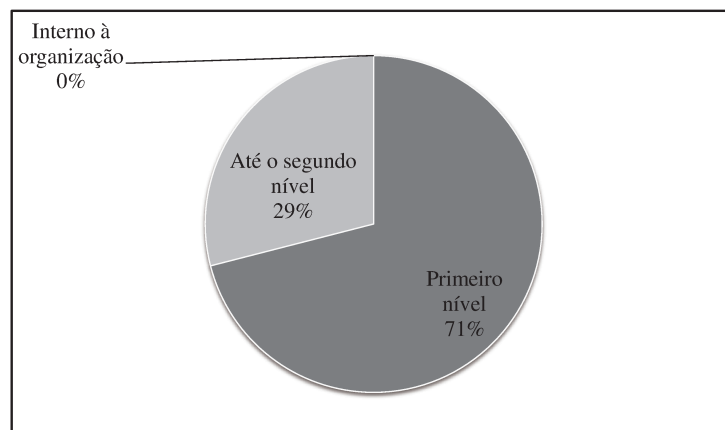


Figura 7 - Categoria “grau de relacionamento”: classificação dos artigos segundo o escopo de participação dos elos na CS em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

Finalmente, para a categoria “abordagem técnica”, 58% dos trabalhos consideram modelos qualitativos, contra 23% de modelos quantitativos. Abordagem utilizando ambos os modelos representou 19%. A figura 8 apresenta estes resultados.

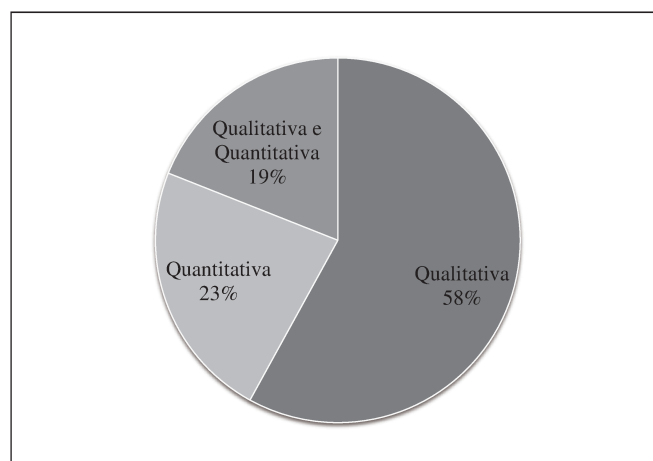


Figura 8 - Categoria “abordagem técnica”: classificação dos artigos segundo a abordagem utilizada em modelos para análise e gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

2.1.2 Síntese dos resultados

Ao final do passo 4, conforme descrito na figura 3, foram identificados 64 artigos em periódicos. Na etapa seguinte, passo 5, foram selecionados e classificados 31 artigos que atendiam a condição apresentada no passo 1 (aderência do conteúdo com relação a pergunta orientadora).

Após a análise desse conjunto final de artigos observaram-se os seguintes resultados:

- 75% dos trabalhos foram publicados nos últimos 5 anos do período analisado (2000 a 2010);
- 3 edições especiais sobre o tema foram compiladas:
 - *Risk Management in Operations. Production and Operations Management*, v. 14, n. 1, 2005;
 - *Risk Based Methods for Supply Chain Planning and Management. The Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, 2007;
 - *Risk issues in operations: methods and tools. Production Planning & Control*, v. 20, n. 4, 2009.
- Autores com o maior número de publicações:
 - Hallikas, J.: 2 artigos (*International Journal of Production Economics*);
 - Ritchie, B.: 2 artigos (*International Journal of Operations & Production Management* e *The Journal of the Operational Research Society*).

Estes resultados evidenciam que o tema gestão de riscos é recente e ainda está em consolidação no meio acadêmico. Esta afirmação é reforçada por Sodhi et al. (2012) que citam, como lacuna no tema, a inexistência de um consenso na definição do que é gestão de

riscos em cadeias de suprimentos. Colicchia e Strozzi (2012) mencionam também a existência de uma lacuna, entre os pesquisadores na área de gestão da cadeia de suprimentos, no entendimento da natureza da complexidade do gerenciamento de riscos.

No quadro 1 são apresentados os títulos dos periódicos, o ano de publicação e os autores dos artigos analisados por meio da técnica de revisão sistemática com meta-síntese.

Periódico		Ano de publicação e Autores											Total
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	31
1	Business Process Management Journal										Pujawan e Geraldin		1
2	Computers in Industry							Wu et al.					1
3	Interfaces									Nagali et al.			1
4	International Journal of Operations & Production Management								Ritchie e Brindley		Matook et al.		2
5	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management					Norrman e Jansson				Manuj e Mentzer			2
6	International Journal of Production Economics			Hallikas et al.		Hallikas et al.		Tang					3
7	International Journal of Risk Assessment & Management									Kara e Kayis			1
8	Journal of Manufacturing Technology Management							Cucchiella e Gastaldi					1
9	Journal of Operations Management										Braunscheidel e Suresh Knemeyer et al. Neiger et al.		3
10	Management Research News									Micheli et al.			1
11	Production and Operations Management						Gan et al. Kleindorfer e Saad Sodhi						3
12	Production Planning & Control										Xiea et al. Yang et al. Oehmen et al. Wu and Olson		4
13	Strategic Outsourcing: An International Journal									Li e Barnes			1
14	Supply Chain Management: An International Journal	Zsidisin et al.								Ellegaard	Blos et al.		3
15	The Journal of the Operational Research Society								Ritchie e Brindley Haksöz e Seshadri Tapiero e Kogan Datta et al.				4

Quadro 1 – Título dos periódicos, ano de publicação e autores dos artigos analisados.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2011).

2.2 Gestão de riscos em cadeias de suprimentos

Com o propósito de garantir a uniformidade no entendimento dos tópicos discutidos no escopo desta pesquisa, serão apresentadas, a seguir, as definições referenciadas dos principais conceitos necessários para o entendimento do contexto de gestão de riscos.

A gestão da cadeia de suprimentos considera a integração de todas as atividades associadas com a transformação e o fluxo de bens e serviços, desde as empresas fornecedoras de matéria-prima até o usuário final, incluindo o fluxo de informação, com o objetivo de conquistar uma vantagem competitiva sustentável (Ballou, 2006, p.28).

A gestão de riscos na cadeia de suprimentos (SCRM - *Supply Chain Risk Management*) é um conceito oriundo da preocupação das organizações com as vulnerabilidades e possíveis rupturas nos processos de suas cadeias de suprimentos.

A área de conhecimento de análise e gestão de riscos tem sua origem nas ciências econômicas e financeira. O desenvolvimento de conceitos e modelos para a análise de riscos financeiros em mercados de capitais possui extensa literatura e, serviu como referência para as primeiras aplicações em cadeias de suprimentos.

Dentre os principais autores da área financeira, que trataram a análise de riscos, destaca-se o pesquisador Harry Markowitz. Markowitz (1952) apresenta uma discussão sobre a diversificação e seleção de portfólio para aplicações financeiras, considerando a avaliação de risco e retorno. Este trabalho foi considerado como o marco inicial da economia financeira moderna e serviu como referência para o desenvolvimento de outros trabalhos nesta área (Lawson e Pike, 1979; Rubinstein, 2002).

A primeira onda de trabalhos sobre gestão de riscos aplicados a CS, oriundos da década de 1990, buscaram aplicar os conceitos utilizados nas áreas de economia e finanças para a análise de riscos considerando o tratamento de incertezas em operações logísticas globais (Kogut e Kulatilaka, 1994).

A partir do ano 2000, uma segunda onda de trabalhos em gerenciamento de riscos em CS tratou da consolidação dos conceitos sobre o tema, contemplando discussões sobre:

definição de gestão de riscos, classificação de riscos em CS, modelos de gestão de riscos em operações em CS e estratégias para a mitigação e definição de ações de contingência em gerenciamento de riscos (Manuj e Mentzer, 2008; Christopher e Peck, 2004; Tummala e Schoenherr, 2011; Christopher *et al.*, 2011).

Rao e Goldsby (2009) reforçam a importância do desenvolvimento de pesquisas no tema de gestão de riscos em CS, onde apresentam uma compilação dos principais trabalhos publicados sobre o tema no período de 1990 a 2007.

Para este trabalho ainda serão consideradas também as seguintes definições para incerteza e risco: incerteza será definida como a ausência de informação para a tomada de decisão em um evento específico, que reflete a ambiguidade na identificação das causas e soluções possíveis para este evento; risco será entendido como o resultado esperado de um evento incerto (Manuj e Mentzer, 2008).

Nos próximos tópicos serão discutidos em maior profundidade conceitos relacionados à gestão de riscos que suportarão o desenvolvimento deste trabalho.

2.2.1 Definição de gestão de riscos em cadeias de suprimentos

Jüttner *et al.* (2003) descrevem o processo de gestão de riscos como a identificação das potenciais fontes de risco e implementação de estratégias apropriadas por meio de uma abordagem coordenada entre os membros da cadeia de suprimentos para redução da variabilidade da cadeia.

Williams *et al.* (2006) definem a gestão de riscos como sendo o uso sistemático de processos ao longo de toda a organização para identificação, avaliação, gerenciamento e monitoramento dos riscos, de tal forma que a informação agregada, pode ser usada para proteger, liberar e criar valor.

Norrman e Lindroth (2004) afirmam que o conceito de SCRM trata-se da aplicação colaborativa de ferramentas de gestão de riscos entre os diversos parceiros da cadeia, de forma a lidar com os diferentes riscos e incertezas que afetam as atividades logísticas e os recursos por elas utilizados.

Tang (2006) define SCRM como o gerenciamento dos riscos em cadeias de suprimentos através da coordenação e colaboração entre os diversos parceiros da cadeia de forma a garantir a continuidade e lucratividades das operações.

Manuj e Mentzer (2008) estendem o conceito de gestão de riscos para cadeias de suprimentos com operações globais, caracterizando como sendo o processo de identificação e avaliação de riscos e respectivas perdas, com a aplicação de estratégias apropriadas que permitam coordenar de forma sustentável as operações logísticas entre os diferentes parceiros da CS.

Jüttner e Maklan (2011) discutem como se relacionam os conceitos de *Supply Chain Risk Management* - SCRM, *Supply Chain Vulnerability* – SCV e *Supply Chain Resilience* – SCRES. SCV é entendido como a medida de suscetibilidade da cadeia de suprimentos em relação à probabilidade de ocorrência e às consequências de um evento não desejado. SCRES é definido como a habilidade da cadeia de suprimentos em lidar com as consequências dos riscos indesejáveis, de forma a garantir o retorno da operação em uma configuração mais estável do que ao estado anterior a ocorrência do evento. A partir destas definições, os autores inferem que quanto menores forem as consequências negativas de um evento de risco na CS, menor será a vulnerabilidade da CS em relação a este risco e, correlacionam o SCV e o SCRES com o SCRM, em função da influência do nível de resiliência e da vulnerabilidade da cadeia na gestão dos riscos.

As definições anteriores apresentadas representam a essência dos diversos conceitos de gestão de riscos em cadeias de suprimentos encontradas na literatura. Neste trabalho será utilizado o conceito de SCRM definido pelos autores Manuj e Mentzer (2008) pela razão de o aplicarem no contexto de operações de cadeias de suprimentos globais.

2.2.2 Classificação de riscos em cadeias de suprimentos

A literatura em gestão de riscos em CS enumera diversas classificações para as fontes de riscos. A seguir serão apresentadas as classificações mais relevantes identificadas na revisão bibliográfica.

Tang (2006) argumenta que os problemas enfrentados atualmente (terremotos, ataques terroristas, furacões, proteções sanitárias, etc.), tornam a gestão de risco na cadeia de suprimentos um elemento chave para a perpetuação sustentável das organizações. O autor propõe uma divisão mais ampla dos riscos inerentes à cadeia de suprimentos, classificando-os em riscos operacionais e riscos disruptivos. A primeira categoria refere-se aos riscos relacionados às incertezas na gestão da cadeia, tais como: incertezas na demanda do mercado, nas operações de suprimento ou nas variações dos custos. A segunda categoria representa os riscos causados por desastres naturais como tsunamis, terremotos e tempestades, ou desastres causados pelo homem, como bolhas econômicas, crises financeiras, guerras, etc..

Manuj e Mentzer (2008) realizaram uma ampla investigação sobre gestão de riscos na cadeia de suprimentos e logística, e propuseram um modelo abrangente de gestão e mitigação de riscos para cadeias globais classificando os riscos em duas grandes categorias: riscos da rede ou cadeia (*network risks*) e riscos do ambiente (*environment risks*). Os riscos da rede estão relacionados com riscos internos à operação e, os riscos do ambiente relacionados a fatores externos que influenciam a CS.

Matook *et al.* (2009) apresentam uma classificação abrangente para diversos tipos de riscos, contemplando quanto à: variações de preços, natureza quantitativa ou qualitativa, tecnologia empregada, exposição econômica ou ambiental, gerenciamento e processos e, finalmente, riscos relacionados ao controle de estoques.

Olson e Wu (2010) relacionam os riscos segundo duas categorias: riscos internos (capacidade, operação e sistemas de informação) e riscos externos (naturais, políticos, regulatórios e de mercado).

Christopher e Peck (2004) classificam os riscos em CS em três categorias: riscos internos à empresa (processos e controles), riscos externos à empresa, porém internos a CS (demanda e fornecimento) e riscos externos à cadeia (ambiente).

A partir da análise das diferentes classificações de riscos na literatura, buscou-se para este trabalho a categorização que traduzisse de forma simples e objetiva os diferentes tipos de riscos. Desta forma adotou-se a classificação apresentada por Christopher e Peck (2004).

2.2.3 Modelos de gestão de riscos em cadeia de suprimentos

Os modelos de gestão de riscos apresentados na literatura traduzem, em sua essência, as seguintes etapas para o gerenciamento de riscos: identificação dos riscos; análise dos riscos, avaliação dos riscos; e, monitoramento dos riscos.

Entidades internacionais responsáveis pela definição de modelos e padrões de referência também apresentaram sugestões de modelos para a gestão de riscos. Em 2009 a *International Standard Organization- ISO* formalizou um modelo de referência com procedimentos para a gestão de riscos, a ISO 31000. O *Supply Chain Council - SCC* também apresentou uma atualização do seu modelo de referência em desempenho para a gestão da cadeia de suprimentos, *SCOR – Supply Chain Operations Reference Model*, contemplando uma abordagem para a gestão de riscos. Em linhas gerais ambos os modelos de gestão de riscos apresentados pela ISO e pelo SCOR seguem as mesmas diretrizes para o gerenciamento de riscos apresentadas na literatura.

O quadro 2 apresenta uma síntese dos principais modelos e/ou abordagens para a gestão de riscos encontradas na literatura.

Considerando a abrangência e representatividade, em face aos objetivos deste trabalho, será utilizada a abordagem de Tummala e Schoenherr (2011) como referência desta pesquisa.

Trabalho	Abordagem
Kleindorfer e Saad (2005)	Quatro passos: 1- Definir a natureza dos riscos; 2- Avaliação dos riscos; 3- Gerenciamento dos riscos; 4- Mitigação dos riscos.
Cucchiella e Gastaldi (2006)	Seis etapas: 1- Analisar a cadeia; 2- Identificar as fontes de incerteza; 3- Avaliar os riscos subsequentes; 4- Gerenciar os riscos; 5- Definir a estratégia mais adequada; 6- Implantar a estratégia.
Ritchie e Brindley (2007)	Cinco componentes: 1- Identificar as fontes de riscos; 2- Definir os direcionadores de riscos; 3- Definir as consequências dos riscos; 4- Gerenciar os riscos; 5- Avaliar os riscos.
Matook <i>et al.</i> (2009)	Cinco etapas: 1- Identificação dos riscos; 2- Avaliação dos riscos; 3- Definir a ação de mitigação; 4- Gerenciar os riscos; 5- Avaliar os riscos.
ISO 31000 (2009) <i>apud</i> Purdy (2010)	Cinco passos: 1- Definir o contexto de análise 2- Identificação dos riscos 3- Análise dos riscos 4- Avaliação dos riscos 5- Tratamento dos riscos
SCOR 10.0 (2010) <i>apud</i> Rotaru <i>et al.</i> (2014)	Cinco processos: 1- Gestão dos riscos no processo “Planejar” 2- Gestão de riscos no processo “Abastecer” 3- Gestão de riscos no processo “Produzir” 4- Gestão de riscos no processo “Distribuir” 5- Gestão de riscos no processo “Retornar”
Tummala and Schoenherr (2011)	Três fases: Fase 1: identificação, medição e avaliação dos riscos; Fase 2: análise e definição dos planos de mitigação e contingência; Fase 3: controle e monitoramento dos riscos.

Quadro 2 – Modelos de gestão de riscos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2013).

2.2.4 Estratégias para mitigação e contingência de riscos em cadeias de suprimentos

Na literatura sobre GR são apresentadas diferentes estratégias para a mitigação e contingência de riscos em cadeias de suprimentos. A seguir serão apresentados os principais conceitos relacionados a este tópico.

Christopher *et al.* (2006) definem uma taxinomia para definir estratégias de abastecimento conforme o tipo de demanda (previsível ou imprevisível) o os tempos (curtos ou longos) existentes na CS. De acordo com as características de demanda e tempos sugerem as seguintes estratégias: *lean* (abastecimento contínuo); *agile* (resposta rápida); *plan* (planejamento e execução); e, *lean + agile* (postergação das atividades).

Knemeyer *et al.* (2009) apresentam uma matriz para a seleção de estratégias de mitigação de riscos para situações de riscos originadas por catástrofes naturais. A partir do grau de impacto das perdas estimadas (alta ou baixa) e da probabilidade de ocorrência do evento catastrófico (alta ou baixa). São sugeridas as seguintes estratégias: aceitação dos riscos e perdas; implantação de medidas de mitigação de riscos; implantação de ações para mitigação das perdas; implantação de ações para mitigação de riscos e perdas.

Christopher *et al.* (2011) discutem possíveis estratégias para gerenciamento de riscos de fornecedores em CS. São apresentadas as seguintes ações para mitigar riscos em situações potenciais de ruptura por fornecedores: utilização de diferentes fornecedores para produtos e/ou serviços críticos, estabelecimento de relações de colaboração com os fornecedores, desenvolver a relação de confiança com os fornecedores, redesenho da rede de fontes de suprimentos (de forma a reduzir o impacto em caso de falha de fornecimento) e, criação de uma cultura voltada à gestão de riscos.

Manuj e Mentzer (2008) sugerem seis estratégias para gestão de riscos em cadeias globais, a saber: *postponement*: postergação de atividades da operação de CS (produção, montagem, separação e transferências); *speculation*: gerenciamento da aceitação de risco para determinadas operações; *hedging*: utilizar ações de proteção das variáveis críticas (ex.: contratar seguro para proteção de flutuações de câmbio, investir em múltiplos fornecedores para itens críticos na CS); *control/share/transfer*: controlar, dividir e transferir os riscos

identificados nas operações através da integração vertical da CS ou da utilização de contratos e acordos operacionais; *security*: atuação de forma proativa para mitigar situações como roubos, falhas em sistemas de informação e atrasos em áreas aduaneiras; e, *avoidance*: avaliação prévia antes de operar em determinados mercados / áreas geográficas ou mesmo para clientes específicos e, utilização de procedimentos de auditoria para acompanhar processos críticos na CS.

Para este trabalho as diferentes estratégias apresentadas na literatura servirão como uma primeira referência para a definição da estratégia adequada para a mitigação ou de contingência de riscos para as situações em análise.

2.3 Gestão de riscos em operações de transportes

A função transportes em planejamento de operações na cadeia de suprimentos tem o papel integrador entre os diversos elos, sendo a responsável por realizar a movimentação e/ou transferência física dos materiais, quer sejam matérias-primas, materiais semiacabados ou materiais acabados.

Devido à natureza intrínseca da função de transportes, onde o fator incerteza é um grande obstáculo para o cumprimento dos prazos programados para a execução, a gestão dos riscos inerentes à operação de transportes será condição necessária para o atingimento dos prazos e custos planejados nas movimentações e/ou transferências de materiais. Cabe ressaltar a relevância do gerenciamento apropriado do aspecto de custos associados a transportes, pois podem absorver até dois terços dos custos logísticos totais (Ballou, 2006, p. 149).

Este cenário de incertezas na função transportes torna-se ainda mais complexo quando avaliado no contexto de operações globais, em especial quando existe a transposição dos limites geográficos entre países, pois novas variáveis somam-se a este ambiente de exposição operacional como, por exemplo: participação de diversos agentes na execução das operações de movimentação física (transportadores, operadores logísticos, empresas aduaneiras, entidades fiscalizadoras públicas, órgãos regulatórios, etc.), utilização da combinação de diferentes modais de transportes (aéreo, marítimo, ferroviário e rodoviário), necessidade de observância das legislações e exigências regulatórias de acordo com a origem e destino dos materiais, avaliação dos aspectos financeiros relacionados à variações cambiais

e, acordos contratuais que regem a responsabilidade e garantia da integridade dos materiais movimentados (Dornier *et al.*, 2000, p. 508).

Sanchez-Rodrigues *et al.* (2010) classificam as fontes de incerteza em operações de transportes em cinco categorias a saber:

- a) Embarcador: incertezas relacionadas com variabilidades no fornecimento de matéria-prima, ou no processo produtivo ou na operação de expedição dos materiais;
- b) Cliente: incertezas oriundas em variações de demanda de consumo, ou no processo de colocação de pedidos ou por restrições de entrega no cliente (não cumprimento das janelas de entrega);
- c) Transportador: incertezas provenientes de falhas na operação como, por exemplo, quebra mecânica de veículos ou ausência de motoristas;
- d) Sistemas de controle: incertezas relacionadas com a falha dos sistemas de informação e/ou gerenciamento de informações de transportes (exemplo: sistemas de monitoramento e rastreamento de veículos).
- e) Ambiente externo: rupturas na operação de transportes oriundas de fatores fora do controle da operação como, por exemplo, congestionamentos, greves, etc..

Para o desenvolvimento deste trabalho será utilizada a referência das fontes de incerteza em operações de transportes apresentada por Sanchez-Rodrigues *et al.* (2010).

2.4 Relacionamentos, arranjos relacionais e gestão de riscos em cadeias de suprimentos

O tipo e o nível de maturidade nos relacionamentos existentes entre os diversos elos em uma cadeia de suprimentos podem influenciar no desempenho obtido no gerenciamento das operações. O nível de compartilhamento de informações entre os elos, a definição de acordos de nível de serviço, bem como a delimitação do escopo de atuação e responsabilidades são fatores que influenciam o nível de incerteza nas operações, e por

consequência, o gerenciamento dos riscos envolvidos na cadeia (Bask, 2001; Fantazy *et al.*, 2009; Zelbst *et al.*, 2009).

Arranjos relacionais podem ser caracterizados como os relacionamentos existentes entre os diversos elos e/ou agentes em CS. Estes relacionamentos são analisados por diferentes perspectivas: custo transacional, recursos e estrutura disponíveis. O grau de relacionamento entre os agentes é influenciado segundo o nível de formalização da relação (existência de instrumentos como, por exemplo, contratos e acordos de operação), o número de interações entre as organizações conforme o nível de troca de informações entre os elos da CS, e os benefícios e riscos envolvidos (Loureiro e Lima Júnior, 2010).

Lima Júnior (2007) afirma que o comportamento entre os agentes em um arranjo relacional é definido através da análise de três perspectivas (forças): dinheiro, poder e confiança (modelo MPT – *Money, Power and Trust*).

Santos Júnior *et al.* (2013) expandiram o conceito do modelo MPT (Lima Júnior, 2007) considerando o viés de gestão de riscos, a partir das forças e das três classes de elementos que influenciam o grau de relacionamento entre os agentes na CS (Loureiro e Lima Júnior, 2010). Neste modelo busca-se identificar, através da força predominante no relacionamento entre os agentes, quais as diretrizes e mecanismos mais adequados para a gestão de riscos para a operação em análise. A figura 9 apresenta o modelo MPT expandindo para gestão de riscos.

O modelo apresentado por Santos Júnior *et al.* (2013) será utilizado neste trabalho para identificar a força e elemento influenciador do relacionamento preponderante entre os elos da CS nos casos que serão avaliados.

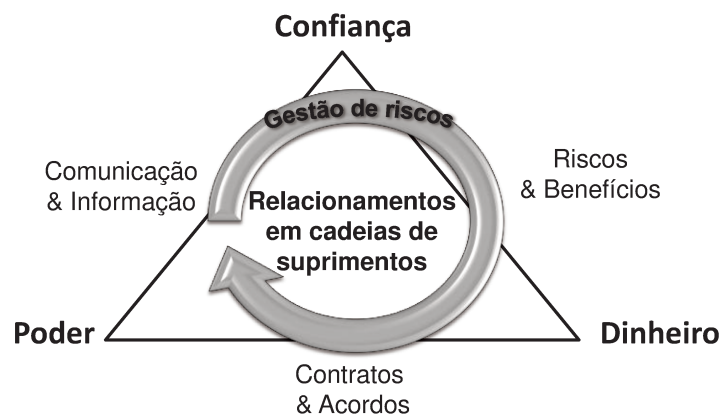


Figura 9 – Modelo MPT expandido para gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

Fonte: Adaptado de Santos Júnior *et al.* (2013).

2.5 Modelagem em gestão de riscos em cadeias de suprimentos

Os processos de gestão em cadeias de suprimentos têm se valido da área do conhecimento de Sistemas de Apoio à Decisão, com o emprego de modelos matemáticos determinísticos e probabilísticos, para representação e análise de processos em gestão de riscos.

As ferramentas mais comumente utilizadas se baseiam em técnicas estatísticas, técnicas de simulação e de programação matemática (modelos determinísticos). Técnicas disponíveis oriundas das lógicas clássica e não-clássica, como por exemplo, a lógica indutiva (ex.: Teoria da Probabilidade), a lógica Polivalente (ex.: lógica *Fuzzy*) e a lógica de Contradições (ex.: lógica Paraconsistente) passaram também a serem empregadas principalmente no suporte de decisões no âmbito de aplicações em ambientes de incerteza (Carvalho e Abe, 2011, p.18).

A teoria da probabilidade tem sido amplamente empregada para a avaliação de diferentes tipos de riscos em processos em gestão da cadeia de suprimentos. Através da elaboração de um mapa de eventos de riscos, realiza-se uma análise bidimensional considerando os parâmetros de probabilidade de ocorrência de um determinado evento *versus* o grau de impacto associado a este mesmo evento de risco, cujos valores são levantados a partir de avaliações de especialistas, definindo regiões de maior e de menor criticidade dos

eventos de riscos analisados, conforme apresentado na figura 10 (Waters, 2011, p.138). A utilização desta técnica apresenta a limitação de não considerar possíveis contradições entre as informações levantadas com os especialistas, sujeitas a interferência nas avaliações em função da experiência, pressão por resultados, indisponibilidade de informações para análise e até mesmo valores culturais (Waters, 2011, p.17).

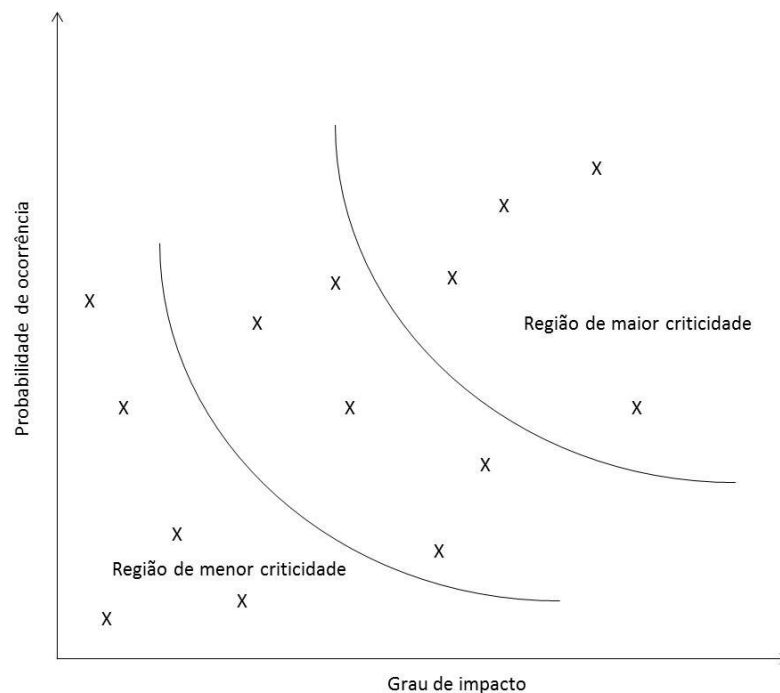


Figura 10 – Exemplo de mapa de riscos

Fonte: Adaptado de Waters (2011).

A lógica *Fuzzy* possibilita incorporar o tratamento de imprecisões no processo de levantamento de informações por especialistas e, em combinação com outras técnicas (ex.: AHP - *Analytical Hierarchy Process*), tem sido empregada para a avaliação de riscos em cadeias de suprimentos. Ganguly e Guin (2013) apresentam um procedimento para a avaliação de riscos de fornecedores em cadeias de suprimentos utilizando a técnica AHP-*Fuzzy*. Citam também aplicações realizadas por outros autores, da mesma técnica em processos de análise de riscos para a seleção de fornecedores em CS.

No quadro 3 é apresentado um resumo de trabalhos identificados na literatura de análise e avaliação de riscos em diferentes processos em gestão da cadeia de suprimentos, que utilizaram estes conceitos e técnicas, contemplando uma breve descrição da técnica utilizada,

o objetivo e a aplicação realizada. Dada a disponibilidade de técnicas disponíveis na literatura para modelagem de processos de gerenciamento de riscos em CS, o desafio é selecionar a técnica mais apropriada para a situação que se deseja modelar.

No contexto de gestão de riscos em CS, o conceito de incerteza nos processos de planejamento, as imprecisões comumente encontradas nas bases de informações disponíveis e as contradições presentes nos julgamentos dos agentes tomadores de decisão requerem uma abordagem apropriada. Desta forma o emprego da lógica de contradições, em especial da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_τ (LPAE $_\tau$), mostrou-se com potencial para aplicação na tratativa de gestão de riscos no planejamento de operações de transportes em CS.

A LPAE $_\tau$ é uma ferramenta oriunda da classe de lógica paraconsistente anotada, que teve como um dos precursores o pesquisador brasileiro Newton Carneiro Affonso da Costa (da Costa, 1998), tendo sido empregada em processos de suporte à decisão em diferentes áreas do conhecimento: avaliação de projeto de instalação fabril (Carvalho *et al.*, 2003); avaliação do processo de implantação de sistema de gestão ambiental (Bispo e Cazarini, 2006); gerenciamento de riscos em uma fábrica de softwares (Montini *et al.*, 2009) suporte para análise de competição em mercados (Domingues *et al.*, 2004); decisão de investimento em uma instituição de ensino (Dill, 2011); suporte para avaliação de diagnósticos na área de saúde (Gutierrez *et al.*, 2011; de Oliveira *et al.*, 2011).

Todos os casos de aplicação citados tinham por característica a presença de dados e informações imprecisas, inconsistentes e contraditórias (paracompletas). Em situações desta natureza o emprego da LPAE $_\tau$ tem apresentado bons resultados (Carvalho e Abe, 2011, p.91). Os resultados obtidos com a aplicação da LPAE $_\tau$ nos exemplos mencionados anteriormente, também foram satisfatórios, conforme evidenciado pelos seus respectivos autores.

Para este trabalho será utilizada a técnica LPAE $_\tau$, considerando o potencial de aplicação nos processos de gestão de riscos em planejamento de operações de transportes, devido à similaridade das aplicações já realizadas com base nesta técnica em diferentes áreas do conhecimento, em relação à tratativa das incertezas, imprecisões e do senso de julgamento de diferentes agentes decisores.

Autor	Técnica utilizada	Objetivo	Aplicação
Gordon e Hayward (1968)	Método de impactos cruzados	Determinar o impacto de eventos combinados em ambientes de incerteza	Modelos de previsão de demanda e elaboração de cenários de planejamento estratégico
Cucchiella e Gastaldi (2006)	Opções reais	Avaliar e analisar riscos de fornecimento	Avaliação de cenários sujeito a variações de capacidade de produção e flutuações de preços.
Wu <i>et al.</i> (2006)	Análise multi-variada e AHP (<i>Analytical Hierarchy Process</i>)	Avaliar e analisar riscos de fornecedores	Avaliação de desempenho de fornecedores
Towill e Disney (2008)	Dinâmica de sistemas	avaliar os custos de entrega do produto quando ocorrência do efeito chicote (<i>bullwhip effect</i>)	Avaliação do impacto nos níveis de estoques no processo de reabastecimento de materiais
Kara e Kayis (2008)	Dinâmica de sistemas	Gerar cenários de avaliação de riscos para tomada de decisão	Avaliação do grau de relacionamento entre fornecedores e clientes
Wu e Olson (2008)	Análise multi-variada e DEA – <i>Data Envelopment Analysis</i>	Avaliar critérios para a seleção de fornecedores segundo uma visão de minimização de riscos	Seleção de fornecedores considerando a análise de custos, qualidade do produto e cumprimento de prazos de entrega
Knemeyer <i>et al.</i> (2009)	Teoria da probabilidade	Quantificar riscos originados em catástrofes naturais	Avaliação e redefinição de redes logísticas
You <i>et al.</i> (2009)	Simulação	Gerar cenários de planejamento para auxílio na tomada de decisão em ambientes de incerteza de demanda	Gestão de demanda e na gestão de fretes em operações de transportes
Oehmen <i>et al.</i> (2009)	Teoria de sistemas	Avaliar riscos de fornecedores em cadeias de suprimentos	Processo de planejamento de compras e produção
Pujawan e Geraldin (2009)	Teoria da probabilidade, combinada com o conceito da matriz QFD – <i>Quality Function</i>	Quantificar o grau dos riscos identificados segundo a probabilidade de ocorrência e o nível de impacto	Processos de planejamento de demanda, compras, produção, transportes e logística reversa
Ganguly e Guin (2013)	AHP e Teoria <i>Fuzzy</i>	Avaliar riscos de fornecedores em cadeias de suprimentos utilizando a combinação AHP- <i>Fuzzy</i> para o tratamento de incertezas	Avaliação de riscos de fornecedores

Quadro 3 – Trabalhos da literatura com aplicações de modelos matemáticos em gestão de riscos na cadeia de suprimentos

Fonte: o Autor.

2.6 Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_τ (LPAE $_\tau$)

O método da lógica paraconsistente anotada evidencial E_τ estabelece proposições e busca parametrizá-las de forma a avaliar os fatores de maior influência na tomada de decisão, através da atribuição de um grau de concordância ou crença e um grau de discordância ou descrença.

De forma intuitiva para cada proposição (**p**) associa-se um par ordenado $(\mu_1; \mu_2)$, onde μ_1 representa o grau de evidência favorável (grau de crença) expresso em (**p**) e, μ_2 representa o grau de evidência contrária (grau de descrença) em (**p**). O par ordenado μ $(\mu_1; \mu_2)$ é denominado de constante de anotação, com μ_1 e μ_2 pertencente ao intervalo fechado $[0;1]$. A combinação dos valores extremos do par ordenado $(\mu_1; \mu_2)$, neste sistema cartesiano, também denominado de reticulado das anotações ou quadrado unitário do plano cartesiano - QUPC, geram os seguintes estados extremos:

- i. $\mathbf{p}_{(1; 0)}$: estado que representa a crença total e nenhuma descrença (estado lógico “Verdade - V”);
- ii. $\mathbf{p}_{(0; 1)}$: estado que representa nenhuma crença e descrença total (estado lógico “Falsidade - F”);
- iii. $\mathbf{p}_{(1; 1)}$: estado que representa simultaneamente crença e descrença totais (estado lógico “Inconsistência - $\top$ ”)
- iv. $\mathbf{p}_{(0; 0)}$: estado que indica ausência total de crença e descrença (estado lógico de “Paracompleteza ou Indeterminação - $\perp$ ”);
- v. $\mathbf{p}_{(0,5; 0,5)}$: estado que indica que a proposição é indefinida (estado lógico de “Indefinida”).

O QUPC pode ser dividido em 12 regiões (resoluções) que cobrem as diversas possibilidades de decisão (algoritmo para-analisador) da constante de anotação μ no intervalo $[0;1]$. Segundo o QUPC de resolução igual a 12 e nível de exigência (**k**), pode-se definir:

- Grau de contradição: $G_{\text{contr}} = \mu_1 + \mu_2 - 1$, onde $-1 \leq G_{\text{contr}} \leq 1$;
- Grau de certeza: $H_{\text{cert}} = \mu_1 + \mu_2$, onde $-1 \leq H_{\text{cert}} \leq 1$;
- Linha limite de verdade (V): segmento PQ, tal que $H_{\text{cert}} = k$;

- Linha limite de falsidade (F): segmento TU, tal que $H_{cert} = -k$;
- Linha limite de paracompleteza ($\perp$): segmento MN, tal que $G_{contr} = -k$;
- Linha limite de inconsistência ($\perp$): segmento RS, tal que $G_{contr} = k$;

A figura 11 apresenta o QUPC e as delimitações de cada estado lógico.

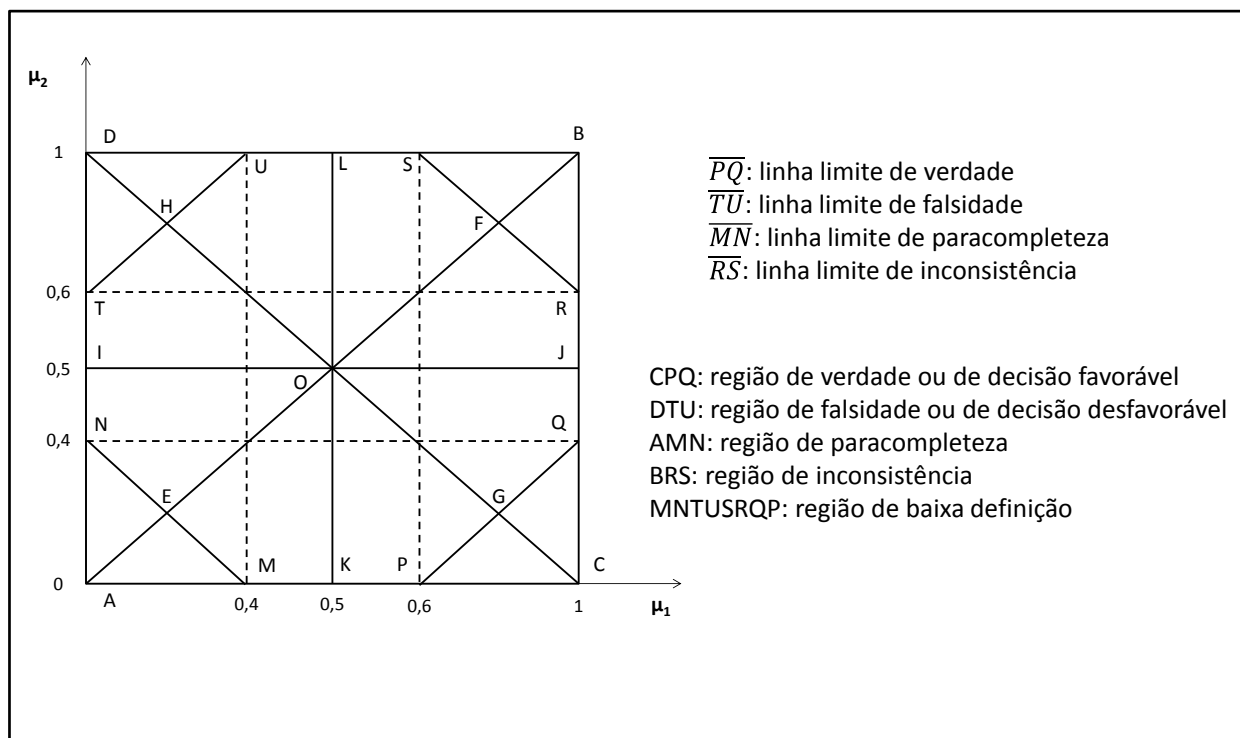


Figura 11 - Quadrado unitário do plano cartesiano – QUPC (nível de exigência k igual a 0,60)

Fonte: adaptado de Carvalho e Abe (2011)

Através da aplicação de regras de maximização (operador “OR”) e minimização (operador “AND”) da $LPAE_{\tau}$ avaliam-se, segundo o grau ou nível de exigência adotado (k), em quais regiões do QUPC os fatores de influência foram classificados, definindo se os cenários de análise por fator de influência são favoráveis, desfavoráveis ou não conclusivos. Busca-se com este recurso identificar possíveis inconsistências na base de dados coletada, avaliando até que ponto são válidas para a tomada de decisão.

Carvalho e Abe (2011, p.60) apresenta um procedimento para a aplicação da ferramenta da $LPAE_{\tau}$, denominado Método Paraconsistente de Decisão - MPD, segundo oito etapas, conforme apresentado na figura 12. A seguir será apresentado o detalhamento das etapas para a aplicação do MPD.

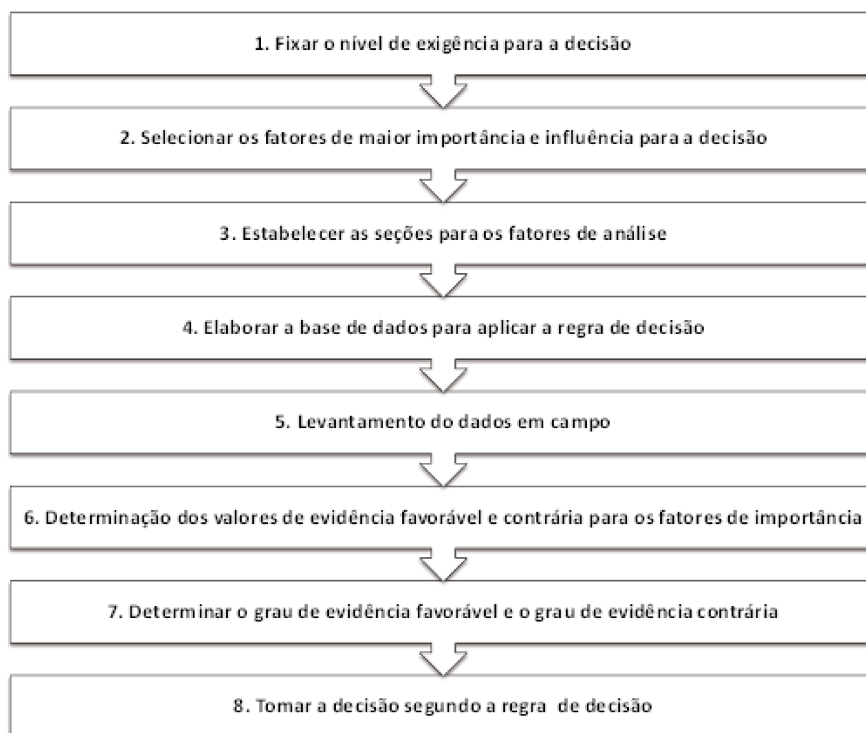


Figura 12 – Método paraconsistente de decisão - MPD

Fonte: adaptado de Carvalho e Abe (2011)

2.6.1 Fixação do nível de exigência

O nível ou grau de exigência (**k**) representa o grau de segurança desejado para a análise dos fatores de influência. A definição deste valor implica na fixação das regiões de decisão para o algoritmo para-analisador. Sendo x o valor do nível de exigência e $x \in [0;1]$, temos:

- i. $k \geq (x) \Rightarrow$ decisão favorável;
- ii. $k \leq - (x) \Rightarrow$ decisão desfavorável;
- iii. $- (x) < k < (x) \Rightarrow$ não conclusivo.

O nível de exigência deverá refletir a importância do objeto de análise e suas respectivas responsabilidades (montante de investimento, risco para vidas humanas, penalidades previstas em caso de não cumprimento de contrato, etc.).

2.6.2 Seleção dos fatores de influência

Os fatores de influência representam os elementos mais relevantes e de maior influência do objeto de análise. A representatividade destes fatores interfere fortemente na viabilidade do objeto (decisão favorável). Nesta etapa devem ser selecionados os (**n**) fatores F_i , sendo $1 \leq i \leq n$.

2.6.3 Estabelecimento das seções para os fatores de análise

As seções (**S**) ou faixas estabelecem as condições em que cada fator será encontrado. Nesta etapa devem ser definidas as **s** seções (S_j), sendo $1 \leq j \leq s$, para avaliação dos fatores de análise. Por exemplo, caso sejam consideradas 3 seções para análise ($s = 3$), teremos:

- i. $S_1 \Rightarrow$ fator está em condição favorável ao objeto de análise;
- ii. $S_2 \Rightarrow$ fator está em condição indiferente ao objeto de análise;
- iii. $S_3 \Rightarrow$ fator está em condição desfavorável ao objeto de análise.

2.6.4 Elaboração da base de dados

Neste passo deverão ser atribuídos pelo conjunto de **m** especialistas (E_w) onde $1 \leq w \leq m$, o grau de crença (μ_1) e o grau de descrença (μ_2) para cada um dos fatores de influência F_i em suas respectivas seções (S_j).

É recomendada a utilização de ao menos 4 especialistas na atribuição dos graus de crença e descrença e que ainda sejam considerados pesos conforme as categorias de especialistas. Por exemplo, deve-se classificar em grupos os especialistas com características comuns (ex.: nível de experiência, nível hierárquico, nível de conhecimento, etc.). Desta forma são determinados os pesos (P_i) segundo uma média ponderada, conforme a expressão abaixo:

$$P_i = \frac{\sum_{w=1}^m r_w q_{i,w}}{\sum_{w=1}^m r_w}$$

Onde:

- r_w : peso atribuído ao especialista E_w ;
- $q_{i,w}$: peso atribuído pelo especialista w ao fator i ;

2.6.5 Levantamento dos dados

Nesta etapa deve ser realizada a pesquisa de campo para o levantamento das informações junto ao grupo de especialistas. Sugere-se a utilização de um procedimento estruturado para a elaboração e aplicação de questionário de levantamento de opinião.

Ao final deste passo será elaborada a matriz de dados pesquisados (M_{DPq}) para o cálculo das anotações resultantes segundo a lógica $LPAE_\tau$. A matriz M_{DPq} terá o formato apresentado no quadro 4.

			E1	E2	E3	E4
Fator F1	P1	Seção S1	$\mu_{1,1,1}$	$\mu_{1,1,2}$	$\mu_{1,1,3}$	$\mu_{1,1,4}$
		Seção S2	$\mu_{1,2,1}$	$\mu_{1,2,2}$	$\mu_{1,2,3}$	$\mu_{1,2,4}$
		Seção S3	$\mu_{1,3,1}$	$\mu_{1,3,2}$	$\mu_{1,3,3}$	$\mu_{1,3,4}$
Fator F2	P2	Seção S1	$\mu_{2,1,1}$	$\mu_{2,1,2}$	$\mu_{2,1,3}$	$\mu_{2,1,4}$
		Seção S2	$\mu_{2,2,1}$	$\mu_{2,2,2}$	$\mu_{2,2,3}$	$\mu_{2,2,4}$
		Seção S3	$\mu_{2,3,1}$	$\mu_{2,3,2}$	$\mu_{2,3,3}$	$\mu_{2,3,4}$
Fator F3	P3	Seção S1	$\mu_{3,1,1}$	$\mu_{3,1,2}$	$\mu_{3,1,3}$	$\mu_{3,1,4}$
		Seção S2	$\mu_{3,2,1}$	$\mu_{3,2,2}$	$\mu_{3,2,3}$	$\mu_{3,2,4}$
		Seção S3	$\mu_{3,3,1}$	$\mu_{3,3,2}$	$\mu_{3,3,3}$	$\mu_{3,3,4}$
Fator F4	P4	Seção S1	$\mu_{4,1,1}$	$\mu_{4,1,2}$	$\mu_{4,1,3}$	$\mu_{4,1,4}$
		Seção S2	$\mu_{4,2,1}$	$\mu_{4,2,2}$	$\mu_{4,2,3}$	$\mu_{4,2,4}$
		Seção S3	$\mu_{4,3,1}$	$\mu_{4,3,2}$	$\mu_{4,3,3}$	$\mu_{4,3,4}$
Fator F5	P5	Seção S1	$\mu_{5,1,1}$	$\mu_{5,1,2}$	$\mu_{5,1,3}$	$\mu_{5,1,4}$
		Seção S2	$\mu_{5,2,1}$	$\mu_{5,2,2}$	$\mu_{5,2,3}$	$\mu_{5,2,4}$
		Seção S3	$\mu_{5,3,1}$	$\mu_{5,3,2}$	$\mu_{5,3,3}$	$\mu_{5,3,4}$

Quadro 4 – Exemplo de formato da matriz de dados pesquisados – MD_{pq}

Fonte: adaptado de Carvalho e Abe (2011)

2.6.6 Determinação dos valores de evidência favorável e contrária

Neste passo deverão ser aplicadas de regras de maximização (operador “OR”) e minimização (operador “AND”) para o cálculo dos valores de evidência favorável (μ_{1R}) e contrária resultantes (μ_{2R}). A utilização destas regras obedece ao critério de maximização do grau de certeza de um conjunto de anotações para especialistas da mesma categoria e, ao critério de minimização do grau de certeza de um conjunto de anotações para especialistas de diferentes categorias.

A combinação dos operadores lógicos deve considerar a estratificação (categorias) do grupo de especialistas de forma a garantir que:

- a existência de um especialista dentro de cada grupo com condição favorável seja suficiente para se considerar o resultado do grupo como satisfatório;
- a existência de tantos grupos quanto for o número mínimo de especialistas que devem ter condições favoráveis para se considerar o resultado da pesquisa como satisfatório.

Na figura 13 é apresentado o esquema de aplicação dos operadores “OR” e “AND”.

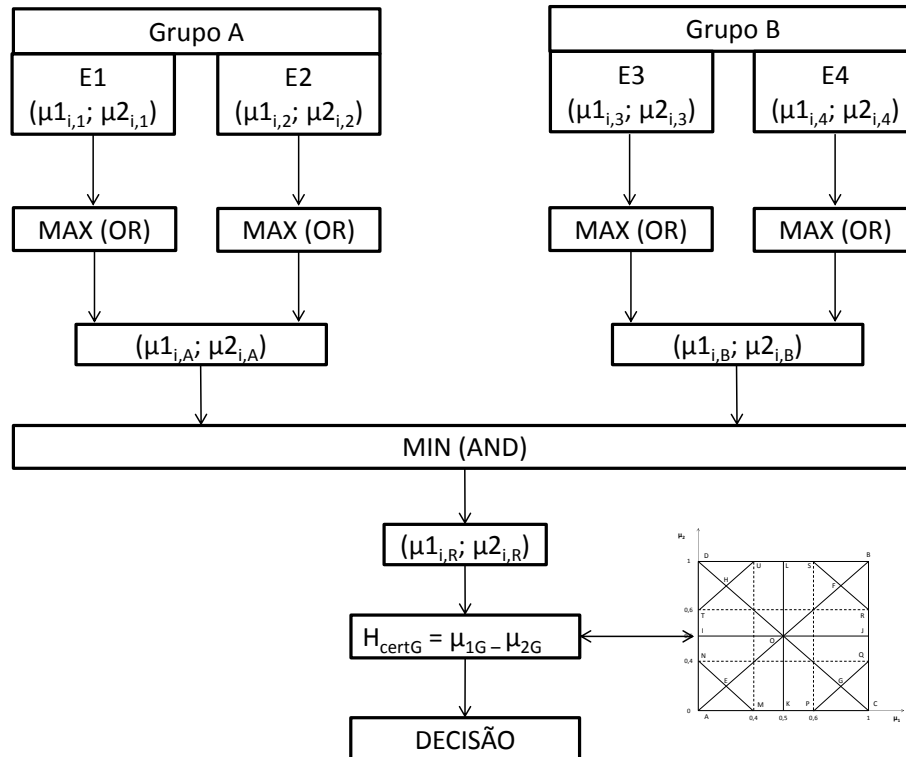


Figura 13 – Esquema de aplicação dos operadores MAX e MIN

Fonte: adaptado de Carvalho e Abe (2011).

2.6.7 Determinação dos graus de evidência favorável e contrária

Nesta etapa são determinados os graus de evidência favorável (μ_{1G}) e evidência contrária (μ_{2G}) do conjunto de fatores, através da determinação do baricentro (G).

O grau de evidência favorável do baricentro é determinado através da média ponderada das evidências favoráveis resultantes. De forma análoga é calculado o grau de evidência contrária do baricentro. A seguir são apresentadas as formulações para o cálculo dos graus de evidência favorável e contrária do baricentro.

$$\mu_{1G} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \mu_{1i,R}}{\sum_{i=1}^n P_i}, \text{ onde:}$$

- P_i : peso atribuído pelos especialistas aos fatores de influência F_i ;
- μ_{iR} : grau de evidência favorável resultante i .

$$\mu_{2G} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \mu_{2i,R}}{\sum_{i=1}^n P_i}, \text{ onde:}$$

- P_i : peso atribuído pelos especialistas aos fatores de influência F_i ;
- μ_{2R} : grau de evidência contrária resultante i .

2.6.8 Tomada de decisão

Para a decisão final quanto à viabilidade ou inviabilidade do objeto em análise utiliza-se a aplicação da regra de decisão baseada no algoritmo para-analisador, determinando o grau de certeza do baricentro (G), através da seguinte formulação:

$$H_{\text{certG}} = \mu_{1G} - \mu_{2G}, \text{ onde:}$$

- H_{certG} : grau de certeza do baricentro (G)

Para a tomada de decisão utiliza-se a seguinte referência:

- Se, $H_{\text{certG}} \geq k \Rightarrow$ decisão favorável;
- Se, $H_{\text{certG}} \leq -k \Rightarrow$ decisão desfavorável;
- Se, $-k < H_{\text{certG}} < k \Rightarrow$ decisão não conclusiva.

2.7 Considerações sobre o referencial teórico

A partir da revisão bibliográfica realizada, através do método de revisão sistemática e do levantamento dos conceitos relacionados ao tema de gestão de riscos no planejamento de operações em cadeias de suprimentos globais, em particular no processo de planejamento de transportes, foram apresentados, avaliados e referenciados os tópicos mais relevantes que embasaram esta pesquisa.

O tema de gestão de riscos é amplo e complexo, sendo importante considerar para o entendimento do objeto de pesquisa, as particularidades e nuances que podem interferir na elaboração de uma proposta para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes em operações globais. Por exemplo, nas situações identificadas durante a

revisão bibliográfica, percebe-se a dificuldade em modelar e tratar a interferência dos diferentes eventos de risco num ambiente caracterizado por incertezas. A combinação de resultados possíveis dos diferentes eventos identificados, bem como o caráter dinâmico das variáveis relacionadas, eleva o grau de dificuldade para a análise e avaliação dos impactos gerados.

Neste contexto a definição de estratégias de mitigação ou de contingência de riscos em CS, em particular em operações globais, depende dos riscos envolvidos na cadeia, dos recursos disponíveis (humanos, financeiros, infraestrutura, etc.), como também de aspectos regulatórios (leis e tratados entre diferentes países) e culturais dos países e organizações (maior ou menor aversão a risco). Desta forma, as estratégias de mitigação ou de contingência deverão ser elaboradas para cada situação de risco em análise, considerando todos os aspectos apresentados.

A necessidade de uma abordagem apropriada para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes em nível global é mais evidente quando ainda consideradas a incerteza inerente aos processos de planejamento, as imprecisões comumente encontradas nas bases de informações disponíveis e as contradições presentes nos julgamentos dos agentes tomadores de decisão. Assim o emprego da lógica de contradições, em especial da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_t (LPAE $_t$), mostrou-se com potencial para aplicação na tratativa de gestão de riscos no planejamento de operações de transportes em CS.

No capítulo de metodologia será apresentada e detalhada a abordagem proposta neste trabalho para a modelagem de processos de gestão de riscos em planejamento de transportes em operações globais.

3 Metodologia

Nesta seção é descrita a metodologia proposta para este trabalho, tendo por referência a pergunta direcionadora (P1) e as hipóteses da pesquisa (H1 e H2), bem como os conceitos e definições apresentados na revisão bibliográfica.

O modelo da pesquisa foi estruturado conforme o fluxograma de atividades apresentado na figura 14. Para cada uma das atividades planejadas é apresentada a referência nos capítulos do trabalho, conforme o quadro 5.

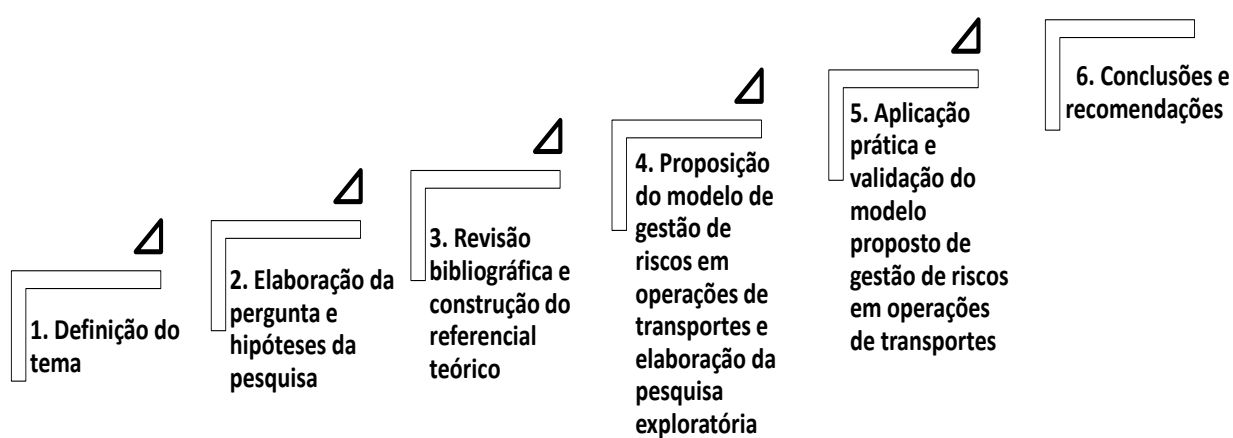


Figura 14 – Fluxograma com a descrição das atividades realizadas na pesquisa

Fonte: o Autor

Metodologia – Fluxograma de atividades	Referência desenvolvida na pesquisa
Etapa 1 – Definição do tema e objetivo do trabalho	Capítulo 1, itens 1.1 e 1.3
Etapa 2 – Elaboração da pergunta e hipóteses da pesquisa	Capítulo 1, item 1.2
Etapa 3 – Revisão bibliográfica e construção do referencial teórico	Capítulo 2
Etapa 4 – Proposição do modelo de gestão de riscos em operações de planejamento de transportes e elaboração da pesquisa exploratória	Capítulo 3
Etapa 5 – Aplicação prática e validação do modelo proposto	Capítulos 4 e 5
Etapa 6 – Conclusões e recomendações	Capítulo 6

Quadro 5 – Fluxograma de atividades e referências desenvolvidas na pesquisa

Fonte: o Autor

Considerando que o tema gestão de riscos em CS é um conceito ainda em desenvolvimento, conforme evidenciado nos capítulos 1 (no tópico 1.2 sobre a justificativa do trabalho) e 2 (revisão bibliográfica), definiu-se utilizar uma abordagem de pesquisa exploratória com uma aplicação prática para validação da metodologia proposta.

A partir de um modelo conceitual proposto para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes, buscou-se, através do método de pesquisa exploratória, identificar as percepções de um grupo de especialistas, através de um levantamento de opinião, segundo um modelo proposto de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes.

Para validar a aplicação utilizou-se um caso real de planejamento de operações de transportes, em uma empresa do segmento do agronegócio, no fluxo de importação de produtos entre Brasil e Alemanha.

A seguir serão detalhados os elementos da etapa 4 da abordagem proposta: o modelo de gestão de riscos em planejamento de operações de transportes e a elaboração da pesquisa exploratória.

3.1 Modelo proposto para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes

O modelo proposto de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes baseia-se no modelo desenvolvido por Tummala e Schoenherr (2011). Este modelo foi adaptado por Santos Júnior *et al.* (2013), incorporando a avaliação do tipo de relacionamento existente entre os elos da CS, segundo o modelo MPT – *Money, Power and Trust* (Lima Júnior, 2007).

Incluiu-se também uma abordagem para a análise dos riscos, considerando a particularidade da incerteza nos processos de planejamento de operações de transportes e do senso de julgamento os tomadores de decisão nos diferentes níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional. Esta abordagem utilizou como referência a análise e classificação dos eventos de riscos, a partir da elaboração do mapa de riscos (Waters, 2011), combinado com a técnica da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_{τ} (LPAE $_{\tau}$) (da Costa, 1998; Carvalho e Abe, 2011).

A combinação destas duas técnicas apresenta uma nova abordagem que busca considerar, além da análise dos eventos de riscos, segundo a probabilidade de ocorrência *versus* o grau de impacto associados aos eventos identificados (mapa de riscos), a análise do grau de concordância ou crença (evidência favorável) / discordância ou descrença (evidência contrária) entre as percepções dos especialistas envolvidos, através da aplicação da ferramenta da LPAE $_{\tau}$. A aplicação destas técnicas combinadas no modelo de gestão de riscos para o processo de planejamento de transportes caracteriza-se como uma relevante contribuição deste projeto de pesquisa.

A figura 15 apresenta a abordagem proposta para o processo de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes. As três fases apresentadas no modelo serão descritas a seguir.

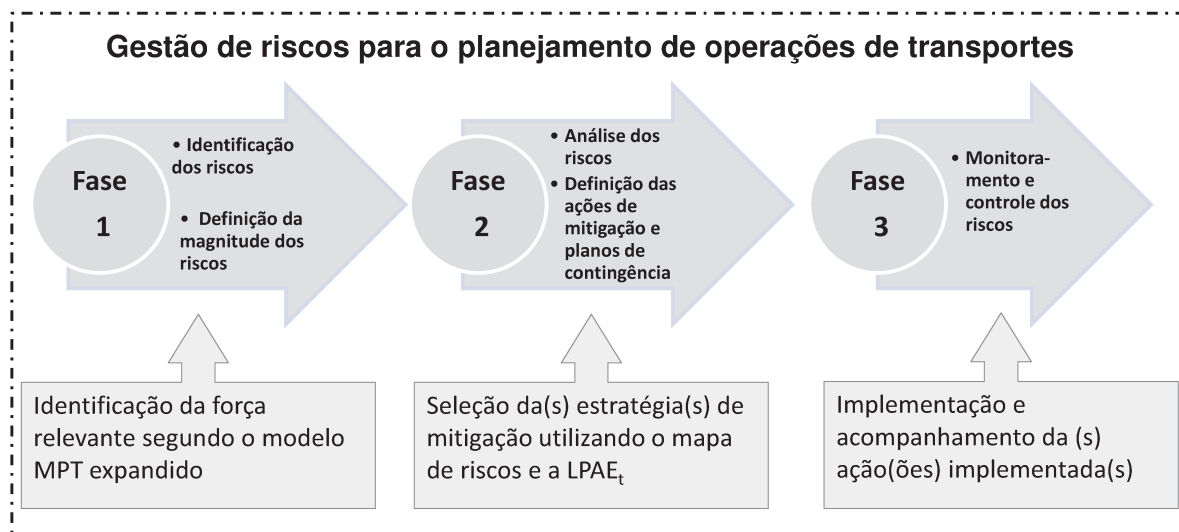


Figura 15 – Abordagem proposta para a gestão de riscos no planejamento de operações de transportes.

Fonte: o Autor.

3.1.1 Fase 1 – Identificação e definição da magnitude dos riscos

Os riscos relacionados à operação de transportes foram mapeados segundo a referência das fontes de riscos em operações de transportes descritas por Sanchez-Rodrigues *et al.* (2010).

Para a definição da magnitude dos riscos identificados foram utilizados dois parâmetros: o grau de impacto e a probabilidade de ocorrência dos eventos associados aos riscos mapeados. Estes parâmetros foram capturados através da aplicação de questionário de pesquisa com os especialistas responsáveis pelo planejamento da operação de transportes, em diferentes níveis hierárquicos de tomada de decisão.

O grau de impacto representa a magnitude do evento na operação de transportes, segundo a percepção dos especialistas. A probabilidade de ocorrência representa a chance de ocorrência de determinado evento, também segundo a percepção dos especialistas. Ambos os

parâmetros utilizarão uma escala de avaliação não comparativa por itens (escala Likert³), considerando a medição dos atributos em cinco graus/níveis de concordância.

Os riscos identificados são ainda classificados a partir da proposta sugerida por Christopher e Peck (2004), adotada como referência para este trabalho (interno à empresa; externo à empresa e interno à CS; e, externo à CS).

Com o mapeamento realizado identificou-se a força relevante segundo o modelo MPT expandido (Santos Júnior *et al.*, 2013). O mapeamento da força preponderante no relacionamento entre os elos da cadeia de suprimentos, envolvidos na operação de transportes, será relevante para identificar as classes de elementos que influenciam o comportamento entre os mesmos (comunicação e informação; acordos e contratos; e, benefícios e riscos). Estes atributos do modelo MPT expandido deverão ser considerados quando da proposição da estratégia de mitigação de riscos para as operações de transportes.

3.1.2 Fase 2 – Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência

Na fase 2 é elaborado o mapa de riscos, através da correlação entre a probabilidade de ocorrência e o grau de impacto associado a determinado evento no processo de planejamento de transportes, utilizando a referência de Waters (2011).

Para a elaboração do mapa de riscos, os eventos foram classificados conforme a fonte de risco: embarcador, cliente, transportador, sistemas de controle e ambiente externo (Sanchez-Rodrigues *et al.*, 2010). Ao final é gerada uma matriz que apresenta os eventos mapeados segundo as regiões de criticidade, conforme a probabilidade de ocorrência *versus* o grau de impacto.

Para a proposição das ações de mitigação, utiliza-se a referência da força predominante segundo o modelo MPT adaptado, e a partir das estratégias sugeridas para avaliação dos especialistas, ou mesmo as estratégias capturadas no levantamento realizado,

³ Escala de avaliação não comparativa utilizada em técnicas de medição e escalonamento em pesquisas de opinião.

busca-se avaliar o nível de concordância dos especialistas para com as estratégias de mitigação através da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et (LPAEt). O propósito de utilização da LPAEt é avaliar o grau das evidências favoráveis e contrárias, baseado na percepção dos especialistas, em relação à seleção da estratégia de mitigação de riscos.

A partir da análise do mapa de riscos e das respectivas estratégias de mitigação, inicia-se a avaliação das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência para os eventos de riscos identificados como relevantes à operação de transportes. Para a elaboração do plano de contingência será utilizada a ferramenta 5W-2H (*What, Who, Where, When, Why, How, How much*), cuja estrutura permite listar e acompanhar a execução das ações definidas para a mitigação dos riscos.

3.1.3 Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos

Finalmente, na fase 3 são definidos os mecanismos de controle, acompanhamento e revisão dos riscos. Estes mecanismos de controle e gestão dos riscos identificados e ações de mitigação e/ou contingência são baseados no acompanhamento e revisão destes pontos, através de uma lista contendo as ações, utilizando a estrutura da ferramenta 5W-2H. Sugere-se a implementação de uma governança para o gerenciamento dos riscos, através da realização de uma reunião de revisão da lista de ações, com frequência mensal. O objetivo deste procedimento será monitorar cada ação e, caso seja necessário, revisar e adequá-las de forma a garantir a eficácia em sua implantação.

3.2 Método de pesquisa exploratória

A pesquisa exploratória é recomendada para utilização quando se busca uma melhor compreensão e/ou esclarecimento sobre determinado tópico, permitindo maior flexibilidade para o processo de condução e para a estruturação da pesquisa. A aplicação prática foi empregada com o objetivo de testar e validar a abordagem proposta, contribuindo com um direcionamento para o desenvolvimento desta área de conhecimento em gestão de riscos.

A abordagem de pesquisa exploratória foi suportada pelo método de levantamento de opinião de especialistas. Malhotra (2011, p.58) apresenta uma sugestão de etapas para a formalização deste modelo de pesquisa, conforme apresentado na figura 16.

Na etapa 1, define-se o problema, explicitando o contexto e o escopo do objeto de análise. Na etapa seguinte são formuladas as hipóteses que serão verificadas no decorrer da abordagem da pesquisa exploratória. Na etapa 3, identifica-se as variáveis relevantes ao problema e como elas se relacionam. No passo 4 busca-se as percepções que auxiliarão na definição das abordagens mais apropriadas ao entendimento do problema, se estabelece as prioridades e executa-se a pesquisa. Finalmente, na etapa 5, são avaliados e discutidos os resultados encontrados. As etapas deste método estão contempladas nas atividades do fluxograma de atividades desta pesquisa, conforme apresentado na figura 14.

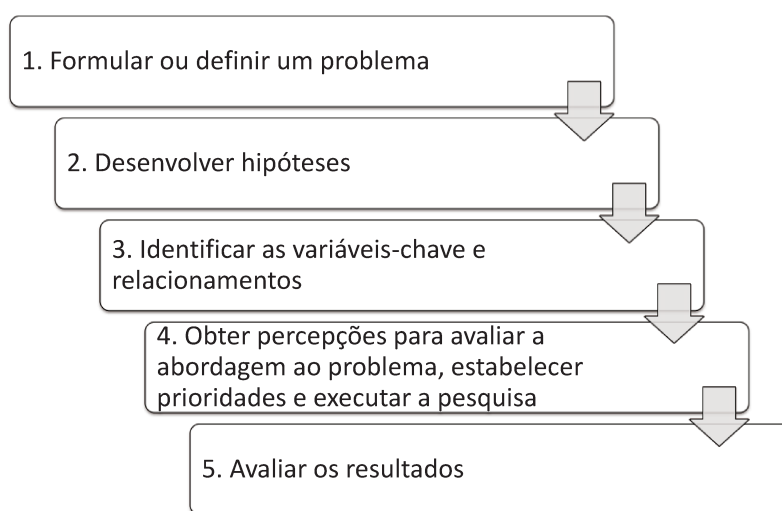


Figura 16 – Etapas para aplicação do método de pesquisa exploratória.

Fonte: adaptado de Malhotra (2011).

O levantamento das percepções foi executado através da avaliação de opinião de especialistas, suportado pela aplicação de um questionário de pesquisa, cujo detalhamento será apresentado no item 3.2.1.

3.2.1 Levantamento de opinião de especialistas

Para o levantamento de opinião de especialistas utilizou-se a aplicação da ferramenta de questionário de pesquisa, tendo como referência para a sua elaboração o processo sugerido por Malhotra (2011, p.241), agrupando as atividades em quatro grupos, conforme apresentado na figura 17.

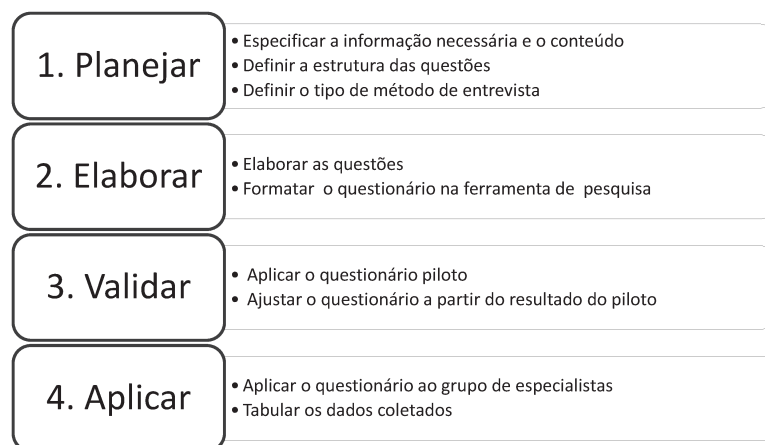


Figura 17– Processo para elaboração do questionário para levantamento de opinião.

Fonte: adaptado de Malhotra (2011).

No passo 1, planejar, foram definidas as informações necessárias, o conteúdo, a estrutura das questões e o método de entrevista. As informações e conteúdo para as questões foram especificadas conforme a necessidade da pesquisa, utilizando como referência a revisão bibliográfica em gestão de riscos em operações de transportes.

A estrutura do questionário foi baseada no formato de perguntas fechadas e abertas para o público-alvo de especialistas: analistas, gestores, diretores e vice-presidente da área de *supply chain* da empresa selecionada para a pesquisa, diretamente envolvidos com o planejamento de operações de transportes.

As perguntas abertas tiveram por finalidade identificar as percepções individuais do grupo de especialistas, baseadas na experiência profissional e no nível hierárquico de cada entrevistado. As perguntas fechadas tiveram por objetivo mensurar o grau de importância dos atributos pesquisados, considerando a medição dos atributos em cinco graus / níveis de concordância através de uma escala de avaliação não comparativa por itens (escala Likert).

O método de entrevista foi definido como sendo entrevista assistida por computador, suportado por uma ferramenta⁴ de captura e registro de informações via *Internet*. O uso desta ferramenta de levantamento justificou-se pela cobertura geográfica permitida pela *Internet*,

⁴ Ferramenta utilizada para captura e registro foi a “*Monkeysurvey.com*”. A seleção da ferramenta foi baseada na análise realizada em Walter (2013).

visto que parte dos especialistas eram oriundos de diferentes países (Brasil, Alemanha, Estados Unidos e Suécia).

No passo 2 foram elaboradas as questões e formatadas na ferramenta de captura e registro. As questões foram agrupadas em cinco partes:

- Parte 1 (questões fechadas): levantamento da força relevante no relacionamento da cadeia de suprimentos em análise, segundo o modelo MPT Expandido— *Money, Power and Trust* (Santos Júnior *et al.*, 2013);
- Parte 2 (questões fechadas): levantamento do grau de impacto, segundo as fontes de riscos em operações de transportes (Sanchez-Rodrigues *et al.*, 2010);
- Parte 3 (questões fechadas): levantamento da probabilidade de ocorrência, segundo as fontes de riscos em operações de transportes (Sanchez-Rodrigues *et al.*, 2010);
- Parte 4 (questões fechadas e abertas): levantamento das prioridades das ações de mitigação para operações de transportes, segundo as estratégias de mitigação identificadas no referencial teórico e, levantamento de ações de mitigação por sugestão dos especialistas;
- Parte 5 (questão aberta): levantamento de sugestões de fontes ou eventos de riscos que também poderiam ser aplicadas na gestão de riscos no planejamento de operações de transportes.

No passo 3, validar, foi executada a aplicação do questionário piloto e realizado o ajuste no questionário conforme a avaliação da aplicação piloto. O questionário nesta etapa foi aplicado para dois voluntários da própria empresa e foi realizada uma sessão de *feedback* para o aprimoramento do documento.

Os ajustes realizados se caracterizaram por adequações dos textos das questões, em função do idioma da versão original ser em inglês e, também no entendimento da escala não comparativa utilizada para um dos parâmetros de magnitude de riscos (probabilidade de ocorrência). Em sua primeira versão a escala utilizada foi com uma representação em texto

(ex.: alta probabilidade), sendo atualizada para uma representação numérica (ex.: alta probabilidade equivalente a 100%).

No passo 4, aplicar, os questionários foram disponibilizados na ferramenta de captura e registro *online* para um grupo total de 9 especialistas, classificados segundo o nível hierárquico conforme o quadro 6.

Nível hierárquico	Escopo de atuação	Grupo	Quantidade de especialistas
Vice-presidente	Global	A	1
Diretor	Global e regional	A	2
Gerente	Global, regional e local	B	3
Analista	Global e local	C	3
		Total	9

Quadro 6 – Classificação dos especialistas segundo o nível hierárquico na estrutura organizacional da empresa.

Fonte: o Autor

O critério de seleção dos especialistas utilizado para este trabalho se baseou na atribuição de responsabilidades e experiência na área de planejamento de transportes dos entrevistados, buscando contemplar representantes nos três níveis de planejamento: estratégico, tático e operacional. A adoção deste critério justifica-se pela necessidade de considerar a visão dos diferentes níveis hierárquicos, assim como assegurar a participação de funcionários envolvidos diretamente no processo de planejamento de transportes.

Finalmente os dados coletados foram tabulados utilizando a ferramenta de planilha eletrônica *Excel®*. O modelo do questionário aplicado está apresentado no anexo I.

No próximo capítulo será apresentada a aplicação prática utilizada para a validação do modelo proposto de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes.

4 Aplicação prática

Com o objetivo de demonstrar a aplicabilidade do modelo proposto de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes foi realizada uma aplicação prática em uma empresa do segmento de agronegócio, com fluxos de movimentação física de materiais entre Brasil e Alemanha.

Este caso prático teve por finalidade avaliar o desempenho do modelo proposto em uma situação real, de forma a demonstrar o potencial da abordagem proposta nesta pesquisa.

Para um melhor entendimento da situação em análise, será apresentado o contexto de negócio da empresa e as características relevantes para o planejamento de operações de transportes da aplicação prática. A seguir será descrita a aplicação do modelo proposto nesta situação real.

4.1 Contexto de negócio da empresa para a aplicação prática

A empresa em questão pertence a um grupo multinacional de capital privado, que atua no segmento de agronegócio, em específico em pecuária leiteira, a mais de 100 anos. Com operações de vendas, produção e distribuição presentes em cinco continentes, a empresa é líder mundial de mercado no segmento de atuação, reconhecida também por seu pioneirismo no desenvolvimento de soluções tecnológicas inovadoras, tanto para o processo completo de ordenha de leite como para a gestão do rebanho. Em 2014 apresentou faturamento anual global de aproximadamente 1 bilhão de euros. Com um portfólio extenso de produtos, atende dois grandes fluxos no processo de produção de leite:

- i. Fluxo de bens de capital, que oferecem soluções de equipamentos para ordenha, armazenagem de leite, alimentação do rebanho, tratamento de dejetos e sistemas de gestão para fazendas;

- ii. Fluxo de bens de consumo, que disponibilizam materiais consumíveis e de suporte à operação pós-venda.

Os fluxos de comercialização neste segmento são dependentes, de maneira geral, das variações de preços dos insumos utilizados na ração para o rebanho e do preço do leite *in natura*. Por se tratarem de *commodities*, a lei da oferta e demanda possui forte influência na definição dos preços destes produtos.

Os preços dos insumos são afetados por questões sazonais de safra e pela produtividade das lavouras de grãos. Os preços do leite são influenciados, por sua vez, pela produtividade dos rebanhos e também por benefícios e/ou incentivos disponibilizados para estes produtos. Em geral, as condições de negócios são favoráveis para a empresa quando há o distanciamento entre a curva de preços de aquisição dos insumos (menores valores) e o preço de venda do leite *in natura* (maiores valores).

As variações nestes fluxos comerciais têm forte impacto nos fluxos de movimentação de materiais e, por consequência, no planejamento das operações de transportes. No âmbito de planejamento de transportes, estas variações podem afetar as operações nos níveis estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico, estas variações nos fluxos podem requerer revisões na malha logística definida para a operação de transportes. No nível tático, podem ser necessárias revisões nos acordos comerciais e/ou contratos, definidos com os prestadores de serviços de transportes, para adequar os volumes e quantidades de materiais a serem movimentadas, de acordo com a disponibilidade dos modais de transportes contratados. Já no nível operacional, pode ocorrer a redução do nível de serviço da operação por situações ocasionadas ou por volume excessivo de materiais para transporte (necessidade de mais recursos para a operação de transporte), ou por baixo volume de materiais para movimentação, gerando dificuldades para a consolidação de cargas e manutenção dos níveis de custos da operação.

Para a aplicação prática específica deste trabalho será analisado o fluxo de materiais entre o centro de distribuição de consolidação da operação na Europa, localizado na região de Hamburgo-Alemanha, e o centro de distribuição da operação no Brasil, localizado na região

de Campinas (SP), caracterizando um fluxo de operação *intercompany*. Serão ainda consideradas as seguintes premissas para esta aplicação prática:

- i. Embarcador: centro de distribuição da referida empresa na Alemanha;
- ii. Cliente: centro de distribuição da referida empresa no Brasil;
- iii. Transportador: agente de cargas definido segundo contrato especificado em âmbito global para esta operação;
- iv. Modais de transportes: marítimo (FCL⁵ ou carga completa em contêiner) e aéreo (carga fracionada para consolidação através do agente de cargas)
- v. *Incoterm*: DAP – *Delivery at place*⁶ (porto ou aeroporto de destino)
- vi. Tipo de produtos: equipamentos convencionais para ordenha (pequeno porte) e/ou peças de reposição.

4.1.1 Processo de planejamento de operações de transportes

Por sua atuação global, o fluxo de materiais da referida empresa é realizado segundo uma malha de distribuição pré-definida, que envolve a movimentação de produtos entre fornecedores, fábricas e centros de distribuição ao redor do globo. O processo de planejamento de operações de transportes da empresa é realizado em três níveis: estratégico, tático e operacional.

No nível estratégico definem-se os parâmetros dos fluxos de movimentação entre os diferentes elos da cadeia de suprimentos. Estes parâmetros baseiam-se na análise e avaliação dos volumes de mercadorias, distâncias entre os pontos da malha, custos de transportes e de consolidação de cargas, além das particularidades para a execução da operação de transportes (aspectos regulatórios e de legislação em cada ponto da malha). Esta atividade de planejamento é realizada com frequência anual ou sob demanda, em função da alteração de

⁵ FCL – *Full Container Load*: termo que caracteriza o transporte de mercadorias utilizando uma unidade completa de contêiner.

⁶ DAP – *Delivery at place*: condição comercial em comércio exterior que atribui ao embarcador as responsabilidades de desembaraço sobre a mercadoria no país de origem e transporte até o local acordado. É de responsabilidade do comprador o desembaraço no país de destino, transporte local e descarga da mercadoria.

algum dos parâmetros de análise, que possa gerar impacto ao cenário previamente definido. Ao final desta atividade de planejamento é elaborada uma matriz com a definição dos fluxos de movimentação entre os pontos da malha. Ainda no nível estratégico, são definidos também os prestadores de serviços de transportes de carga (agente de carga, armadores marítimos, empresa de transporte aéreo e empresas de transporte rodoviário), através de processo de cotação e seleção, conforme a política de compras da empresa. Ao final deste processo são informados os prestadores de serviços de transportes aptos para cada fluxo entre os pontos da malha logística.

Para o nível tático, o processo de planejamento de operações de transportes contempla a revisão e ajuste dos acordos e/ou contratos estabelecidos com os prestadores de serviços de transportes, em função dos volumes em operação, tendo por referência a perspectiva dos volumes de comercialização (baseado nos planos de vendas) e o desempenho da operação de transportes (a partir das métricas acordadas para a operação como, por exemplo, tempos de transporte, custos de fretes, etc.). Este processo de planejamento é realizado com frequência mensal, suportado por uma governança responsável por avaliar e revisar a operação segundo os acordos estabelecidos com os prestadores de serviços de transportes.

No nível operacional, o planejamento da operação de transportes trabalha em um horizonte semanal ou diário, dependendo da necessidade dos fluxos de movimentação e consolidação de materiais. Neste nível de planejamento, o processo de tomada de decisão segue as diretrizes estabelecidas nos níveis estratégico e tático ou, em casos excepcionais, as orientações da gerência/diretoria responsável pela área. A interface com os prestadores de serviços de transportes e de prestadores de serviços complementares (exemplo: agente de desembarço) buscam o atendimento das necessidades de disponibilidade e movimentação dos materiais, bem como o cumprimento das metas de nível de serviço e custos acordados para a operação.

Em relação ao gerenciamento de riscos de operações de transportes, não existe um processo específico nos níveis estratégico e tático para a referida empresa. Existe o acompanhamento de uma lista de riscos gerais para todos os processos de gestão da cadeia de suprimentos (vendas, produção, compras e transportes), onde são apresentados os riscos segundo uma referência qualitativa quanto ao grau de impacto e probabilidade de ocorrência.

A partir da combinação destes dois parâmetros, é estabelecida uma classificação dos riscos e/ou eventos relevantes para monitoramento. Na versão atual desta lista estão mapeados os eventos de atrasos em entregas pelos prestadores de serviços de transporte e ocorrência de greves pelas autoridades alfandegárias, como sendo aqueles relacionados à operação de transportes.

No nível operacional, para o fluxo de transporte de distribuição local, existe um processo de gerenciamento de riscos para produtos classificados, para atender os requerimentos de transporte rodoviário de produtos perigosos, conforme a classe de produto (número ONU⁷), segundo procedimento estabelecido para Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT (ANTT, 2013). Como este fluxo de transporte com estes tipos de produtos não está no escopo deste trabalho, considerou-se que não existe ação e/ou processo de gestão de riscos específico neste nível de planejamento também.

Para esta aplicação prática e validação do modelo proposto buscou-se identificar, nos diferentes níveis de planejamento, os fatores relevantes para a gestão de riscos no processo de planejamento das operações de transportes.

4.2 Aplicação do modelo de gestão de riscos em planejamento de operações de transportes

Será apresentada a aplicação do modelo proposto de gestão de riscos em planejamento de operações de transportes na situação real descrita, segundo as atividades da etapa 4 do fluxograma de atividades da metodologia (figura 14).

⁷ Classificação internacional que regulamenta a identificação e sinalização de produtos perigosos conforme a sua natureza (classes de produtos: explosivos, gases, líquidos inflamáveis, sólidos inflamáveis, substâncias oxidantes e peróxidos orgânicos, substâncias tóxicas e infectantes, material radioativo, substâncias corrosivas e produtos perigosos diversos – ANTT, 2013).

4.2.1 Fase 1 – Identificação e definição da magnitude dos riscos

Para a identificação dos eventos de risco no fluxo de transportes de materiais selecionado para a aplicação prática, utilizou-se a referência das fontes de incerteza em operações de transportes citadas por Sanchez-Rodrigues *et al.* (2010):

a) Embarcador (centro de distribuição na origem):

a.1 - Variação no tempo de transporte no atendimento do pedido pelo fornecedor;

a.2 - Falta de confiabilidade devido a problemas de qualidade nos materiais;

a.3 - Avaria ou perda dos materiais durante o processo de transporte, segundo o *inconterm* utilizado (DAP).

b) Cliente (centro de distribuição no destino):

b.1 - Variações de demanda de consumo (flutuações ocasionadas por variações no plano de vendas);

b.2 - Restrições de entrega (cumprimento de janelas de entrega, restrições operacionais ou de capacidade de armazenagem);

b.3 - Falta de visibilidade para a consolidação das cargas, quando da colocação do pedido de compra.

c) Transportador (agente de carga):

c.1 - Falta de flexibilidade para a janela de programação de transportes (janelas de *booking* com armador marítimo ou empresa de transporte aéreo);

c.2 - Falta de capacidade operacional para realizar o transporte (mudanças de ofertas de linhas de transporte marítimo/aéreo, indisponibilidade de contêiner);

c.3 - Falha no recurso/equipamento de transporte (indisponibilidade no equipamento de transporte).

d) Sistemas de controle (sistemas de rastreamento de cargas, sistema de gestão de pedidos):

d.1 - Falta de informação quanto à disponibilidade do material para atendimento do pedido de transporte (material não disponível para a operação de consolidação de carga, como por exemplo, devido à baixa acurácia no inventário físico);

d.2 - Falta de informação para a definição do(s) recurso(s) necessários para a operação de transporte (informações incorretas de peso e dimensões dos produtos a serem transportados);

d.3 – Falta de informação para o rastreamento da carga durante a operação de transporte.

e) Ambiente externo:

e.1 - Ocorrência de greves pelas diferentes partes envolvidas na operação (prestador de serviço de transportes, agências fiscalizadoras);

e.2 - Ocorrência de desastres naturais (enchentes, terremotos, erupções vulcânicas, tsunamis, etc.);

e.3 – Mudanças políticas ou legais que interfiram diretamente na operação de transportes (fechamento de fronteiras, imposição de novos requerimentos legais ou legislatórios).

A partir dos riscos identificados na operação de transportes buscou-se, através do questionário aplicado no levantamento de opinião com os especialistas, quantificar a magnitude dos riscos nos dois parâmetros de análise: grau de impacto e probabilidade de ocorrência (questionário – partes 2 e 3).

No quadro 7 é apresentada a escala utilizada no questionário por parâmetro de análise. A definição das escalas utilizadas, tanto para o grau de impacto como da probabilidade de ocorrência, se basearam na definição de 5 faixas ou intervalos, de forma a permitir a compreensão e o próprio escalonamento quando da avaliação das perguntas e dos possíveis resultados.

Magnitude do risco Parâmetro de análise	Referência da escala não comparativa de classificação por itens (escala Likert)				
	Menor valor				Maior valor
1. Grau de impacto	Sem impacto	Baixo impacto	Impacto moderado	Grande impacto	Enorme impacto
2. Probabilidade de ocorrência	0%	25%	50%	75%	100%

Quadro 7 – Referência da escala utilizada no questionário para os parâmetros de análise de magnitude do risco.

Fonte: o Autor

Para o parâmetro de probabilidade de ocorrência foi utilizado um valor percentual somente para facilitar o entendimento pelos especialistas quando da resposta no questionário. Este ponto foi capturado e ajustado quando da aplicação do questionário piloto. Para a análise dos dados foi realizado o tratamento estatístico como escala não comparativa de classificação por itens. A combinação dos parâmetros de grau de impacto com a probabilidade de ocorrência, a partir da escala utilizada, definirá as regiões de maior e menor criticidade, quando da elaboração do mapa de riscos (baixa, média e alta criticidade). Para este trabalho a definição destas regiões utilizou a referência apresentada no quadro 8.

Probabilidade de ocorrência	Grau de impacto				
	Sem impacto	Pequeno impacto	Moderado impacto	Grande impacto	Enorme impacto
0%	Baixa	Baixa	Baixa	Média	Alta
25%	Baixa	Baixa	Média	Média	Alta
50%	Baixa	Baixa	Média	Alta	Alta
75%	Baixa	Média	Média	Alta	Alta
100%	Baixa	Média	Alta	Alta	Alta

Quadro 8 – Regiões de criticidade para o mapa de riscos, segundo a probabilidade de ocorrência *versus* o grau de impacto.

Fonte: o Autor

Os eventos de riscos devem também ser classificados segundo a proposta de Christopher e Peck (2004), adotada como referência para este trabalho (interno à empresa; externo à empresa e interno à CS; e, externo à CS).

Em relação à identificação da força relevante no relacionamento da cadeia, segundo o modelo MPT expandido (Santos Júnior *et al.*, 2013), foi aplicado no questionário uma pergunta fechada específica para este tópico (questionário – parte 1). A pergunta buscou identificar, segundo a percepção de cada especialista, a força preponderante no relacionamento entre cada um dos elos: embarcador *versus* transportador; cliente *versus* transportador; e, embarcador *versus* cliente.

4.2.2 Fase 2 – Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência

Para a análise dos riscos partiu-se da lista de eventos de riscos já com a magnitude e probabilidade de ocorrência mapeados, segundo as fontes de riscos apresentadas por Sanchez-Rodrigues *et al.* (2010) para operações de transportes.

No quadro 9 é apresentada a lista de eventos de riscos que foi utilizada como referência para a elaboração do mapa de riscos para a aplicação prática, já classificados segundo a abrangência na cadeia (Christopher e Peck, 2004).

Para a definição das estratégias de mitigação buscou-se identificar, segundo o referencial teórico, quais as estratégias e/ou ações comumente aplicadas em operações de transportes para a mitigação de riscos (Christopher *et al.*, 2006; Knemeyer *et al.*, 2009; Christopher *et al.*, 2011; Manuj e Mentzer, 2008). As estratégias / ações de mitigação foram selecionadas e agrupadas segundo a fonte de riscos, conforme os eventos de riscos identificados na aplicação prática.

Estas ações foram apresentadas no questionário de levantamento de opinião e classificadas pelos especialistas, segundo a efetividade da ação para minimizar o impacto quando da ocorrência de um evento de risco na operação de transportes em análise. Foram consideradas ainda as opiniões dos especialistas, em forma de pergunta aberta, quanto à utilização de outras estratégias e/ou ações para a mitigação dos riscos na operação de transportes da aplicação práticas (questionário – parte 4).

Fonte de risco	Identificação	Evento de risco	Classificação abrangência cadeia (Christopher e Peck, 2004)
a. Embarcador	a1	Varição no tempo de transporte	externo à empresa e interno a CS
	a2	Falta de confiabilidade devido a problemas de qualidade nos materiais	interno a empresa
	a3	Avaria ou perda dos materiais durante o processo de transporte	externo à empresa e interno a CS
b. Cliente	b1	Variações de demanda de consumo	externo à empresa e interno a CS
	b2	Restrições de entrega	interno a empresa
	b3	Falta de visibilidade para a consolidação das cargas	interno a empresa
c. Transportador	c1	Falta de flexibilidade para a janela de programação de transportes	externo à empresa e interno a CS
	c2	Falta de capacidade operacional para realizar o transporte	externo à empresa e interno a CS
	c3	Falha no recurso/equipamento de transporte	externo à empresa e interno a CS
d. Sistemas de controle	d1	Falta de informação quanto a disponibilidade do material para atendimento do pedido de transporte	interno a empresa
	d2	Falta de informação para a definição do(s) recurso(s) necessários para a operação de transporte	interno a empresa
	d3	Falta de informação para o rastreamento da carga durante a operação de transporte	externo à empresa e interno a CS
e. Ambiente externo	e1	Ocorrência de greves pelas diferentes partes envolvidos na operação	externo à empresa e interno a CS
	e2	Ocorrência de desastres naturais	externo a CS
	e3	Mudanças políticas ou legais que interfiram diretamente na operação de transportes	externo a CS

Quadro 9 – Lista de eventos de riscos identificados para a aplicação prática.

Fonte: o Autor

No quadro 10 são apresentadas as ações para a mitigação de riscos em operações de transportes identificadas no referencial teórico, agrupadas conforme a fonte de riscos em operações de transportes (Sanchez-Rodrigues *et al.*, 2010) e as classes de elementos conforme o modelo MPT expandido (Santos Júnior *et al.*, 2013).

Categoria de fontes de riscos	Estratégias / Ações de mitigação (referencial teórico)	Classe de elementos - MPT expandido (referencial teórico)
a. Embarcador	- Incremento da política de estoque no fornecedor - Utilização de cobertura do seguro	- Benefícios e riscos - Acordos e contratos
b. Cliente	- Incremento da política de estoque no embarcador - Flexibilidade do cliente	- Benefícios e riscos - Comunicação e informação
c. Transportador	- Utilização de meio de transporte ou prestador de serviço de transporte alternativo	- Comunicação e informação - Acordos e contratos
d. Sistema de controle	- Utilização de sistema de informação alternativo	- Comunicação e informação
e. Ambiente externo	- Utilização de cobertura do seguro	- Acordos e contratos

Quadro 10 – Fontes de riscos, estratégias / ações de mitigação e classe de elementos.

Fonte: o Autor

Para a avaliação do grau de concordância das estratégias / ações de mitigação, coletadas no levantamento com os especialistas, foi realizada a análise através da aplicação da

Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et (LPAEt). A utilização da LPAEt consiste da aplicação do Método Paraconsistente de Decisão, segundo oito etapas, conforme apresentado na figura 18.

A utilização do nível de exigência para a decisão (k) como igual a 0,50, deveu-se avaliação da referência deste fatos em outras aplicação identificadas quando da revisão bibliográfica e considerando também o critério de impacto da decisão do processo em análise. Neste caso em específico, como não havia possibilidade de resultados irreversíveis nos cenários de análise, como por exemplo, perda de vidas humanas, buscou-se utilizar uma referência intermediária às outras aplicações realizadas que utilizaram a LPAEt.

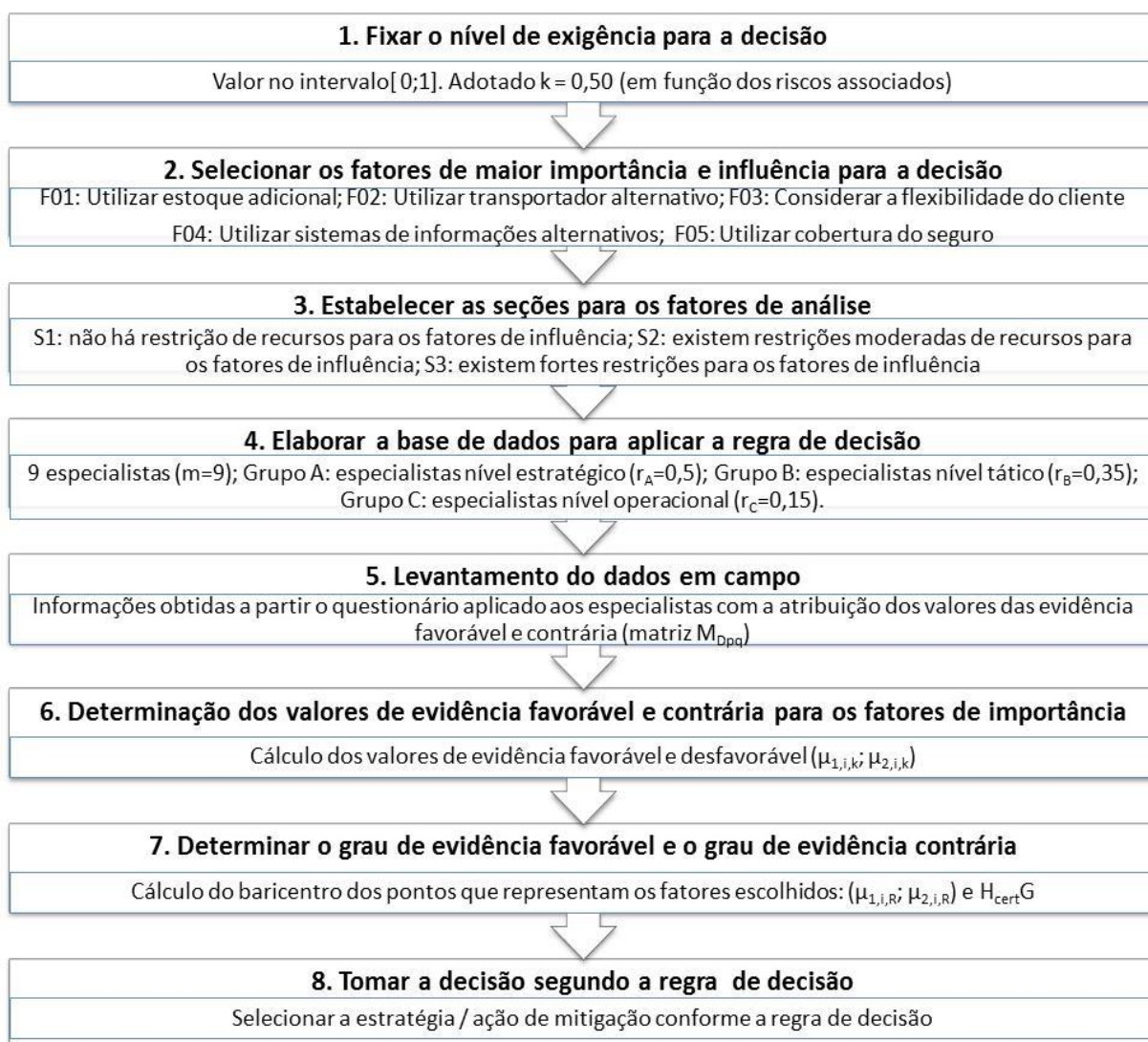


Figura 18 – Etapas do MPD aplicado ao caso prático.

Fonte: Adaptado de Carvalho e Abe (2011).

Para a aplicação prática foi elaborada uma proposta dos planos de contingência, a partir da seleção da(s) estratégia(s) / ação(ões) de mitigação apontadas como mais eficientes pelo grupo de especialistas, utilizando a referência da ferramenta 5W-2H. As ações propostas ainda não foram implementadas em sua totalidade na aplicação prática, pois dependem de aprovações de investimentos e de revisões de processos estabelecidos na referida empresa.

4.2.3 Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos

Para a aplicação prática esta fase de monitoramento e controle de riscos não está implementada através de uma governança específica conforme o processo sugerido pelo modelo proposto. Este é um ponto que necessita também de revisão e aprovação no processo atual estabelecido para o gerenciamento de riscos em operações de transportes para a referida empresa.

No capítulo 5 serão discutidos e apresentados os resultados obtidos no levantamento com os especialistas bem como os planos de contingência propostos.

5 Análise dos resultados

Neste capítulo são apresentados os resultados obtidos através da aplicação do modelo de gestão de riscos para o planejamento de operações de transportes proposto neste trabalho.

5.1 Fase 1 - Identificação e definição da magnitude dos riscos

A partir da tabulação das informações obtidas no levantamento de opinião com o grupo de especialistas, foi elaborado o mapa de riscos através da correlação entre a probabilidade de ocorrência e o grau de impacto por evento de risco, conforme o quadro 8.

O valor representativo por evento de risco foi determinado a partir do cálculo de medida estatística de posição moda, em função da escala utilizada para a medição destes dois parâmetros (não comparativa de classificação por itens). No quadro 11 é apresentado o nível de criticidade por evento de risco obtido por esta correlação.

Os eventos de riscos foram classificados em sua maioria como de criticidade média (87% dos eventos de riscos avaliados). Com criticidade alta foram classificados 13% dos eventos de risco. Nenhum dos riscos apresentados no questionário foi avaliado como de baixa criticidade. Esta concentração de eventos de riscos, classificados como de média a alta criticidade, pode ser entendida que os eventos identificados são representativos para o processo de planejamento de operações de transportes. Os eventos de risco classificados como de alta criticidade (**b1** - variação na demanda de consumo; e, **e2** - ocorrência de desastres naturais) são percebidos na prática como situações que geram rupturas nos fluxos de atendimento nas operações das cadeias de suprimentos em âmbito global.

Fonte de risco	Identificação	Evento de risco	Classificação abrangência cadeia (Christopher e Peck, 2004)	Probabilidade de ocorrência	Grau de impacto	Criticidade
a. Embarcador	a1	Variação no tempo de transporte	externo à empresa e interno a CS	25%	Grande	Média
	a2	Falta de confiabilidade devido a problemas de qualidade nos materiais	interno a empresa	25%	Grande	Média
	a3	Avaria ou perda dos materiais durante o processo de transporte	externo à empresa e interno a CS	25%	Moderado	Média
b. Cliente	b1	Variações de demanda de consumo	externo à empresa e interno a CS	50%	Grande	Alta
	b2	Restrições de entrega	interno a empresa	25%	Grande	Média
	b3	Falta de visibilidade para a consolidação das cargas	interno a empresa	25%	Moderado	Média
c. Transportador	c1	Falta de flexibilidade para a janela de programação de transportes	externo à empresa e interno a CS	25%	Grande	Média
	c2	Falta de capacidade operacional para realizar o transporte	externo à empresa e interno a CS	25%	Grande	Média
	c3	Falha no recurso/equipamento de transporte	externo à empresa e interno a CS	25%	Grande	Média
d. Sistemas de controle	d1	Falta de informação quanto a disponibilidade do material para atendimento do pedido de transporte	interno a empresa	25%	Grande	Média
	d2	Falta de informação para a definição do(s) recurso(s) necessários para a operação de transporte	interno a empresa	25%	Grande	Média
	d3	Falta de informação para o rastreamento da carga durante a operação de transporte	externo à empresa e interno a CS	25%	Moderado	Média
e. Ambiente externo	e1	Ocorrência de greves pelas diferentes partes envolvidos na operação	externo à empresa e interno a CS	25%	Moderado	Média
	e2	Ocorrência de desastres naturais	externo a CS	0%	Enorme	Alta
	e3	Mudanças políticas ou legais que interfiram diretamente na operação de transportes	externo a CS	25%	Grande	Média

Quadro 11 – Mapa de riscos elaborado para a aplicação prática

Fonte: o Autor

Para efeito de análise dos riscos e definição das ações de mitigação será dada maior ênfase aos eventos pertencentes à região de alta criticidade. Os demais eventos, classificados na região de média criticidade, serão analisados comparativamente na fase 2 do modelo proposto.

Na pergunta aberta na parte 5 do questionário foi solicitado aos especialistas sugestões de outros eventos ou fontes de risco, além dos já considerados no levantamento preliminar através do questionário. Nenhum evento ou fonte de risco adicional aos já listados foi acrescentado. Foram mencionadas duas sugestões:

- i. Explorar em maior detalhe o impacto das questões regulatórias e aduaneiras no planejamento da operação de transportes;
- ii. Detalhar na fonte de risco de variação de demanda, a influência das variáveis e condições de mercado na ruptura da disponibilidade de produtos e sua relação com o planejamento de transportes;

A sugestão **i** traduz um ponto de frequente avaliação no planejamento da operação de transportes, pois, a interrupção do fluxo de materiais por questões regulatórias ou aduaneiras, implica na indisponibilidade dos produtos para o mercado de consumo, bem como em despesas adicionais para a CS até a regularização do processo de importação. Na prática, dependendo do nível de restrição da autoridade alfandegária para a liberação da mercadoria (por exemplo, canal cinza⁸) pode-se inclusive realizar novo embarque emergencial para a reposição do produto mais crítico de necessidade do mercado. Nesta situação, despesas adicionais como custos de frete, taxas de desembaraço, etc., consomem parte da margem praticada na operação de venda desta mercadoria.

A sugestão **ii** explora a discussão sobre a eficiência do processo de planejamento de transportes sob a ótica da racionalização dos recursos disponíveis para o transporte de materiais. Um melhor entendimento do comportamento de demanda possibilita a prática de

⁸ Canal cinza é uma das possíveis parametrizações da Receita Federal quando da nacionalização de produtos importados. Neste caso em específico é solicitada a conferência documental e física de todos os itens dos materiais importados, podendo a liberação pelo órgão fiscalizador ocorrer em até 3 meses na zona primária (porto ou aeroporto).

consolidação de embarques e utilização do modo de transporte com o menor custo. A alternativa de se trabalhar com o modo de transporte marítimo ao invés do transporte aéreo representa um potencial de redução de custos em até 7 vezes⁹, quando considerada a relação do valor de frete pelo peso do material.

Em relação à avaliação da força predominante segundo o modelo MPT expandido, os resultados são apresentados no quadro 12.

Relacionamento	Força predominante
Embarcador x Transportador	Dinheiro (44%)
Cliente x Transportador	Confiança (56%)
Embarcador x Cliente	Confiança (89%)

Quadro 12 - Força predominante nas relações entre embarcador, transportador e cliente, segundo o modelo MPT expandido.

Fonte: o Autor

A partir das forças predominantes no relacionamento entre os agentes (embarcador, transportador e cliente) no fluxo de transportes, identificadas no levantamento com os especialistas, pode-se entender que elementos baseados em confiança e dinheiro direcionam o comportamento entre os agentes avaliados. Segundo o modelo MPT expandido, os elementos que ditam este relacionamento estão baseados no compartilhamento de riscos e benefícios, conforme apresentado no quadro 10. As ações de mitigação comumente empregadas para este tipo de relacionamento se baseiam em formação de estoque adicional ou adequação da política de estoques vigentes, tanto no cliente como no fornecedor.

Na fase 2 do modelo serão avaliadas as opiniões dos especialistas em relação aos riscos e às estratégias de mitigação mais efetivas para o processo de planejamento de operações de transportes.

⁹ Referência baseada nos valores dos fretes marítimo e aéreo vigentes em contrato com o agente de cargas para o fluxo de transportes da aplicação prática.

5.2 Fase 2 - Análise dos riscos, definição das ações de mitigação e elaboração dos planos de contingência

5.2.1 Análise dos riscos e definição das ações de mitigação

Considerando-se os riscos classificados na região de alta criticidade é possível identificar as ações de mitigação mais efetivas para a minimização dos impactos na cadeia. Para o evento de risco de variações na demanda (b1) as ações de mitigação comumente empregadas são:

- Incremento dos níveis de estoque, usualmente no ponto que abastece o cliente final;
- Utilização de modo de transporte com menor tempo de trânsito (opção transporte aéreo);
- Busca de maior acuracidade nas informações de consumo e previsão de demanda.

Para o evento de risco de ocorrência de desastres naturais (e2) as ações de mitigação normalmente empregadas utilizam:

- Incremento dos níveis de estoque para os materiais definidos como críticos (necessidade de reposição de componentes cujo acordo de nível de atendimento possua tempo de entrega muito menor que o tempo de trânsito total do material);
- Definição de um fornecedor alternativo para manutenção do fluxo de abastecimento de produtos.

No levantamento realizado com os especialistas, a medida de mitigação de riscos através da utilização de estoque adicional é apontada como a ação mais relevante por 67% dos entrevistados (ordem de relevância igual a 5, segundo a escala aplicada).

Em ordem de relevância imediatamente inferior na escala de aferição, observou-se um empate técnico, considerando a maior frequência da ordem de relevância mencionada pelos especialistas, entre as ações de mitigação de utilização de agentes de transportes alternativo (empresa de transporte aéreo x transporte marítimo) e o grau de flexibilidade do

cliente para o gerenciamento dos prazos de entrega (relevância igual a 4 e 3, respectivamente). Para as ordens de relevância 2 e 1, novamente houve um empate técnico, sendo sugeridas as ações de mitigação de utilização do seguro de cobertura e uso de sistemas de TI alternativos para o caso de falhas de comunicação.

Dos resultados obtidos com base em medidas de estatística de posição (moda), a ação de mitigação sugerida em consenso pelos especialistas, através da utilização de estoque adicional, corrobora a medida mais comumente empregada segundo o referencial teórico, conforme a força predominante do modelo MPT expandido identificada (quadro 10).

Entretanto, em situações onde a coleta das informações e os resultados possíveis são influenciados pelo nível de experiência, conhecimento e até mesmo do nível hierárquico dos especialistas, torna-se evidente que a análise das variáveis do problema em questão necessita de uma abordagem que trate este senso de julgamento em um contexto de incerteza. Com a aplicação da técnica LPAEt, através do Método Paraconsistente de Decisão – MPD, foi possível explorar este contexto e avaliar estas diferentes percepções quando do julgamento de valores.

A seguir são apresentados os resultados da aplicação do MPD quanto ao entendimento, na avaliação de forma conjunta pelos especialistas, de quais ações de mitigação de riscos devem ser implementadas para a aplicação em estudo.

5.2.1.1 Aplicação do Método Paraconsistente de Decisão - MPD

Para a aplicação do MPD será utilizada a referência das etapas apresentadas na figura 18. As etapas 1, 2 e 3 do procedimento já foram definidas quando da apresentação da aplicação prática no capítulo 4. Na etapa 4 foram determinados os pesos (P_i) por fator de influência (F_i), a partir do cálculo da média ponderada segundo o procedimento apresentado no item 2.6.4. No quadro 13 são apresentados os pesos por fator de influência.

Especialista	rw	qi,w				
1	0,5	0,6	1	0,8	0,2	0,4
2	0,5	1	0,8	0,6	0,4	0,2
3	0,5	0,8	0,6	1	0,2	0,4
4	0,35	1	0,8	0,6	0,4	0,2
5	0,35	1	0,8	0,6	0,4	0,2
6	0,35	1	0,4	0,8	0,6	0,2
7	0,15	1	0,6	0,8	0,2	0,4
8	0,15	1	0,4	0,6	0,2	0,8
9	0,15	0,2	1	0,4	0,6	0,8
		P1	P2	P3	P4	P5
		2,6	2,2	2,2	1,0	1,0

Quadro 13 – Determinação dos pesos (P_i) por fator de influência (F_i)

Fonte: o Autor

No quadro 14 é apresentada a base de dados conforme a matriz M_{Dpq} , a partir das informações obtidas no levantamento com os especialistas, constituindo o principal produto da etapa 5. Cabe ressaltar que os resultados dos valores de evidência favorável e contrária para cada especialista tratam-se uma combinação obtida através de uma média ponderada, conforme os pesos e dos valores capturados nas entrevistas.

Fator Influência (F_i)	Peso (P_i)	Seção / Cenário (S_j)	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Estoque adicional	2,6	S1 - Sem restrições	0,6;0,4	1;0,1	0,8;0,2	1;0,1	1;0,1	1;0,1	1;0,1	1;0,1	0,2;0,55
		S2 - Restrições moderadas	0,55;0,47	0,8;0,11	0,74;0,24	0,8;0,11	0,8;0,11	0,8;0,11	0,8;0,11	0,8;0,11	0,18;0,65
		S3 - Fortes Restrições	0,52;0,68	0,4;0,15	0,7;0,34	0,4;0,15	0,4;0,15	0,4;0,15	0,4;0,15	0,4;0,15	0,18;0,94
Transportador alternativo	2,2	S1 - Sem restrições	1;0,1	0,8;0,2	0,6;0,4	0,8;0,2	0,8;0,2	0,4;0,5	0,6;0,4	0,4;0,5	1;0,1
		S2 - Restrições moderadas	0,8;0,11	0,73;0,24	0,55;0,47	0,73;0,23	0,73;0,24	0,37;0,59	0,55;0,47	0,37;0,59	0,8;0,11
		S3 - Fortes Restrições	0,4;0,15	0,7;0,34	0,52;0,68	0,69;0,34	0,69;0,34	0,35;0,86	0,52;0,68	0,35;0,85	0,4;0,15
Flexibilidade do cliente	2,2	S1 - Sem restrições	0,8;0,2	0,6;0,4	1;0,1	0,6;0,4	0,6;0,4	0,8;0,2	0,8;0,2	0,6;0,4	0,4;0,5
		S2 - Restrições moderadas	0,74;0,16	0,55;0,33	0,8;0,02	0,55;0,33	0,55;0,33	0,74;0,16	0,74;0,16	0,55;0,33	0,37;0,41
		S3 - Fortes Restrições	0,7;0,24	0,28;0,46	0,76;0,03	0,28;0,46	0,28;0,46	0,37;0,23	0,37;0,23	0,28;0,46	0,35;0,6
Sistema TI alternativo	1,0	S1 - Sem restrições	0,2;0,55	0,4;0,5	0,2;0,55	0,4;0,5	0,4;0,5	0,6;0,4	0,2;0,55	0,2;0,55	0,6;0,4
		S2 - Restrições moderadas	0,18;0,65	0,37;0,59	0,18;0,65	0,37;0,59	0,37;0,59	0,55;0,47	0,18;0,65	0,18;0,65	0,55;0,47
		S3 - Fortes Restrições	0,17;0,94	0,18;0,86	0,18;0,94	0,18;0,86	0,18;0,86	0,28;0,68	0,09;0,94	0,09;0,94	0,52;0,68
Utilização seguro	1,0	S1 - Sem restrições	0,4;0,5	0,2;0,55	0,4;0,5	0,2;0,55	0,2;0,55	0,2;0,55	0,4;0,5	0,8;0,2	0,8;0,2
		S2 - Restrições moderadas	0,37;0,59	0,18;0,65	0,37;0,59	0,18;0,65	0,18;0,65	0,18;0,65	0,37;0,59	0,74;0,24	0,74;0,23
		S3 - Fortes Restrições	0,35;0,86	0,18;0,94	0,35;0,86	0,18;0,94	0,18;0,94	0,18;0,94	0,35;0,86	0,7;0,34	0,7;0,34

Quadro 14 – Matriz de dados pesquisados (M_{Dpq})

Fonte: o Autor

Na etapa 6, quando do cálculo do grau de evidência favorável e contrária, foi aplicado o algoritmo para-analisador e determinado o QUPC para cada uma das seções. Na

figura 19 é apresentado o esquema de aplicação dos operadores MAX e MIN utilizado para a aplicação prática.

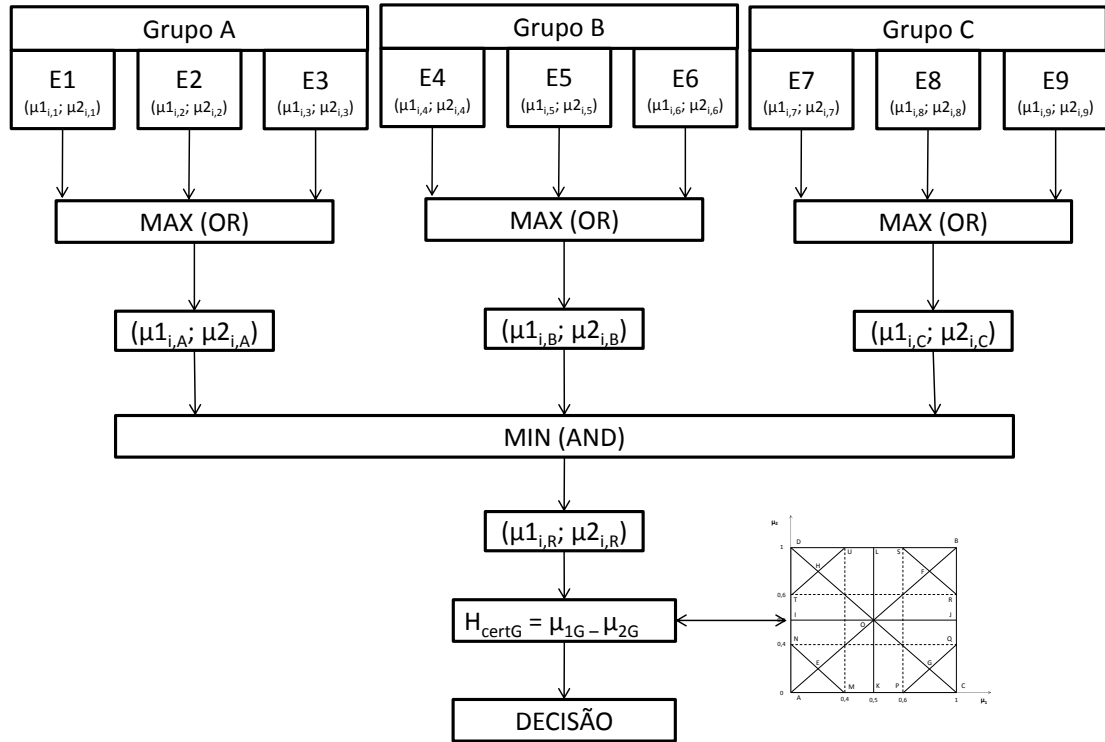


Figura 19 – Aplicação dos operadores MAX e MIN no caso de análise

Fonte: o Autor

Para a etapa 7 são determinados os graus de evidência favorável e contrária. Nos quadros 15, 16 e 17 são apresentados os graus de evidência favorável e contrária para as seções S1, S2 e S3. Nas figuras 20, 21 e 22 são apresentados os respectivos QUPC para as seções S1, S2 e S3. Para a tomada de decisão na etapa 8 foram consideradas as seguintes regras de decisão:

- Se, $H_{certG} \geq 0.50 \Rightarrow$ decisão favorável;
- Se, $H_{certG} \leq -0.50 \Rightarrow$ decisão desfavorável;
- Se, $-0.50 < H_{certG} < 0.50 \Rightarrow$ decisão não conclusiva.

			Grupo A						Grupo B						Grupo C						A		B		C		Graus resultantes		Nível de Exigência >		0,50	Ponderação dos	
Fator	Peso	Seção	Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		Espec 5		Espec 6		Espec 7		Espec 8		Espec 9		MAX [E1, E2, E3]		MAX [E4, E5, E6]		MAX [E7, E8, E9]		MIN {A, B, C}		Conclusões			Ponderação dos	
Fi	Pi	Sj	$\mu_{1,i,1}$	$\mu_{2,i,1}$	$\mu_{1,i,2}$	$\mu_{2,i,2}$	$\mu_{1,i,3}$	$\mu_{2,i,3}$	$\mu_{1,i,4}$	$\mu_{2,i,4}$	$\mu_{1,i,5}$	$\mu_{2,i,5}$	$\mu_{1,i,6}$	$\mu_{2,i,6}$	$\mu_{1,i,7}$	$\mu_{2,i,7}$	$\mu_{1,i,8}$	$\mu_{2,i,8}$	$\mu_{1,i,9}$	$\mu_{2,i,9}$	$\mu_{1,i,GA}$	$\mu_{2,i,GA}$	$\mu_{1,i,GB}$	$\mu_{2,i,GB}$	$\mu_{1,i,GC}$	$\mu_{2,i,GC}$	$\mu_{1,1,R}$	$\mu_{2,1,R}$	H	G	Decisão	Pi x $\mu_{1,i,R}$	Pi x $\mu_{2,i,R}$
F01	2,6	S1	0,60	0,40	1,00	0,10	0,80	0,20	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	0,20	0,55	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	1,00	0,10	0,90	0,10	VIÁVEL	2,6	0,3
F02	2,2	S1	1,00	0,10	0,80	0,20	0,60	0,40	0,80	0,20	0,80	0,20	0,40	0,50	0,60	0,40	0,40	0,50	1,00	0,10	1,00	0,10	0,80	0,20	1,00	0,10	0,80	0,20	0,60	0,00	VIÁVEL	1,8	0,4
F03	2,2	S1	0,80	0,20	0,60	0,40	1,00	0,10	0,60	0,40	0,60	0,40	0,80	0,20	0,80	0,20	0,60	0,40	0,40	0,50	1,00	0,10	0,80	0,20	0,80	0,20	0,80	0,20	0,60	0,00	VIÁVEL	1,8	0,4
F04	1	S1	0,20	0,55	0,40	0,50	0,20	0,55	0,40	0,50	0,40	0,50	0,60	0,40	0,20	0,55	0,20	0,55	0,60	0,40	0,40	0,50	0,60	0,40	0,60	0,40	0,40	0,50	-0,10	-0,10	NÃO CONCLUSIVO	0,4	0,5
F05	1	S1	0,40	0,50	0,20	0,55	0,40	0,50	0,20	0,55	0,20	0,55	0,20	0,55	0,40	0,50	0,80	0,20	0,80	0,20	0,40	0,50	0,20	0,55	0,80	0,20	0,20	0,55	-0,35	-0,25	NÃO CONCLUSIVO	0,2	0,6
Baricentro W: médias dos graus resultantes																											0,747	0,243	0,503	-0,010	VIÁVEL	6,7	2,2

Quadro 15 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 1.

Fonte: o Autor

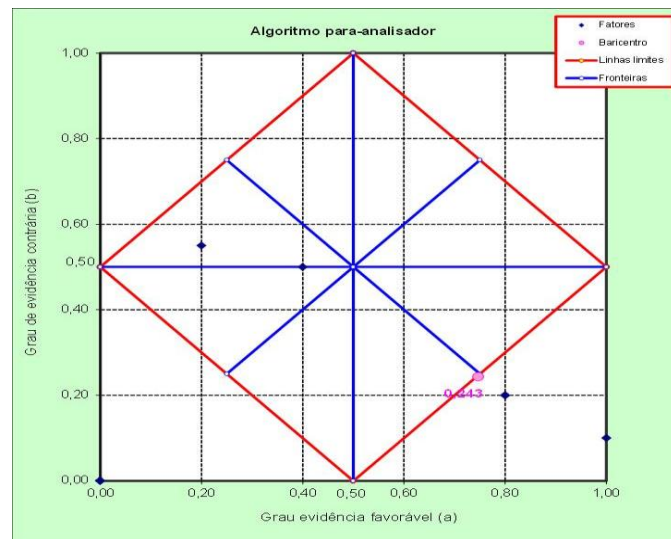


Figura 20 – QUPC para a Seção 1.

Fonte: o Autor

Fator	Peso	Seção	Grupo A						Grupo B						Grupo C						A		B		C		Graus resultantes		Nível de Exigência >		0,50	Ponderação dos	
			Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		Espec 5		Espec 6		Espec 7		Espec 8		Espec 9		MAX {E1, E2, E3}		MAX {E4, E5, E6}		MAX {E7, E8, E9}		MIN {A, B, C}		Conclusões			Ponderação dos	
			$\mu_{1,i,1}$	$\mu_{2,i,1}$	$\mu_{1,i,2}$	$\mu_{2,i,2}$	$\mu_{1,i,3}$	$\mu_{2,i,3}$	$\mu_{1,i,4}$	$\mu_{2,i,4}$	$\mu_{1,i,5}$	$\mu_{2,i,5}$	$\mu_{1,i,6}$	$\mu_{2,i,6}$	$\mu_{1,i,7}$	$\mu_{2,i,7}$	$\mu_{1,i,8}$	$\mu_{2,i,8}$	$\mu_{1,i,9}$	$\mu_{2,i,9}$	$\mu_{1,i,Ga}$	$\mu_{2,i,gA}$	$\mu_{1,i,gB}$	$\mu_{2,i,gB}$	$\mu_{1,i,gC}$	$\mu_{2,i,gC}$	$\mu_{1,1,R}$	$\mu_{2,1,R}$	H	G	Decisão	$P_i \times \mu_{1,i,R}$	$P_i \times \mu_{2,i,R}$
F01	2,6	S2	0,55	0,47	0,80	0,11	0,74	0,24	0,80	0,11	0,80	0,11	0,80	0,11	0,80	0,11	0,80	0,11	0,18	0,65	0,80	0,11	0,80	0,11	0,80	0,11	0,80	0,11	0,69	-0,09	VIÁVEL	2,1	0,3
F02	2,2	S2	0,80	0,11	0,74	0,24	0,55	0,47	0,74	0,24	0,74	0,24	0,37	0,59	0,55	0,47	0,37	0,59	0,80	0,11	0,80	0,11	0,74	0,24	0,80	0,11	0,74	0,24	0,50	-0,03	VIÁVEL	1,6	0,5
F03	2,2	S2	0,74	0,16	0,55	0,33	0,80	0,02	0,55	0,33	0,55	0,33	0,74	0,16	0,74	0,16	0,55	0,33	0,37	0,41	0,80	0,02	0,74	0,16	0,74	0,16	0,74	0,16	0,57	-0,10	VIÁVEL	1,6	0,4
F04	1	S2	0,18	0,65	0,37	0,59	0,18	0,65	0,37	0,59	0,37	0,59	0,55	0,47	0,18	0,65	0,18	0,65	0,55	0,47	0,37	0,59	0,55	0,47	0,55	0,47	0,37	0,59	-0,22	-0,04	NÃO CONCLUSIVO	0,4	0,6
F05	1	S2	0,37	0,59	0,18	0,65	0,37	0,59	0,18	0,65	0,18	0,65	0,18	0,65	0,37	0,59	0,74	0,24	0,74	0,24	0,37	0,59	0,18	0,65	0,74	0,24	0,18	0,65	-0,47	-0,17	NÃO CONCLUSIVO	0,2	0,6
Baricentro W: médias dos graus resultantes																											0,652	0,267	0,385	-0,081	NÃO CONCLUSIVO	5,9	2,4

Quadro 16 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 2.

Fonte: o Autor

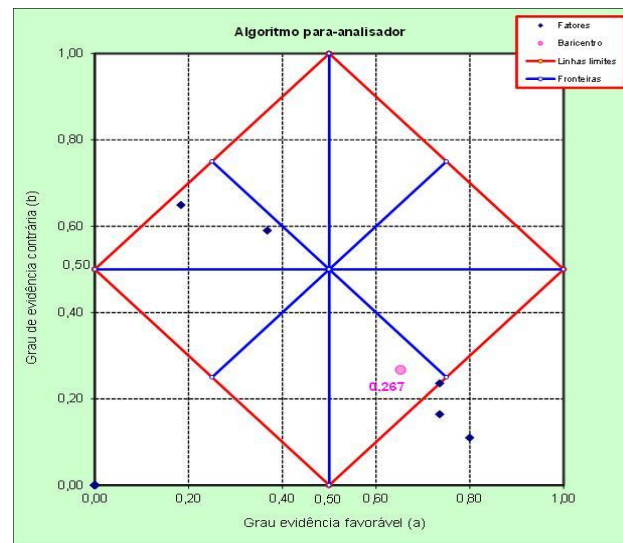


Figura 21– QUPC para a Seção 2.

Fonte: o Autor

			Grupo A						Grupo B						Grupo C						A		B		C		Graus resultantes		Nível de Exigência > 0,50		Ponderação dos		
Fator	Peso	Seção	Espec 1		Espec 2		Espec 3		Espec 4		Espec 5		Espec 6		Espec 7		Espec 8		Espec 9		MAX [E1, E2, E3]		MAX [E4, E5, E6]		MAX [E7, E8, E9]		MIN [A, B, C]		Conclusões		Ponderação dos		
			$\mu_{1,i,1}$	$\mu_{2,i,1}$	$\mu_{1,2}$	$\mu_{2,i,2}$	$\mu_{1,i,3}$	$\mu_{2,i,3}$	$\mu_{1,i,4}$	$\mu_{2,i,4}$	$\mu_{1,i,5}$	$\mu_{2,i,5}$	$\mu_{1,i,6}$	$\mu_{2,i,6}$	$\mu_{1,i,7}$	$\mu_{2,i,7}$	$\mu_{1,i,8}$	$\mu_{2,i,8}$	$\mu_{1,i,9}$	$\mu_{2,i,9}$	$\mu_{1,i,Ga}$	$\mu_{2,i,gA}$	$\mu_{1,i,gB}$	$\mu_{2,i,gB}$	$\mu_{1,i,gC}$	$\mu_{2,i,gC}$	$\mu_{1,1,R}$	$\mu_{2,1,R}$	H	G	Decisão	$Pi \times \mu_{1,i,R}$	$Pi \times \mu_{2,i,R}$
F01	2,6	S3	0,52	0,68	0,40	0,15	0,70	0,34	0,40	0,15	0,40	0,15	0,40	0,15	0,40	0,15	0,40	0,15	0,17	0,94	0,70	0,15	0,40	0,15	0,40	0,15	0,40	0,15	0,25	-0,45	NÃO CONCLUSIVO	1,0	0,4
F02	2,2	S3	0,40	0,15	0,70	0,34	0,52	0,68	0,70	0,34	0,70	0,34	0,35	0,86	0,52	0,68	0,35	0,86	0,40	0,15	0,70	0,15	0,70	0,34	0,52	0,15	0,52	0,34	0,18	-0,13	NÃO CONCLUSIVO	1,2	0,8
F03	2,2	S3	0,70	0,24	0,28	0,46	0,76	0,03	0,28	0,46	0,28	0,46	0,37	0,23	0,37	0,23	0,28	0,46	0,35	0,59	0,76	0,03	0,37	0,23	0,37	0,23	0,37	0,23	0,14	-0,40	NÃO CONCLUSIVO	0,8	0,5
F04	1	S3	0,17	0,94	0,18	0,86	0,17	0,94	0,18	0,86	0,18	0,86	0,28	0,68	0,09	0,94	0,09	0,94	0,52	0,68	0,18	0,86	0,28	0,68	0,52	0,68	0,18	0,86	-0,67	0,04	INVIÁVEL	0,2	0,9
F05	1	S3	0,35	0,86	0,17	0,94	0,35	0,86	0,17	0,94	0,17	0,94	0,17	0,94	0,35	0,86	0,70	0,34	0,70	0,34	0,35	0,86	0,17	0,94	0,70	0,34	0,17	0,94	-0,77	0,12	INVIÁVEL	0,2	0,9
			Baricentro W: médias dos graus resultantes																							0,374	0,384	-0,010	-0,243	NÃO CONCLUSIVO	3,4	3,5	

Quadro 17 – Determinação dos graus de evidência favorável e evidência contrária para a Seção 3.

Fonte: o Autor

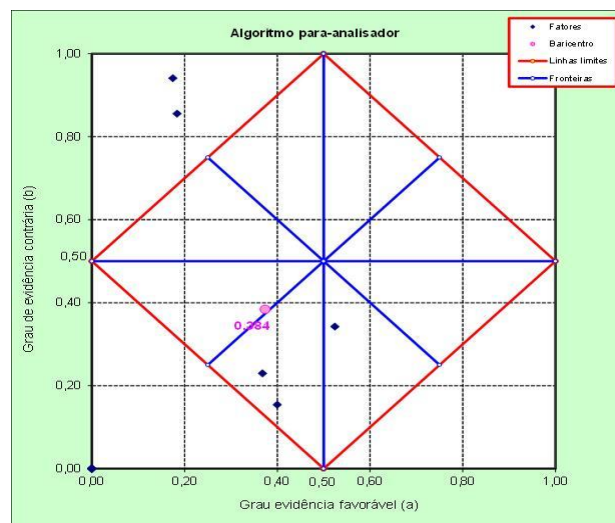


Figura 22– QUPC para a Seção 3.

Fonte: o Autor

Para a Seção 1, cenário onde não existem restrições para a utilização de recursos para as ações de mitigação de riscos, as estratégias sugeridas pelos especialistas convergem para uma região de decisão favorável.

Nesta condição as ações de mitigação referente aos fatores de influência F1 (estoque adicional), F2(transportador alternativo) e F3(flexibilidade do cliente) são sugeridas para a implementação. Entretanto, tratando-se da necessidade de recursos para investimento, em especial para o fator de influência F1, não considerar nenhuma restrição para a elevação dos níveis de estoques, poderá ocasionar efeitos indesejados como, por exemplo: redução do capital de giro da empresa, necessidade de maior área de armazenagem e aumento do risco de avarias.

Para o fator de influência F2, podemos entender a não existência de restrições como a possibilidade de utilizar agentes de carga e modais de transporte, independente das condições de valor de frete negociadas. Esta situação também possui reflexos em relação à margem final de comercialização dos produtos em função dos maiores custos de transporte.

Em relação ao fator de influência F3, a utilização da condição de flexibilidade do cliente para a negociação de prazos de entrega é também restritiva, no sentido que em um mercado com forte concorrência a não disponibilização do produto em um prazo adequado poderá significar a perda do faturamento referente a venda destes produtos.

Os fatores de influência F4 (utilização de sistemas de informações alternativos) e F5 (utilização da cobertura do seguro) se apresentaram como não conclusivos neste cenário. Neste caso é necessária maior investigação para o entendimento dos parâmetros que regem estes fatores.

Portanto, mesmo com a recomendação da implementação neste cenário, faz-se necessário definir limites para os recursos a serem aplicados em cada uma das ações de mitigação propostas no cenário S1.

Para a Seção 2, cenário onde existem restrições moderadas para a utilização de recursos para as ações de mitigação de riscos, as estratégias sugeridas pelos especialistas convergem para uma região não conclusiva. De certa forma este resultado reflete as

considerações de disponibilidade de recursos apresentadas quando da análise da Seção 1. Neste cenário os fatores de influência F1, F2 e F3 apresentaram-se ainda como viáveis, reforçando a recomendação de implementação de ações de mitigação que considerem estes três fatores de influência. Para os fatores F4 e F5 cabem as mesmas considerações apresentadas quando da análise dos resultados da Seção 1.

Para a Seção 3, cenário onde existem fortes restrições para a utilização de recursos para as ações de mitigação de riscos, as estratégias sugeridas convergem também para uma região não conclusiva. Diferentemente dos cenários anteriores, os fatores de influência F1, F2 e F3 como não conclusivos, sugerindo uma investigação em maior detalhe destes parâmetros considerando as premissas deste cenário. Já os fatores F4 e F5 apresentaram como inviáveis neste cenário. O grau de evidência favorável para estes dois fatores foram influenciados neste cenário pelo consenso coletivo dos especialistas que estas ações são de baixo grau de efetividade para a mitigação de riscos.

Um resumo, avaliando a viabilidade de cada cenário segundo o fator de influência é apresentado no quadro 18.

Fator Influência (Fi)	Decisão		
	<u>Cenário 1</u> Sem restrições	<u>Cenário 2</u> Restrições moderadas	<u>Cenário 3</u> Restrições fortes
Estoque adicional	Viável	Viável	Não conclusivo
Transportador alternativo	Viável	Viável	Não conclusivo
Flexibilidade do cliente	Viável	Viável	Não conclusivo
Sistema TI alternativo	Não conclusivo	Não conclusivo	Inviável
Utilização seguro	Não conclusivo	Não conclusivo	Inviável
	VIÁVEL	NÃO CONCLUSIVO	NÃO CONCLUSIVO

Quadro 18 – Viabilidade por cenário segundo o fator de influência (Fi).

Fonte: o Autor

A partir da análise dos riscos e avaliação da estratégias/ações de mitigação propostas será apresentada uma sugestão de plano de contingência conforme as estratégias sugeridas para os fatores de influência F1, F2 e F3.

5.2.2 Elaboração dos planos de contingência

No quadro 18 é apresentada uma proposta para os planos de contingência para os eventos de risco b1 e e2. Esta proposta foi concebida a partir das análises dos eventos de riscos e respectivas ações de mitigação avaliadas e propostas pelo grupo de especialistas. Para a elaboração dos planos de mitigação utilizou-se a metodologia 5W-2H. Cabe ressaltar que estes planos são uma sugestão deste trabalho, cujas ações não foram validadas internamente na referida empresa. O intuito desta sugestão é de apresentar os planos de mitigação conforme o modelo de gestão de riscos proposto nesta pesquisa.

Planos de Contingência									
Evento de risco	Ação de mitigação		"What"	"Who"	"Where"	"When"	"Why"	"How"	"How much"
b1 - Variações na demanda	Utilizar estoque adicional		Rever a política de estoque vigente para o grupo de materiais	Time de planejamento	Centro de distribuição - Brasil	Imediato	Garantir disponibilidade em caso de ruptura	Ajuste do estoque de segurança	Até o limite permitido pela empresa
	Utilizar transportador alternativo		Selecionar e definir outras opções de agentes de cargas		Centro de consolidação - Alemanha	Imediato	Garantir disponibilidade em caso de ruptura	Utilização de outra empresa de transporte	Até o limite permitido pela empresa
e2 - ocorrência de desastres naturais			Em casos extremos, utilização do modal aéreo ao invés do marítimo	Time de planejamento	Centro de distribuição - Brasil	Imediato	Garantir disponibilidade em caso de ruptura	Reduzindo o tempo de trânsito	Até o limite permitido para utilização de frete aéreo
	Considerar a flexibilidade do cliente		Negociar com o cliente situações de não cumprimento dos prazos de entrega, segundo política comercial estabelecida.	Time de planejamento	Centro de distribuição - Brasil	Imediato	Garantir expectativa de atendimento do cliente	Negociando a data de entrega do pedido do cliente	Até o limite permitido pelo cliente

Quadro 19- Planos de contingência propostos conforme análise dos eventos de riscos e estratégias de mitigação.

Fonte: o Autor

5.3 Fase 3 - Monitoramento e controle dos riscos

Conforme já mencionado no capítulo 4, quando da apresentação da aplicação prática, esta fase de monitoramento e controle de riscos não foi implementada através de uma governança específica conforme o processo sugerido pelo modelo proposto. Este ponto necessita também de revisão e aprovação no processo atual estabelecido para o gerenciamento de riscos em operações de transportes para a referida empresa.

Entretanto, para a implementação de uma governança para este processo, seguem algumas recomendações:

- Estabelecimento de uma reunião de frequência mensal, com o objetivo de discutir os principais eventos de riscos identificados, consideração de novos eventos de riscos e eventuais ocorrências que geraram ou poderiam gerar ruptura no fluxo de abastecimento dos materiais importados;
- Definição de um padrão de relatório de acompanhamento dos eventos de riscos, bem como a revisão dos graus de impacto e probabilidade de ocorrência em função dos fatores de riscos em análise;
- Definição de planos de ação para os eventos de risco que demandarem algum tipo de intervenção, no formato 5W-2H;
- Revisão dos planos de contingência estabelecidos;
- Comunicação para os *stakeholders* (empresa, prestadores de serviço, autoridades, etc.) sobre os planos de contingência e de ação estabelecidos para este processo.

6 Conclusões e recomendações

A relevância do tema deste projeto de pesquisa justifica-se no contexto do desenvolvimento de conceitos de gestão de riscos aplicado em planejamento de operações de transportes em cadeias de suprimentos globais. Os resultados da revisão da literatura realizada evidenciam a importância e, ao mesmo tempo, o quão incipiente é o tema tanto na área acadêmica, quanto na aplicação do conhecimento em processos de gestão da cadeia de suprimentos nas organizações.

Em relação ao objetivo do trabalho e a pergunta direcionadora desta pesquisa (P1), o modelo proposto atendeu a necessidade de apresentar uma nova abordagem para o tratamento de incertezas em processos de tomada de decisão em planejamento das operações de transportes, em especial quanto ao entendimento das relações entre os elos/integrantes da cadeia, e quanto ao tratamento das diferentes percepções dos agentes decisores.

Ao incorporar a análise e avaliação do tipo de relacionamento preponderante entre os elos/parceiros diretamente envolvidos no processo de planejamento de transportes, através do modelo MPT expandido, o procedimento proposto permite ao agente planejador maior assertividade quanto à definição das estratégias / ações de mitigações a serem implantadas.

A complementação com a elaboração do mapa de riscos e a utilização da Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial E_t mostrou-se viável quando aplicada para a avaliação das estratégias de mitigação de riscos em ambientes caracterizados por incertezas. A natureza sistemática do procedimento do Método Paraconsistente de Decisão – MPD permitiu avaliar as diferentes percepções do grupo de especialistas, de forma que esta diversidade seja capturada em prol de uma análise em maior profundidade das informações coletadas em campo.

O método proposto, através da aplicação do modelo de gestão de riscos sugerido, mostrou-se válido quanto à sua utilização, cujos resultados da aplicação prática demonstram a viabilidade e fácil aplicabilidade do modelo em planejamento de operações de transportes.

A abordagem de pesquisa exploratória permitiu ainda identificar outros aspectos relevantes para o desenvolvimento da área de conhecimento de gestão de riscos em cadeias de suprimentos.

O primeiro aspecto está relacionado com as inter-relações dos diferentes processos existentes no planejamento de operações em cadeias de suprimentos (gestão de demanda, produção, compras e transportes). Dada a complexidade de considerar de forma integrada os diferentes processos de planejamento e as respectivas variáveis envolvidas, este trabalho definiu como escopo tratar somente o processo de planejamento de transportes. O tratamento de forma integrada dos diferentes processos de planejamento para a gestão de riscos, considerando as influências e interferências das variáveis e eventos de riscos, torna o problema complexo, mas, ao mesmo tempo, instigador sob a ótica da pesquisa, pois os eventos de riscos e as respectivas ações de mitigação permeiam as diferentes áreas da gestão de cadeias de suprimentos.

Por exemplo, como combinar de maneira integrada os efeitos das variações demanda simultaneamente aos desvios dos processos de produção, mensurando os impactos e/ou interferências no processo de planejamento de operações de transportes? O modelo proposto buscou cobrir este entendimento através do levantamento das percepções do grupo de especialistas, entretanto, pode-se incorrer em interpretações que não garantam a eficácia das estratégias/ações sugeridas para a mitigação dos riscos.

Estes pontos mencionados corroboram os aspectos apresentados nas hipóteses (H1) e (H2) desta pesquisa, sendo também evidenciados nos resultados apresentados na atividade de revisão sistemática da literatura.

Como oportunidades de pesquisa futuras são sugeridas as seguintes recomendações de continuidade ao trabalho ora desenvolvido:

1) Incorporar ao modelo proposto a influência e a natureza dinâmica dos eventos de riscos entre os diferentes processos de planejamento. A relação de interdependência entre as variáveis de análise, considerando a combinação das probabilidades de ocorrência entre os diferentes eventos de riscos, bem como o aspecto do comportamento dinâmico destas variáveis / eventos, é uma oportunidade de aprimoramento do modelo.

2) Avaliar a influência da cultura organizacional quanto à propensão em assumir riscos no processo de planejamento e o impacto na tomada de decisão. Existe a percepção que a cultura organizacional possui forte influência nos agentes decisores para a tomada de decisão. Avaliar os resultados das decisões para a mitigação de eventos de riscos com grupos de especialistas presentes em diferentes organizações do mesmo setor, mas com diferentes culturas, é um aspecto a ser investigado em maior profundidade;

3) Como incorporar a visão do cliente final na gestão de riscos em cadeias de suprimentos. As decisões e ações de mitigação implementadas são definidas considerando dados secundários em relação ao cliente final, fator este que pode incorrer em ruídos por falhas de interpretação destes dados secundários, gerando decisões / ações de mitigação que não sejam eficientes sob a ótica e percepção do cliente final;

4) Avaliar a aplicabilidade do modelo proposto de gestão de riscos em outros processos de planejamento da cadeia de suprimentos: gestão de compras, gestão da produção e gestão de demanda. A dimensão de análise do tipo de relacionamento entre os parceiros das cadeias de suprimentos, incorporada no modelo de gestão de riscos apresentado, possibilita identificar e propor estratégias e ações de mitigação de riscos para os demais processos de gestão da cadeia de suprimentos;

5) Avaliar a influência na tomada de decisão em função de fatores como experiência, formação profissional e acadêmica, nível hierárquico e o contexto cultural da organização e do país de origem dos especialistas envolvidos no levantamento. A influência destes fatores quanto à propensão em assumir riscos em ambientes de incerteza não era objeto da pesquisa, entretanto esta percepção merece uma investigação apropriada.

Cabe ressaltar também que este projeto de pesquisa cumpriu o papel de formação do pesquisador enquanto candidato ao título de doutor. A experiência de estágio realizada no

exterior, através de intercâmbio no âmbito do projeto BRAGECRIM, permitiu a interação com outros grupos de pesquisa e o desenvolvimento de trabalhos em cooperação. A produção científica oriunda do tema de pesquisa gerou quatro artigos para publicação: 2 artigos publicados em congresso internacional e também aceitos para publicação como capítulo de livro; 1 artigo publicado em congresso nacional; e, 1 artigo submetido para publicação em periódico indexado. Ainda durante o período de desenvolvimento deste trabalho foram ministradas aulas sobre o tema em disciplina de curso de especialização, propiciando a interação entre profissionais do setor e a discussão sobre oportunidades de desenvolvimento da pesquisa, assim como o desenvolvimento do pesquisador na atividade docente.

Referências bibliográficas

Akobeng, A.K. (2005). *Understanding systematic reviews and meta-analysis*. Archives of Disease in Childhood, v.90, p.845 –848.

ANTT. Manual de procedimentos de fiscalização do transporte rodoviário de produtos perigosos – TRPP / ANTT, 2013.

Ballou, R.H. Gerenciamento da cadeia de suprimentos / logística empresarial. Bookman, 5ª edição, São Paulo, 2006, 616p.

Bask, A. H. (2001). *Relationships among TPL providers and members of supply chains – a strategic perspective*. Journal of Business & Industry Marketing, v.16, p. 470–486.

Bispo, C. A. F., Cazarini, E. W. (2006). *Avaliação qualitativa paraconsistente do processo de implantação de um sistema de gestão ambiental*. Gestão & Produção, v.13, p. 117-127.

Carvalho, F. R., Brunstein, I., Abe, J. M. (2003). *Um estudo de tomada de decisão baseado em lógica paraconsistente anotada: avaliação do projeto de uma fábrica*. Revista Pesquisa e Desenvolvimento Engenharia de Produção, v.1, p. 47-62.

Carvalho, F. R.; Abe, J. M. *Tomadas de decisão com ferramentas da lógica paraconsistente anotada: método paraconsistente de decisão: MPD*. Blucher, 1ª edição, São Paulo, 2011, 213p.

Christopher, M., Mena, C., Khan, O., Yurt, O. (2011). *Approaches to managing global sourcing risk*. Supply Chain Management: An International Journal, v.16, p.67–81.

Christopher, M., Peck, H. (2004). *Building the Resilient Supply Chain*. International Journal of Logistics Management, v.15, p.1–14.

Christopher, M., Peck, H., Towill, D. (2006). *A taxonomy for selecting global supply chain strategies*. International Journal of Logistics Management, v.17, p.277–287.

Colicchia, C.; Strozzi, F. (2012). *Supply chain risk management: a new methodology for a systematic literature review*. Supply Chain Management, v.17, p.403–418.

Cucchiella, F., Gastaldi, M. (2006). *Risk management in supply chain: a real option approach*. Journal of Manufacturing Technology Management, v.17, p.700–720.

da Costa, N.C. A., Bézian, J., Bueno, O. *Elementos de Teoria Paraconsistente de Conjuntos*. Editora Unicamp, São Paulo, 1998, 181p.

Das, A., Handfield, R.B. (1997). *Just-in-time and logistics in global sourcing: an empirical study*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v.27, p. 244–259.

Dill, R, P. (2011). *Lógica Paraconsistente Anotada Evidencial Et Aplicada a Tomada de Decisão*. III Encontro de Administração da Informação, Brasil.

Domingues, M. A., Brunstein, I., Abe, J. M. (2004). Proposta de uso da Lógica Paraconsistente Anotada na análise do poder de competição - o estudo do fator "Dificuldades à entrada de concorrente". XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Brasil.

Dornier, P., Ernst, R., Fender, M., Kouvelis, P. *Logística e operações globais - texto e casos*. Atlas, 1ª edição, São Paulo, 2000, 721p.

Fantazy, K. A., Kumar, V., Kumar, U. (2009). *An empirical study of the relationships among strategy, flexibility, and performance in the supply chain context*. Supply Chain Management, v.14, p.177–188.

Ganguly, K.K., Guin, K.K. (2013). *A fuzzy AHP approach for inbound supply risk assessment*. Benchmarking: An International Journal, v.20, p.129–146.

Gordon, T.J., Hayward, H. (1968). *Initial experiments with the cross impact matrix method of forecasting*. Futures, v.1, p.100–116.

Greenhalgh, T. (1997). *How to read a paper: Papers that summarise other papers (systematic reviews and meta-analyses)*. BMJ, v.315, p.672–675.

Gutierrez, B. S., Abe, J. M., Nogueira, M., Amaral, F. V., Oliveira, C. O., Ângelo, M. S. P., Quinello, M. S. (2011). *Lógica paraconsistente na enfermagem: construção de um protótipo para seleção de diagnósticos e classificação dos resultados de enfermagem*. VII International Conference of Engineering and Computer Education, Portugal.

Hallikas, J., Karvonen, I., Pulkkinen, U., Virolainen, V.-M., Tuominen, M. (2004). *Risk management processes in supplier networks*. International Journal of Production Economics, v.90, p.47–58.

Hittle, B., Leonard, K.M. (2011). *Decision making in advance of a supply chain crisis*. Management Decision, v.49, p.1182–1193.

ICC-IMB – International Chamber of Commerce – International Maritime Bureau. *Piracy and Armed Robbery Against Ships Report*, 2015.

Jüttner, U., Peck, H., Christopher, M. (2003). *Supply chain risk management: outlining an agenda for future research*. International Journal of Logistics Research and Applications, v.6, p.197–210.

Jüttner, U., Maklan, S. (2011). *Supply chain resilience in the global financial crisis: an empirical* Supply Chain Management, v.16, p.246–259.

Kara, S., Kayis, B. (2008). *Proactive logistics risk management - a system dynamics modelling approach*. International Journal of Risk Assessment and Management, v.10, p.224–235.

Kleindorfer, P.R., Saad, G.H. (2005). *Managing Disruption Risks in Supply Chains*. Production and Operations Management, v.14, p.53–68.

Knemeyer, A.M., Zinn, W., Eroglu, C. (2009). *Proactive planning for catastrophic events in supply chains*. Journal of Operations Management, v.27, p.141–153.

Kogut, B., Kulatilaka, N. (1994). *Operating flexibility, global manufacturing, and the option value of a multinational network*. Management science, v.40, p.123–139.

Lawson, G. H.; Pike, R. (1979) *Capital Asset Prices: Risk and Return*. Managerial Finance, v.5, p.42–56.

Lima Júnior, O.F. (2007). *Logistics Services Performance*. Post-doctoral thesis.

Loureiro, S. A., Lima Júnior, O.F. (2010). *Integrated modeling and simulation methods of operations applied to problems: analysis and practical applications*. XVI ICIEOM - International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Brazil.

Malhotra, N. K. *Pesquisa de Marketing - Foco na Decisão*. Pearson, 3ª edição, São Paulo, 2011, 421p.

Manuj, I., Mentzer, J.T. (2008). *Global supply chain risk management strategies*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v.38, p.192–223.

Markowitz, H. (1952). *Portfolio Selection*. The Journal of Finance, v.7, p.77–91.

Matook, S., Lasch, R., Tamaschke, R. (2009). *Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework*. International Journal of Operations & Production Management, v.29, p.241–267.

Montini, D. A., de Oliveira, M. A., Montini, A. A. (2009). *Uma aplicação de MARPS para o gerenciamento de risco em uma fábrica de software*. Informática Pública, v.1, p. 107-124.

Norrman, A., Lindroth, R. *Categorization of Supply Chain Risk and Risk Management*. Ashgate, 2ª edition, England, 2004, 205p.

Oehmen, J., Ziegenbein, A., Alard, R., Schönsleben, P. (2009) *System-oriented supply chain risk management*. Production Planning & Control, v.20, p.343–361.

Oliveira , C. O., Nogueira, M. Amaral, F. V., Ângelo, M. S. P., Gutierrez, B. S., Quinello, M. S., Abe, J. M. (2011) *Lógica paraconsistente anotada evidencial Et e raciocínio baseado em caso: uma ferramenta para diagnóstico da depressão*. VII International Conference of Engineering and Computer Education, Portugal.

Olson, D.L., Wu, D.D. (2010). *A review of enterprise risk management in supply chain*. Kybernetes, v.39, p.694–706.

Pfohl, H.C., Köhler, H., Thomas, D. (2010). *State of the 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.

Portal G1 RJ (2011). *Enchentes no Rio de Janeiro repercutem na imprensa internacional*. <http://g1.globo.com/mundo/noticia/2011/01/enchentes-no-rio-de-janeiro-repercutem-na-imprensa-internacional.html>, 13/01/2011, 16:53.

Portal G1 SC (2014). *Mais de um mês após enchente em SC, famílias permanecem fora de casa*. <http://g1.globo.com/sc/santa-catarina/noticia/2014/07/mais-de-um-mes-apos-enchente-em-sc-familias-permanecem-fora-de-casa.html>, 30/07/2014, 22:42.

Pujawan, I.N., Geraldin, L.H. (2009). *House of risk: a model for proactive supply chain risk management*. Business Process Management Journal, v.15, p.953–967.

Purdy, G. (2010). ISO 31000:2009 - *Setting a New Standard for Risk Management*. Risk Analysis, v.30, p.881–886.

Rao, S., Goldsby, T.J. (2009). *Supply chain risks: a review and typology*. The International Journal of Logistics Management, v.20, p.97–123.

Reuters News (2015). *Toyota likely to divert shipments from China's Tianjin port after blasts*. <http://www.reuters.com/article/us-china-blast-toyota-idUSKCN0QO07U20150819>, 19/08/2015, 01:55.

Reuters News (2011) *Toyota to slow Brazil Corolla output, due to Japan*.

<http://www.reuters.com/article/toyota-brazil->

SN2522842420110425#Y24ckmdEIIMDGLS3.97, 25/04/2011, 19:50.

Ritchie, B., Brindley, C. (2007). *Supply chain risk management and performance: A guiding framework for future development*. International Journal of Operations & Production Management, v.27, p.303–322.

Rotaru, K., Wilkin, C., Ceglowski, A. (2014). *Analysis of SCOR's approach to supply chain risk management*. International Journal of Operations & Production Management, v.34, p.1246–1268.

Rubinstein, M. (2002). *Markowitz's "Portfolio Selection: a Fifty-Year Retrospective"*. The Journal of Finance, v.57, p.1041–1045.

Sanchez-Rodrigues, V., Potter, A., Naim, M. M. (2010). *The impact of logistics uncertainty on sustainable transport operations*. International Journal of Physical Distribution & Logistics Management, v.40, p.61–83.

Santos Júnior, J.B.S., Lima Júnior, O.F., Novaes, A.N. G., Scholz-Reiter, B. (2011). *A comparative analysis of supply network risk management techniques based on systematic literature review*. Anais do XXV Congresso da Associação Nacional de Pesquisa e Ensino em Transportes (ANPET), Brasil.

Santos Júnior, J. B. S., Loureiro, S. A., Lima Júnior, O. F. *A procedure for the selection of a supply network risk mitigation strategy in relational arrangements*., Dynamics in Logistics – Third International Conference, 1st Edition, Hardcover, 2013, 580p.

Sodhi, M.S., Son, B., Tang, C.S. (2012). *Researchers' Perspectives on Supply Chain Risk Management*. Production and Operations Management, v.21, p.1–13.

Soni, G., Kodali, R. (2011). *A critical analysis of supply chain management content in empirical research*. Business Process Management Journal, v.17, p.238–266.

Tang, C.S. (2006). *Perspectives in supply chain risk management*. International Journal of Production Economics, v.103, p.451–488.

Towill, D.R., Disney, S.M. (2008). *Managing Bullwhip-induced risks in supply chains*. International Journal of Risk Assessment and Management, v.10, p.238-257.

Tummala, R., Schoenherr, T. (2011). *Assessing and managing risks using the Supply Chain Risk Management Process (SCRMP)*. Supply Chain Management: An International Journal, v.16, p.474–483.

Waters, D. *Supply Chain Risk Management: Vulnerability and Resilience in Logistics*, Kogan Page, 1st Edition, London, 2009, 256p.

Williams, R., Bertsch, B., Dale, B., van der Wiele, T., van Iwaarden, J., Smith, M., Visser, R. (2006). *Quality and risk management: what are the key issues?* The TQM Magazine, v.18, p.67–86.

Wu, D., Olson, D.L. (2008). *Supply chain risk, simulation, and vendor selection*. International Journal of Production Economics, v.114, p.646–655.

Wu, T., Blackhurst, J., Chidambaram, V. (2006). *A model for inbound supply risk analysis*. Computers in Industry, v.57, p.350–365.

You, F., Wassick, J.M., Grossmann, I.E. (2009). *Risk management for a global supply chain planning under uncertainty: Models and algorithms*. AIChE Journal, v.55, p.931–946.

Zelbst, P. J., Green Jr, K. W., Sower V. E., Reyes P. (2009). *Impact of supply chain linkages on supply chain performance*. Industry Management & Data Systems, v.109, p.665–682.

Anexo I – Modelo do questionário utilizado para o levantamento de opinião de especialistas

Cover Letter

Dear Colleague,

I kindly ask you to fill this questionnaire which is an important contribution to a PhD research on Risk Management for Global Transportation Operations.

The main objective of this study is to develop a robust approach for risk management in order to support risk analysis on transportation flows.

The information you provide is confidential and no answers from individual forms will be published.

If do you have any questions or would like to find out more about this research, do not hesitate to contact me.

Looking forward to your feedback I would like to thank you for your attention and contribution.

Sincerely yours,

Jose Benedito Santos (JB)

PhD candidate at University of Campinas – Unicamp – Brazil

Instructions' Form

This questionnaire is presented in five 5 parts. Each part will encompass different aspects related with risk management on global transportation operations. Specific instructions will be presented on the beginning of each section.

The operations scenario to be considered and also the assumptions for all questions are the following:

- Transportation flows from Company distribution center in Germany to the Company distribution center in Brazil (intercompany operation);
- Shipper: Company in Germany
- Customer: Company in Brazil
- Carrier: Freight forwarder (FF)
- Includes air freight and sea freight shipments (in case of sea freight only FCL – Full Container Load);
- Direct shipments considering DAP incoterm (seaport and airport on destination);
- Type of goods: spare parts and conventional milking equipment.

The answers you provide will be kept confidentially and no information from individual forms will be revealed.

The questionnaire should take around 20 minutes to fill in. There are no “correct” or “incorrect” answers. Please, answer the questions as honestly as you can.

If do you have any questions concerning the content of this survey, please, do not hesitate to contact me at jbened@gmail.com

Thank you very much for your help!

Jose Benedito Santos (JB)

PhD candidate – University of Campinas – Unicamp (Brazil)

Supply chain risk management on global transportation operations

Part 1 - Relationship between supply chain partners

Please, read the text below before answer the questions on part 1.

The dynamic natures of relationships between the various links in the supply networks highlight the need for an appropriate approach for risk management.

The complex network topology influenced by the heterogeneous mix of partners in the supply network increases the complexity of risk profiles.

Considering that the nature of the relationships could be measured as per the three definitions (forces) below:

- Relationships based on “Power”: the company's ability to influence the intentions and actions of others companies;
- Relationships based on “Trust”: an expectation of positive results (or non-negative) that can be reached based on the expected actions of the other part in an uncertain environment;
- Relationships based on “Money”: the transactions between the partners are based only on a financial point of view.

Based on the operations scenario of this survey and on the definitions above, please, choose which one force is more relevant on the relation between:

- 1) Shipper and carrier: Power or Trust or Money
- 2) Customer and carrier: Power or Trust or Money
- 3) Shipper and customer: Power or Trust or Money

Supply chain risk management on global transportation operations

Part 2 – Source of risk – Degree of impact

Please, considering the following transportation operations' risk source groups, and based on your own experience, choose, for each statement, which is the degree of impact on the transportation flow when occur the events presented below:

1 - Risk source group: shipper

1.1 Loss or damage in the shipping operation

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

1.2 Lack of reliability of goods shipped due to quality problems

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

1.3 Shipment time variability

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

2. Risk source group: carrier

2.1 Lack of carrier flexibility in terms of time / transport schedule

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

2.2 Insufficient fleet capacity

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

2.3 Vehicle failure

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

3. Risk source group: customer

3.1 Demand variations

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

3.2 Delivery restrictions

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

3.3 Lack of visibility to optimize consolidation

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

4. Risk source group: control systems (all tools available)

4.1 Lack of information due to material availability

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

4.2 Lack of information to plan appropriate shipment (eg, missing/wrong information of goods dimensions or weight)

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

4.3 Lack of information to track the shipment

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

5. Risk source group: external uncertainty

5.1 Strikes occurrences

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

5.2 Natural disasters occurrences (like flood, earthquake, vulcan eruption, tsunami)

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

5.3 Political and legal changes

a. No impact b. To a small impact c. To a moderate impact d. to a large impact e. to a hudge impact

Supply chain risk management on global transportation operations

Part 3 – Source of risk – Probability of occurrence

Please, considering the following transportation operations' risk source groups, and based on your perception, choose, for each statement, which is the probability of occurrence (chance to occur) on the transportation operations flow of the events presented below:

- Risk source group: shipper

1.1 Loss or damage in the shipping operation

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

1.2 Lack of reliability of goods shipped due to quality problems

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

1.3 Shipment time variability

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

2. Risk source group: carrier

2.1 Lack of carrier flexibility in terms of time / transport schedule

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

2.2 Insufficient fleet capacity

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

2.3 Vehicle failure

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

3. Risk source group: customer

3.1 Demand variations

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

3.2 Delivery restrictions

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

3.3 Lack of visibility to optimize consolidation

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

4. Risk source group: control systems (all tools available)

4.1 Lack of information due to material availability

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

4.2 Lack of information to plan appropriate shipment (eg, missing/wrong information of goods dimensions or weight)

a. 0% b. 25% c. 50% d. 75% e. 100%

4.3 Lack of information to track the shipment

a. 0%

b. 25%

c. 50%

d. 75%

e. 100%

5. Risk source group: external uncertainty

5.1 Strikes occurrences

a. 0%

b. 25%

c. 50%

d. 75%

e. 100%

5.2 Natural disasters occurrences (like flood, earthquake, vulcan eruption, tsunami)

a. 0%

b. 25%

c. 50%

d. 75%

e. 100%

5.3 Political and legal changes

a. 0%

b. 25%

c. 50%

d. 75%

e. 100%

Supply chain risk management on global transportation operations

Part 4 – Mitigation actions

Please, classify in order of relevance (1- low relevance; 5- high relevance) which mitigation actions are more effective to minimize the impacts on business when a disruption caused by transportation operations occurs:

- Buffer stock on source of supply
- Alternative carrier utilization
- Customer flexibility
- Backup IT system
- Insurance issuing

Please, based on your own experience, which mitigation action(s) you would propose when a transportation disruption occurs on the operations scenario presented on this survey?

Supply chain risk management on global transportation operations

Part 5 – Risk management contribution

According to your own experience, do you have a suggestion of any other relevant source of risk or risk event that should be considered on risk analysis on transportation operations? If yes, please, mention and justify your suggestion.

Anexo II – Artigos publicados

A COMPARATIVE ANALYSIS OF SUPPLY NETWORK RISK MANAGEMENT TECHNIQUES BASED ON SYSTEMATIC LITERATURE REVIEW

José Benedito Silva Santos Júnior

Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes – LALT
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Unicamp

Orlando Fontes Lima Júnior

Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes – LALT
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo – Unicamp

Antônio Galvão Novaes

Departamento de Engenharia de Produção
Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC

Bernd Scholz-Reiter

Bremer Institut für Produktion und Logistik - BIBA
Universität Bremen

RESUMO

Redes globais de suprimentos requerem a coordenação precisa dos fluxos de matérias-primas, produtos acabados, recursos financeiros e informações. Operações globais buscam maximizar o lucro da rede através da melhor utilização dos ativos (insumos, recursos produtivos, pessoas e infraestrutura) e da utilização de condições favoráveis da economia e política globais. A natureza dinâmica nas relações entre os diversos agentes numa rede de suprimentos evidencia a necessidade de uma abordagem adequada para gestão de riscos. Nesse contexto, o conhecimento e a correta aplicação de técnicas de gestão de riscos em redes de abastecimento pode tornar-se vantagem competitiva num ambiente globalizado. O objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão das abordagens de gestão de riscos existentes na literatura e avaliar suas aplicabilidades em operações de redes de suprimentos. A metodologia utilizada foi a revisão sistemática com meta-síntese, no intuito de identificar lacunas e oportunidades nesta recente área de pesquisa.

ABSTRACT

Global supply networks require a precise coordination of flows of raw materials, finished goods, information and financial resources. Global operations seek to maximize profits in the supply chain through the best use of productive assets (inputs, production resources, labor and infrastructure) and favorable economic and political global conditions. The dynamic nature of relationships between the various links in the supply chain increases its variability to disturbances. Thereby, there is a need for an appropriate approach to risk management. The knowledge of key techniques of supply network risk management and its correct application is an advantage to enhance the competitiveness of global supply network operations. The aim of this paper is to present a review of technical approaches to risk management and evaluate their applicability in supply network operations. In order to identify the gaps and the research opportunities was used the systematic literature review with meta-synthesis.

1. INTRODUCTION

Global supply networks require a precise coordination of flows of raw materials, finished goods, information and financial resources. Global operations seek to maximize profits in the chain through the best use of productive assets (inputs, production resources, labor and infrastructure) and favorable economic and political global conditions (Manuj and Mentzer, 2008b).

The implementation of innovative management strategies adds a competitive edge in global operations. There are lots of challenges to management complex supply chain processes: the coordination of transportation planning for dealing with the long lead times, the outsourcing of products and services, the reduction of inventory levels through just in time (JIT), collaboration with suppliers located on several continents, network re-design, ability to quick response changes in demand or supply, etc.. All of these points become the organizations and supply network partners more vulnerable to events or situations not covered in the planning stages (Christopher et al., 2011).

Events like natural disasters, closure borders between countries for political-economic or public-health reasons, suppliers' delivery failures of raw materials and components, and so on, have shown the vulnerability of supply networks in a global environment. To address this risk exposure it becomes necessary to use adequate approaches for risk management in global supply networks. Especially for transportation operations as responsible to integrate all the links in the global networks (Hallikas *et al.*, 2004).

Global supply network risk management consists of the identification and evaluation of risks and consequent losses in a global environment, and the implementation of appropriate strategies, through a coordinated approach between network partners, to mitigating these losses and to ensure the supply network outcomes (Manuj and Mentzer, 2008a).

The main discussions in the literature address two issues: first, the vulnerability in the supply network processes (supply, demand, product, information and transportation management) increased by competitive pressure and the market globalization; second, the impact from natural disasters in global supply networks (Wagner and Bode, 2008).

These issues motivated publications presenting frameworks that aim to identify, classify and manage risks in global supply networks. This paper proposes to analyze these works using the systematic literature review method and presents the gaps and the research's opportunities for this new research field. Section 2 presents the methodology adopted and defines the main points of this work. Section 3 shows the results from the literature review analysis. Finally, in section 4, the conclusions and opportunities for future research will be presented.

2. METHODOLOGY

The methodology used in this work was the systematic literature review with meta-synthesis. This approach suggests a procedure for carrying out the literature review covering six steps (Kodali and Soni, 2011):

Step 1: Define the research question, giving the drivers for the literature review. It must be clear and concise;

Step 2: Set the search's strategy - define the databases and search period;

Step 3: Define the criteria for inclusion or exclusion – choose the appropriate keywords for the selection of the papers;

Step 4: Search the articles – select the first group of papers according to the strategy (Step 2) and based on criteria of inclusion/exclusion (Step 3);

Step 5: Analyze the papers – a deep review of the papers selected in the Step 4, considering only the works that are related with the research question (Step 1) and classified in accordance to the following categories:

- a) *Structure* – layer or level of planning (strategic, tactical or operational) that encompasses the risk management technique applied;
- b) *Flows* – which type of flows (information, material or resources) were considered into the technique used;
- c) *Finality* – classification under the type of risk considered: internal or external (Olson and Wu, 2010);
 - Internal:
 - Available capacity: capacity cost, financial capacity/insurance, ability to increase production, structural capacity, supplier bankruptcy;
 - Internal operation: forecast inaccuracy, safety (worker accidents), bullwhip effect, agility/flexibility, holding cost/order fulfillment tradeoff, on-time delivery , quality;
 - Information system: breakdowns, distorted information, integration, viruses/bugs/hackers.
 - External:
 - Nature: natural disaster(flood, earthquake, tsunami, volcano eruption), plant fire, diseases, epidemics;
 - Political system: war, terrorism, labor disputes, customs and regulations;

- Competitor and market: price fluctuation, economic downturn, exchange rate risk, consumer demand volatility, customer payment, new technology, changes in competitive advantage, obsolescence, substitution alternatives.
- d) *Degree of relationship* – considers the scope of the network’s links analysis: internal (inside organization), immediate (until first tier) and expanded (until second tier);
- e) *Technical approach* – what kind of technical approach used: qualitative or quantitative.

Step 6: Present the results – the final results of the analysis, highlighting the journals and authors whom most contribute with the research topic, presenting gaps and future research opportunities.

Figure 1 details the definitions for all the steps according with the described methodology.

In the next section will be presented the final results from the critically examination of the papers in order to show the major findings, regarding the authors and the journals, and the gaps identified.

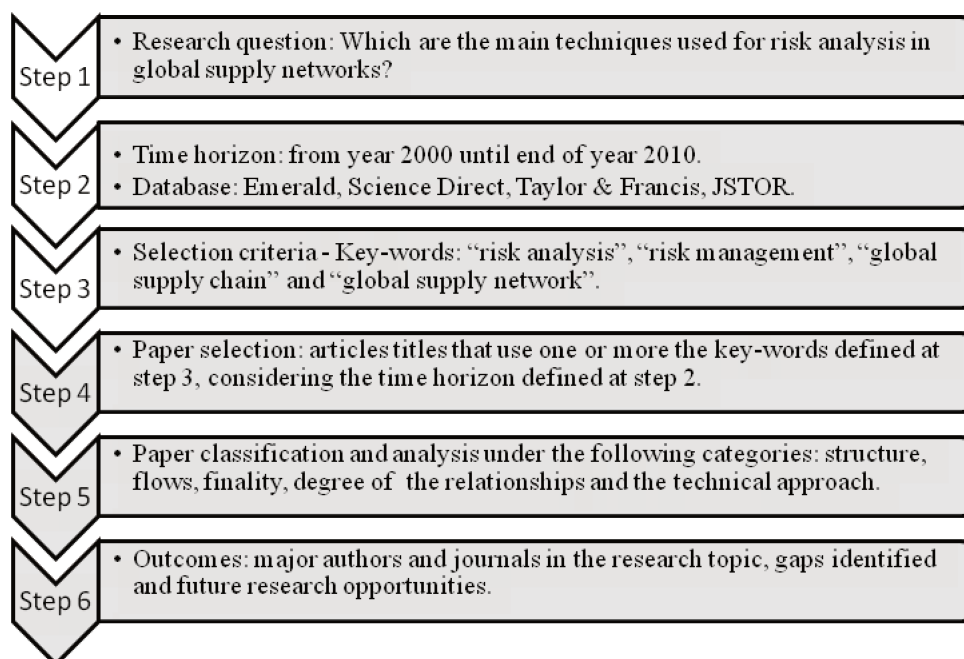


Figure 1: Methodology approach for the systematic literature review (adapted from Kodali and Soni, 2011).

3. RESULTS

As a result applying the methodology, were selected 63 works at step 4. At step 5, during the deep analysis, were defined 5 categories (as detailed in Section 2) to identify the most appropriate works that address the research question (step 1). Finally, 31 papers related were achieved and all of them were analyzed. Table 1 shows the journals' publications per year.

In the last five years were published approximately 75% of the papers concerning technical aspects of network / supply chain risk management. Certainly, this evidence shows the importance of this new research field. Moreover, at least three special issues about risk management were edited by important journals: POM - Production and Operations Management (2005), JSTOR - The Journal of the Operational Research Society (2007) and PPC - Production Planning & Control (2009).

Table 2 shows the representative authors and the analysis of network risk management techniques among the selected papers, according with the five categories (structure, flows, finality, degree of the relationships and technical approach).

Table 1: Papers published per journals per year.

Journal		Papers per year											Total
		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	31
1	Business Process Management Journal	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
2	Computers in Industry	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
3	Interfaces	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
4	International Journal of Operations & Production Management	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	2
5	International Journal of Physical Distribution & Logistics Management	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2
6	International Journal of Production Economics	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3
7	International Journal of Risk Assessment & Management	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
8	Journal of Manufacturing Technology Management	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
9	Journal of Operations Management	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
10	Management Research News	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
11	Production and Operations Management	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	3
12	Production Planning & Control	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	4
13	Strategic Outsourcing: An International Journal	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
14	Supply Chain Management: An International Journal	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	3
15	The Journal of the Operational Research Society	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	4

For the structure category, the most of risk management technics were considered, at least, in two levels of planning simultaneously (strategic-tactical-operational: 29%; tactical-operational: 26% and strategic-tactical: 13%). Around 30% of the papers treated only with the tactical level and 3% only with strategic level. None of the works looked upon operational level alone.

Concerning the flows category, almost all the papers dealt with two kinds of flow (material-information-financial: 68% and material-information: 29%). About the finality category, the majority of the works considered the impacts of internal and external risks (70%). In terms of the relationship's degree, the most of the technics applied looked until to the first tier inside the supply chain (71%). Nearby 29% treated until the second tier of entire supply network. At last, regarding the technical approach category, 58% corresponded to qualitative approach, 22% to quantitative and 20% used both approaches (qualitative and quantitative).

Thereby, from the results presented, some important gaps were identified. First, few approaches considered simultaneously the three planning levels. To achieve the best practices, these three layers must have to be considered in an integrated way. This is an important issue to succeed a reliable management for the entire supply network.

Second, concerning the relationships in global supply networks, the risk management process should be able to deals with all agents or partners in the network. Thus, the main risks could be mapped, measured and managed. In particular, in transportation processes, some aspects like the selection of the mode of transport (maritime, rail, road, air, etc.) should impact the level of risk management decisions.

The last gap recognized was regarding the lots of qualitative techniques used. The qualitative approaches should be useful to identify, map and classify the risks within a global supply network. However, should be necessary to analyze some scenarios to define the trade-off between management decision variables (e.g. stock levels through the network) and the risks taking assumptions. Therefore, combining the qualitative and quantitative techniques would generate the best approach for risk management in global environments.

Table 2: Relevant authors and the analysis of network risk management technics among the selected papers (based on the five categories)

	Author(s)	Technical Approach	Structure	Flows	Finality	Degree of Relationships
1	Zsidion et al., 2000	Qualitative	Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
2	Hallikas et al., 2002	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Expanded
3	Norrman and Jansson, 2004	Qualitative	Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
4	Hallikas et al., 2004	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
5	Gan et al., 2005	Qualitative	Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Immediate
6	Kleindorfer and Saad, 2005	Qualitative	Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
7	Sodhi, 2005	Quantitative	Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
8	Wu et al., 2006	Quantitative and Qualitative	Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
9	Cucchiella and Gastaldi, 2006	Quantitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
10	Tang, 2006	Quantitative and Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
11	Ritchie and Brindley, 2007a	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
12	Ritchie and Brindley, 2007b	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
13	Haksöz and Seshadri, 2007	Quantitative	Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Immediate
14	Tapiero and Kogan, 2007	Quantitative	Strategic	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Immediate
15	Datta et al., 2007	Quantitative	Tactical and Operational	Materials and Information	Internal Risks	Expanded
16	Nagali et al., 2008	Quantitative	Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Immediate
17	Li and Barnes, 2008	Qualitative	Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
18	Micheli et al., 2008	Qualitative	Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
19	Ellegaard, 2008	Qualitative	Strategic and Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
20	Kara and Kayis, 2008	Quantitative and Qualitative	Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
21	Manuj and Mentzer, 2008	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
22	Matook et al., 2009	Qualitative	Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
23	Pujawan and Geraldin, 2009	Quantitative and Qualitative	Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
24	Blos et al., 2009	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Immediate
25	Braunscheidel and Suresh, 2009	Quantitative and Qualitative	Strategic and Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
26	Knemeyer et al., 2009	Qualitative	Strategic and Tactical	Materials and Information	Internal and External Risks	Immediate
27	Neiger et al., 2009	Qualitative	Strategic and Tactical	Materials, Informations and Financial	Internal Risks	Immediate
28	Xiea et al., 2009	Quantitative and Qualitative	Tactical and Operational	Materials and Information	Internal Risks	Immediate
29	Yang et al., 2009	Quantitative	Tactical and Operational	Materials and Information	Internal Risks	Expanded
30	Oehmen et al., 2009	Qualitative	Strategic, Tactical and Operational	Materials, Informations and Financial	Internal and External Risks	Expanded
31	Wu and Olson, 2009	Qualitative	Tactical	Information	Internal Risks	Immediate

4. CONCLUSIONS

During the last ten years many researches regarding risk analyses for supply networks were developed. In an effort to consolidate this knowledge, this paper examined a representative sample of works executed to risk management in supply networks, using a systematic review with meta-syntheses methodology.

As a recent research's field some gaps were identified and some opportunities could be addressed as for future researches. In this way, some suggestions will be highlighted:

- Consolidate the best approaches for risk analysis for global supply networks;
- Develop an comprehensive conceptual approach for risk management in global supply network, considering the integration of the three planning levels and all the relationships among the members of the supply network;
- Develop simulations models, integrated with the holistic conceptual approach that could be applied for risk analysis considering internal and external risks and the dynamic variables of the global environment;
- Identify the interfaces and the specific risks between transportation operation and the others process in a global supply network;
- Investigate the influence of intangible aspects in supply network risk management (e.g. the organizations' brand impacts, environmental impacts, etc.) and how they could be quantified and applied to the simulation scenario analysis.

Acknowledgment

This research was supported by Capes as part of the Brazilian-German Collaborative Research Initiative on Manufacturing Technology (BRAGECRIM).

REFERENCES

- Blos, M. F.; Quaddus, M.; Wee, H.M. and Watanabe, K. (2009) Supply chain risk management (SCRM): a case study on the automotive and electronic industries in Brazil. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 14, n. 4, p. 247-252.
- Braunscheidel, M. J. and Suresh, N. C. (2009) The organizational antecedents of a firm's supply chain agility for risk mitigation and response. *Journal of Operations Management*, v. 27, p. 119-140.
- Christopher, M.; Mena, C.; Khan, O. and Yurt, O. (2011) Approaches to managing global sourcing risk. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 16, n. 2, p. 67-81.
- Cucchiella, F. and Gastaldi, M. (2006) Risk management in supply chain: a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17, n. 6, p. 700-720.
- Datta, S.; Granger, C. W. J.; Barari, M. and Gibbs, T. (2007) Management of Supply Chain: An Alternative Modelling Technique for Forecasting *The Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, p. 1459-1469.
- Ellegaard, C. (2008) Supply risk management in a small company perspective. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 13, n. 6, p. 425-434.
- Gan, X.; Sethi, S. P. and Yan, H. (2005) Channel Coordination with a Risk-Neutral Supplier and a Downside-Risk-Averse Retailer. *Production and Operations Management*, v. 14, n. 1, p. 80-89.
- Haksöz, Ç and Seshadri, S. (2007) Supply Chain Operations in the Presence of a Spot Market: a Review with Discussion. *The Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, p. 1412-1429.

- Hallikas, J.; Virolainen, V. and Tuominen, M. (2002) Risk analysis and assessment in network environments: a dyadic case study. *International Journal of Production Economics*, v. 78, n. 1, p. 45-55.
- Hallikas, J.; Karvonen, I.; Pulkkinen, U.; Virolainen, V. M. and Tuominen, M. (2004) Risk management processes in supplier networks. *International Journal of Production Economics*, v. 90, n. 1, p. 47-58.
- Kara, S. and Kayis, B. (2008) Proactive logistics risk management – a system dynamics modeling approach, *International Journal of Risk Assessment & Management*, v. 10, n. 3, p. 224-37.
- Kleindorfer, P. R. and Saad, G. H. (2005) Managing Disruption Risks in Supply Chains. *Production and Operations Management*, v. 14, n. 1, p. 53-68.
- Knemeyer, A. M.; Zinn, W. and Eroglu, C. (2009) Proactive planning for catastrophic events in supply chains. *Journal of Operations Management*, v. 27, p. 141-153.
- Manuj, I. and Mentzer, J. T. (2008a) Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, v. 38 n. 3, p. 192-223.
- Manuj, I. and Mentzer, J. T. (2008b) Global supply chain risk management. *Journal of Business Logistics*, v. 29, n. 1, p. 133-156.
- Matook, S.; Lasch, R. and Tamaschke, R. (2009) Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework. *International Journal of Operations & Production Management*, v. 29, n. 3, p. 241-267.
- Micheli, G. J. L.; Cagno, E. and Zorzini, (2008) M. Supply risk management vs supplier selection to manage the supply risk in the EPC supply chain. *Management Research News*, v. 31, n. 11, p. 846-866.
- Nagali, V.; Hwang, J.; Sanghera, D.; Gaskins, M.; Pridgen, M.; Thurston, T.; Mackenroth, P.; Branvold, D.; Scholler, P. and Shoemaker, G. (2008) Procurement risk management (PRM) at Hewlett-Packard Company. *Interfaces*, v. 38, n. 1, p. 51-60.
- Neiger, D.; Rotaru, K. and Churilov, L. (2009) Supply chain risk identification with value-focused process engineering. *Journal of Operations Management*, v. 27, p. 154-168.
- Norrman, A. and Jansson, U. (2004) 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.
- Oehmen, J.; Ziegenbein, A.; Alard, R. and Schönsleben, P. (2009) System-oriented supply chain risk management. *Production Planning & Control*, v. 20, n. 4, p. 343-361.
- Olson, D. L. and Wu, D. D. (2010) A review of enterprise risk management in supply chain. *Kybernetes*, v. 39, n. 5, p. 694-706.
- Pujawan, N. and Geraldin, L. H. (2009) House of risk: a model for proactive supply chain risk management. *Business Process Management Journal*, v. 15, n. 6, p. 953-967.
- Ritchie, B. and Brindley, C. (2007a) 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.
- Ritchie, B. and Brindley, C. (2007b) An emergent framework for supply chain risk management and performance measurement. *The Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, p. 1398-1412.
- Sodhi, M. S. (2005) Managing Demand Risk in Tactical Supply Chain Planning for a Global Consumer Electronics Company. *Production and Operations Management*, v. 14, n. 1, p. 69-79.
- Soni, G. and Kodali, R. (2011) A critical analysis of supply chain management content in empirical research. *Business Process Management Journal*, v. 17, n. 2, p. 238-266.

- Tang, C. S. (2006) Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, v. 103, p. 451-488.
- Tapiero, C. S. and Kogan, K. (2007) Risk and Quality Control in a Supply Chain: Competitive and Collaborative Approaches. *The Journal of the Operational Research Society*, v. 58, n. 11, p. 1440-1448.
- Wagner, S. M. and Bode, C. (2008) An empirical examination of supply chain performance along several dimensions of risk. *Journal of Business Logistics*, v. 29, n. 1, p. 307-325.
- Wu, D. D. and Olson, D. L. (2009) Enterprise risk management: small business scorecard analysis. *Production Planning & Control*, v. 20, n. 4, p. 362-369.
- Wu, T.; Blackhurst, J. and Chidambaram, V. (2006) A model for inbound supply risk analysis. *Computers in Industry*, v. 57, p. 350-365.
- Xiaohong, L. and Barnes, I. (2008) Proactive supply risk management methods for building a robust supply selection process when sourcing from emerging markets. *Strategic Outsourcing: An International Journal*, v. 1, n. 3, p. 252-267.
- Xiea, K.; Liuab, J.; Penga, H.; Chena, G. and Chena, Y. (2009) Early-warning management of inner logistics risk in SMEs based on label-card system. *Production Planning & Control*, v. 20, n. 4, p. 306-319.
- Yang, D.; Xiao, T. and Shen, H. (2009) Pricing, service level and lot size decisions of a supply chain with risk-averse retailers: implications to practitioners. *Production Planning & Control*, v. 20, n. 4, p. 320-331.
- Zsidisin, G. A.; Panelli, A. and Upton R. (2000) Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 5, n. 4, p. 187-197.

M. Eng. José Benedito Silva Santos Júnior (jbened@fec.unicamp.br)
 Prof. Dr. Orlando Fontes Lima Júnior (oflimaj@fec.unicamp.br)
 LALT - Laboratório de Aprendizagem em Logística e Transportes
 Unicamp – Universidade Estadual de Campinas
 FEC- Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo
 DGT - Departamento de Geotecnia e Transportes
 Rua Albert Einstein, 951, Sala 08, Caixa Postal 6021 - Cidade Universitária Zeferino Vaz
 13083-852, Barão Geraldo - Campinas - SP - Brasil

Prof. Dr. Antônio G. N. Novaes (novaes@deps.ufsc.br)
 Departamento de Engenharia de Produção
 Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC
 Campus Universitário, Trindade, 88040-970, Florianópolis - SC, Brasil

Prof. Dr.-Ing. Bernd Scholz-Reiter (bsr@biba.uni-bremen.de)
 Bremer Institut für Produktion und Logistik - BIBA
 Universität Bremen
 Hochschulring 20, 28359, Bremen, Germany

A Procedure for the Selection of a Supply Network Risk Mitigation Strategy in Relational Arrangements

José B. S. Santos Júnior, Sérgio A. Loureiro, Orlando F. Lima Júnior

Learning Lab in Logistics and Transport, Civil Engineering, Architecture and Urban Design School at the University of Campinas, Campinas, São Paulo, Brazil.

e-mail: jbened@fec.unicamp.br

Abstract

A proper management of the relationships among the partners in a supply network is key factor for increasing the competitive advantage in a global environment. The dynamic nature of these relationships, influenced by the heterogeneous mix of partners, increases the complexity of risk profiles and requires an appropriate approach for risk management. Supply network risk management (SNRM) consists of identification of risks, their evaluation and implementation of risk mitigation strategies in a supply network environment. This paper presents an additional procedure to select the appropriate strategy to mitigate risks in a SNRM framework. This procedure complements the Tummala and Schoenherr's SNRM framework, including a model which identifies the behavior of relationships between network partners. A test case from the literature is used to validate this approach. Finally, the results are compared with two different works that used the same case study.

1 Introduction

Nowadays, relationships between companies are seen as opportunities to gain complementary assets (technologies and skills). Thus, the management of relationships between organizations has become a key factor in the new economy. The rapid growth of different models of relational arrangements between companies such as inter-organizational networks, joint ventures, coalitions, extended enterprises, virtual enterprises, consortia, partnerships and alliances, emphasizes this relevance (Loureiro and Lima Júnior 2010).

The dynamic nature of relationships between several links in the supply networks (SN), in a global environment, requires an appropriate approach for risk management.

Supply network risk management (SNRM) consists of identification and evaluation of risks and consequent losses in a global environment, and implementation of appropriate strategies, through a coordinated approach among network partners, to mitigate these losses and to ensure the SN outcomes (Manuj and Mentzer 2008).

This paper aims to present an additional procedure to select the appropriate strategy to mitigate risks in a generic supply network risk management framework. This procedure focuses on different behaviors in relational arrangements between SN partners and extent the Money-Power-Trust model (MPT Model) developed by Loureiro and Lima Júnior 2010.

This paper is structured as follows: after the introduction, section 2 shows the main concepts regarding risk management and relational arrangements. Section 3 presents the complementary procedure for SNRM and a test case to validate this model. Finally, in section 4, conclusions and opportunities of future research are outlined.

2 Risk Management and Relational Arrangements

2.1 Risk Management

The topic of risk management has its origin in economic and financial fields. However, this concept has been expanded to other disciplines, for example, supply chain management.

Nevertheless, the definitions of risks in different disciplines are harmonic in presenting three issues: the unpredictability - the difficulty to identify and make an assertive prediction of the occurrence of an event; the decision-making – how to make the most appropriate decision in this uncertainty environment; and finally, the potential for losses - how to estimate the possible effects and losses associated with a particular event. (Ritchie and Brindley 2007).

The risk and uncertainty definitions used in this paper are: risks as the expected outcome of an uncertain event; uncertainties as an absence of information regarding a specific event that reflects the ambiguity surrounding the decision, its causes and possible solutions (Manuj and Mentzer 2008).

Basically, potential sources of risks are identified in accordance with: environment characteristics, industry characteristics, network configuration, network partners, organization strategy, problem specific variables and decision making (Christopher et al. 2011).

Based on these sources, some authors proposed classifications for risks. Tang (2006) classifies risks according to: risks related to operation (uncertainties in network, such as variability in demand, disruptions during the supply process, etc.); risks related to natural disasters (hurricanes, earthquakes, etc.); and, risks caused by direct human actions (war, financial bubbles, etc.). Olson and Wu (2010) present the risks sources according to two main categories: internal sources, including all the risks related to internal SN process (e.g. available capacity in supply, production and transportation process); and external sources: risks related to external events like changes in political and financial systems, disasters in nature (floods, epidemics, etc.) and changes in market regulation and competitors. This work will use the typology presented by Olson and Wu 2010.

All these sources of risks show vulnerability of supply networks in a global environment. To address these risk exposures, using adequate approaches for risk management in SN is necessary (Hallikas et al. 2004).

Essentially, a generic SNRM framework considers four steps: risks identification, analysis, evaluation and monitoring. In the first step all risks for supply chain are determined. In the analysis phase, a deep understanding of risk identification is required. The purpose of the evaluation step is to define the most appropriate management response for each risk or combination of risks. Finally, in the last step, a monitoring and control procedure has to be implemented to manage risks. (Khan and Burnes 2007, Ritchie and Brindley 2007). Table 2.1 summarizes frameworks of SNRM from literature.

This paper is based on the framework presented by Tummala and Schoenherr 2011. This framework has three phases. Phase 1 approaches three steps: risk identification, which involves the determination of potential supply chain (SC) risks; risk measurement, which determines the effects of potential SC risks and their magnitudes; and, in the last step, risk assessment, which determines the likelihood of each potential risk.

In phase 2, this framework presents two steps: risk evaluation, which defines the risk exposure and the risk acceptance for each potential risk; and risk mitigation and contingency plan, which involves the development of the mitigation strategies and the response actions.

Finally, in phase 3, in risk control and monitoring step, the action plans are monitored and corrective actions can be implemented, if it necessary.

This framework encompasses a more robust approach, considering the components and stages from the models presented by Ritchie and Brindley 2007, Matook et al. 2009, Cucchiella and Gastaldi 2006 and Kleindorfer and Saad 2005.

Table 2.1 – Frameworks of Supply Network Risk Management.

Source	Framework basis
Kleindorfer and Saad (2005)	Four steps: 1- specify the nature of underlying hazards leading to risks; 2- risk assessment 3- manage risks 4- mitigate risks
Cucchiella and Gastaldi (2006)	Six stages: 1- analysis supply chain 2- identify sources of uncertainty 3- examine the subsequent risks 4- manage risks 5- individualize the most adequate strategy 6- implement supply chain risk strategy
Ritchie and Brindley (2007)	Five components: 1- risk sources and profile; 2- risk and performance drivers; 3- risk and performance consequences; 4- risk management responses; 5- risk performance outcomes.
Matook et al. (2009)	Five stages: 1- risk identification; 2- risk assessment; 3- Report and decision of risk 4- Risk management responses 5- Risk performance outcomes
Tummala and Schoenherr (2011)	Three phases: Phase 1: risk identification, measurement and assessment; Phase 2: risk evaluation, mitigation and contingency plans; Phase 3: Risk control and monitoring.

2.2 Strategies to Risk Mitigation in Supply Networks

Several authors suggest different strategies to risk mitigation in the SN context. These strategies encompass actions to avoid the disruption in the whole SN operations (supply,

production and distribution processes). Focusing on the supply processes, Christopher et al. 2011 propose some strategies to mitigate risk sources: redesign the supply network, considering multiple sourcing; collaboration between sourcing parties, building trust in relationships; agility, giving quick response to unpredictable changes in demand or supply; and, creating a sourcing risk management culture, by monitoring and managing the risk profile of the SN.

2.3 Relational Arrangements

Different approaches and theories have been applied to the study of inter-company relationships. Three representative perspectives are: transaction cost, recourse based and industry structure. The common feature of these theories and approaches is the importance given to elements related to power and trust. Several classifications have been proposed based on these theories and approaches. Most of them have focused on the dyadic relationships (supplier-consumer).

All these classifications try to rank relationships between inter-companies through a scale ranging from arm's length to vertical integration. The importance of the relationship increases according to the level of formalization of the relationship, the number of interactions between organizations, and the level of information and communication exchanged between them. However, companies are involved in several different relationships at the same time in order to manage their position in the business network (Bengtsson and Kock 2000). Some of them are characterized as competition, or cooperation or collaboration.

Competition means the conflicting relationship associated with market power (e.g. the values associated with the brand), industry attractiveness, knowledge management and ethical issues of the organization (Rajagopal 2007).

Cooperation refers to the level of willingness to work among the organizations, which is performed by the division of labour between the participants, whether subordinated or not, to the hierarchical coordination (Payan 2007, Peña and Arroyabe 2002). While collaboration is a coordinated and synchronized activity, the effort to build and maintain shared operations involves several aspects like: communication, trust, commitment, information sharing and joint planning (Barrat 2004).

Nowadays a competition-cooperation dichotomy guides the relationships between organizations (Balestrin and Verschoore 2008). Formal and informal mechanisms of reward and punishment have been adopted by many links of production networks to accomplish a better integration (Ballou 2006). These mechanisms are based on power and trust.

Power in intercompany relationship is the company ability to influence on intentions and actions of other companies. The power exercised by an agent in the supply network is directly related to his position in the SC and the segment that he belongs to (Williams and Moore 2007, Stadtler 2009).

Trust is an expectation of positive results (or non-negative) based on the expected actions of other part in an interaction characterized by uncertainty (Sahay 2003).

2.4 MPT Model

Lima 2007 proposes it is necessary to analyze the combination of three different forces in relational arrangements of supply chains: money, power and trust. For the author, these forces are responsible for the behavior of agents in the SC. Figure 2.3.1 illustrates the MPT (money, power, trust) model proposed.

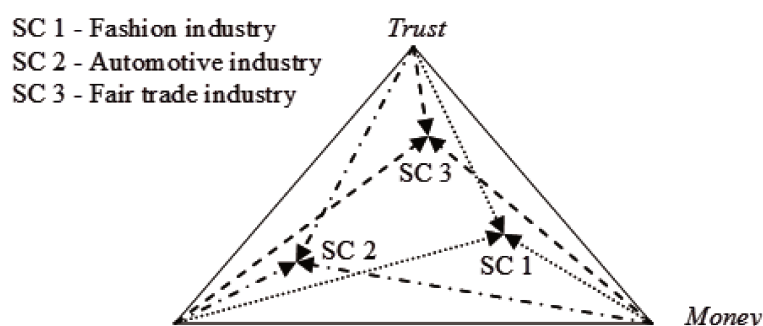


Fig. 2.3.1 – MPT Model (Lima 2007)

Thus, in addition to the relationships based on trust and power, some agents have the predominance of money exchange for goods or services between them.

Benton and Maloni 2005 emphasize the perception described above. According to the authors, the relationships in supply chains vary from one dimension of discrete operations to integrated operations. The elements related to interactions between agents are:

communication, planning and goals, benefits and risks, information sharing and troubleshooting.

Table 2.3.1 shows the combination between the set of the elements presented by Benton and Maloni 2005 and the forces proposed by Lima 2007.

Table 2.3.1 – Characteristics of the relational arrangements in supply networks.

Elements	Forces		
	Money	Power	Trust
Duration	Discrete	Short and medium term	Long term
Attitude	Independent, doubtful	Independent and competitive	Open, confident and co-operative
Communication	Virtually nonexistent	Intensive, but predominantly unidirectional	Complex and bi-directional
Information	Owner	Owner	Shared
Planning and Goals	Individual, short-term	Individual, short-term	Group, long term
Benefits and Risks	Individual	Individual	Shared
Troubleshooting	Disintegrated	Top-down	Mutual integrated

3 Procedure for Selection of Mitigation Strategy in SNRM Framework

This paper proposes a procedure to assist the selection of mitigation strategy in the SNRM framework, specifically in the step “risk mitigation and contingency plan” (phase 2 of the Tummala and Schoenherr’s framework). In this step the most suitable strategy must be identified and selected to mitigate SN risks. The procedure suggests the application of the MPT model, extended for risk management approach, to identify the predominant force in relationships to support the selection of mitigation strategy for risks.

During the risk assessment (the last step of Phase 1 in the framework of Tummala and Schoenherr 2011) it is necessary to identify what force is the most relevant in the SN relationships (according to table 2.3.1). Afterwards, the most suitable(s) strategy(ies) must be selected. The whole procedure is summarized in figure 3.1

The selection of mitigation strategy results in risk-taking choice for the operation in a SN. This choice has a strong correlation with investments and resource allocation in a SN. So, a structured procedure that aids the selection of the most appropriate mitigation strategy could spare resources in a SN.

Thereafter it is presented the MPT model extended for risk management and a test case applied to validate this procedure. This test case used one of the companies analyzed in the exploratory study by Zsidisin et al. 2000. These authors identified the mitigation strategies used for some industries in the purchasing department.

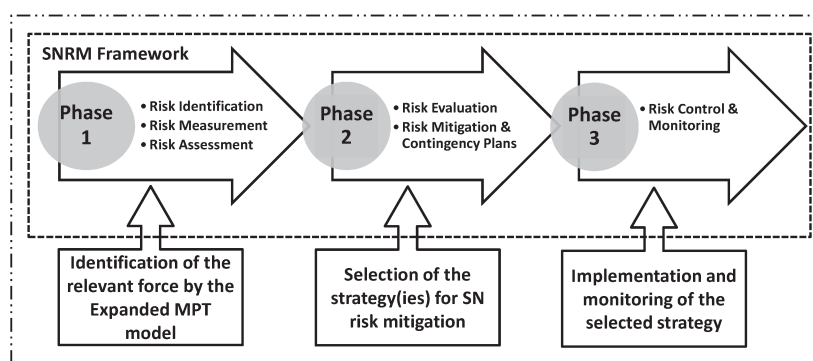


Fig. 3.1 - Procedure for selection of risk mitigation strategy.

3.1 MPT Model Expanded for Risk Management

The MPT model developed by Lima 2007 was adapted considering the risk management approach. This extended model shows the combination of three different forces (money, power and trust) and three classes of elements (communication and information, benefits and risks, and contracts and arrangements) to understand the relationships among supply network partners (agents). These forces and elements are responsible for the behavior of agents in the SN. The resulted behavior influences the selection of mitigation strategy in a SN. Figure 3.1.1 presents the MPT model extended.

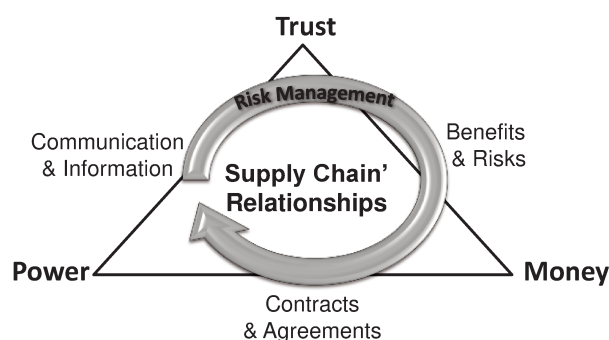


Fig. 3.1.1 - Extended Money, Power and Trust Model (adapted from Lima 2007)

3.2 Test Case

In order to validate this approach, the procedure was applied for one company in the exploratory study by Zsidisin et al. 2000. The company selected was from the aerospace industry with the following characteristics: large size (annual revenue over USD 10 billion), with an expressive number of suppliers, performs risk management through the use of qualitative and quantitative models, and based the risk analysis on the capacity of the suppliers.

From these assumptions and with the additional information given by the exploratory study, it was identified that the trust force was the most relevant issue in the relationships between the company and its suppliers. In this case, based on the previous discussion regarding risk management and relational arrangements, a suggested mitigation strategy is to increase the visibility in the relationships, through an intensive collaboration (e.g. sharing production and supplier orders information).

Christopher et al. 2011 highlight this strategy option for this segment of industry, by creating a risk management culture in SN. Actually, the company adopted a mitigation strategy to closely work with the supplier to mitigate risks.

4 Conclusions and Future Research

This paper presented a procedure to aid the selection of mitigation strategy in supply networks, applying the MPT model in a risk management framework. This approach demonstrated a good potential in the case tested, although it is necessary to validate this model in other situations. Suggestions for future research: a) Increase the analysis in different supply chain process (e.g. production, transportation, etc.) as well as in different types of relational arrangements (collaborative, competitive or cooperative); b) Apply this approach in a global supply

network, considering the external risks in this environment; and c) Develop a simulation model to allow the generation of multiple scenarios considering different mitigation strategies.

Acknowledgments This research was supported by Capes as part of the Brazilian-German Collaborative Research Initiative on Manufacturing Technology (BRAGECRIM).

References

- Balestrin A, Verschoore J (2008) Redes de cooperação empresarial: estratégias de gestão na nova economia, Porto Alegre: Bookman
- Ballou R H (2006) The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, 16:375-386
- Barratt M (2004) Understanding the meaning of collaboration in the supply chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, 9:30-42
- Bengtsson M, Kock S (2000) "Coopetition" in Business Networks—to Cooperate and Compete Simultaneously. *Industrial Marketing Management*, 29:411-426
- Benton W C, Maloni M (2005) The influence of power driven buyer/seller relationships on supply chain satisfaction. *Journal of Operations Management*, 23:1-22
- Christopher M, Mena C, Khan O, Yurt O (2011) Approaches to managing global sourcing risk. *Supply Chain Management: An International Journal* 16(2): 67-81
- Cucchiella F, Gastaldi M (2006) Risk management in supply chain: a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 17(6):700-720
- Hallikas J, Karvonen I, Pulkkinen U, Virolainen V M, Tuominen M (2004) Risk management processes in supplier networks. *International Journal of Production Economics*, 90(1): 47-58.
- Khan O and Burnes B (2007) Risk and supply chain management: creating a research agenda. *International Journal of Logistic Management* 18(2):197-216
- Kleindorfer P R, Saad G H (2005) Managing disruption risks in supply chains. *Production and Operations Management*, 14(1):53-68
- Lima O F (2007) Logistics services performance. *Sabatical Studies* Bournemouth: Bournemouth University, UK
- Loureiro S A, Lima Júnior O F (2010) Integrated modeling and simulation methods of operations applied to problems: analysis and practical applications. In: XVI ICIEOM - International Conference on Industrial Engineering and Operations Management, São Carlos, Brazil, 112-121
- Manuj I, Mentzer J T (2008) Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physics Distribution and Logistics Management* 38(3):192-223
- Matook S, Lasch R, Tamaschke R (2009) Supplier development with benchmarking as part of a comprehensive supplier risk management framework. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(3):241-267
- Olson D L, WU D D (2010) A review of enterprise risk management in supply chain. *Kybernetes*, 39(5):694-706
- Peña N A, Arroyabe J C F (2002) Business cooperation: from theory to practice, New York: Palgrave Macmillian
- Payan J M (2007) A review and delineation of cooperation and coordination in marketing channels. *European Business Review*, 19:216-33
- Rajagopal A (2007) Competition versus cooperation: analysing strategy dilemma in business growth under changing social paradigms. *International Journal of Business Environment*, 1:476-487
- Ritchie B, Brindley C (2007) An emergent framework for supply chain risk management and performance measurement. *The Journal of the Operational Research Society* 58(11):1398-1412
- Sahay B S (2003) Understanding trust in supply chain relationships. *Industrial Management & Data Systems*, 103:553-563
- Stadtler H (2009) A framework for collaborative planning and state-of-the-art. *OR Spectrum* 31:5-30
- Tang C S (2006) Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics*, 103: 451-488
- Tummala R, Schoenherr T (2011) Assessing and Managing Risks Using the Supply Chain Risk Management Process - SCRMP. *Supply Chain Management: An International Journal*, 16(6):1-26
- Williams Z, Moore R (2007) Supply chain relationships and information capabilities: the creation and use of information power. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 37:469-483
- Zsidisin G A, Panelli A, Upton R (2000) Purchasing organization involvement in risk assessments, contingency plans, and risk management: an exploratory study. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(4):187-197

Event Management for Uncertainties in Collaborative Production Scheduling and Transportation Planning: A Review

**Bernd Scholz-Reiter, Yi Tan, Nagham El-Berishy and
José B. S. Santos Júnior**

B. Scholz-Reiter, Y. Tan and N. El-Berishy
Planning and Control of Production Systems (PSPS), University of Bremen, Bremen, Germany
e-mail: bsr, tan, elb@biba.uni-bremen.de

J. B. S. Santos Júnior
Learning Lab in Logistics and Transport, Civil Engineering Architecture and Urban Design School at the University of
Campinas, Campinas, São Paulo, Brazil.
e-mail: jbened@fec.unicamp.br

Abstract This paper presents a review of using event management to deal with the uncertainties in production scheduling and transportation planning processes at the operational level. Moreover, it argues the importance of considering uncertainties and application of event management in a collaborative production and transportation planning process at the operational level.

1 Introduction

Supply chain management (SCM) requires a precise coordination of flows of raw materials, finished goods, information and financial resources. With the fast development of information technology and the global market, collaboration between different functional units in a supply chain (SC) has become one of the key success factors for global companies.

However, to achieve this collaboration companies are facing new challenges. On the one hand, this collaboration requires companies to respond to changes of customer needs quickly. On the other hand, due to shorter product life cycles as well as an increased number of product variants and the increasing dependence of supply chain functional units, the entire supply chain has become more dynamic than ever before (Stank et al. 2011).

In this dynamic environment, uncertainties of the SC activities, represented by the gap between the planned and the actual system status, occur frequently and therefore must be considered in the SC planning processes. This gap shows a new challenge for the management of complex and dynamics SC processes. The entire organizations and the SC partners are more susceptible to unexpected events or situations not covered in the SC planning stages (Christopher et al. 2011). Processes, such as the coordination between transportation planning stages for dealing with long lead times, the ability to quick response to relevant changes in demand or supply, the synchronization between production scheduling and transportation

planning, the outsourcing of products and services, the reduction of inventory levels through just in time (JIT), the collaboration with suppliers, etc., emphasize this important management issue.

This paper focus on two SC processes: production and transportation. The aim of this paper is to review the state of the art of using event management to deal with the uncertainties in these two processes. Indeed, this work argues the importance of considering the uncertainties in a collaborative production and transportation planning at the operational level. The paper is organized as followed: section 2 presents an overview of Supply Chain Event Management (SCEM) and Supply Chain Risk Management (SCRM). Section 3 shows a review of the literature regarding event management and rescheduling techniques in the production environment to deal with uncertainties. Section 4 summarizes the important issues and methods in transportation planning linked with uncertainties. Section 5 discusses the collaborative production and transportation planning considering uncertainties. The paper closes with a conclusion and description of future research.

2 Supply Chain Event Management and Supply Chain Risk Management

In order to properly react to these unexpected deviations, a high degree of transparency and visibility in the supply chain processes are necessary. The concept of Supply Chain Event Management covers the visibility and transparency requirements focusing on two main goals. First, identifying possible unexpected deviations and reducing their impacts, to assure the customer satisfaction and the operation efficiency; second, creating the supply chain visibility (Otto 2003).

In order to fulfill these goals SCEM identifies deviations in SC processes between the planned and the actual status. Afterwards, it starts actions to minimize the gaps for the whole SC, according to some predefined rules. The main role of applying the SCEM is to eliminate or to reduce the delay time between the moments when an unexpected event occurs and when the decision maker addresses and solves the problem caused by this event.

Supply Chain Risk Management consists of the identification and evaluation of risks as well as the consequent losses. In addition, this approach mitigates these losses and ensures the supply chain outcomes through the implementation of coordinated strategies among the SC partners (Manuj and Mentzer 2008).

In general, the SCRM considers four steps: risks identification, analysis, evaluation and monitoring. In the first step all risks for the supply chain are determined. At the analysis phase, a deep understanding of the risk's identification must be done. The purpose of the evaluation step is to define the most appropriate management response for each risk or combination of risks. Finally, a monitoring and control procedure has to be implemented to manage the risks (Ritchie and Brindley 2007a and b, Khan and Burnes 2007). This step encompasses the major part of the SCEM process. This fact shows the strongest link between SCEM and SCRM.

Basically, potential sources of risks can be identified in accordance with: environmental characteristics, industrial characteristics, network configuration, network partners, organization's strategy, problem specific variables, and decision making. The risks associated with SC management are classified as: risks related to the operation (variability in demand, disruption in the supply process, etc.); risks related to natural disasters (hurricanes, tsunamis, earthquakes, etc.); and, risks caused by direct action of human (war, financial bubbles, etc.) (Tang 2006). This paper focuses on the operation risks. Table 2.1 presents the most relevant uncertainties at the operational level focusing on these two SC processes.

The risk-taking decisions influence the selection of risk management strategy for operations in a supply network. For example, the postponement¹⁰ strategy in a manufacturing environment could increase the product development costs and the investments to the higher flexibility needed for the assembly lines.

Table 2.1 Uncertainties related with production and transportation planning processes at the operational level.

¹⁰ The decision to delay some manufacturing activities like assembly, labeling or packaging

Type of Uncertainty	Triggers related with Production Planning	Triggers related with Transportation Planning
Supply	Raw material delay	Single sourcing under JIT strategies
	Quality problem	Lack of carrier flexibility (time, fleet options and capacity)
Production	Machines breakdown	Lack of integration with production
	Job cancelled (dropped/destroyed)	Production system delay
	Urgent order (rush or "hot") arrival	Production order cancelled
	Over/under estimated processing time	
	Job goes on hold	
	Number of jobs exceed threshold	
	Schedule not followed by personal	
	Unexpected maintenance	
	Rework or quality problems	
Transportation	Transportation system delay	Shipment time variability
		Loss or damage of materials in the shipping operation
		Fleet breakdown or lack of drivers
		Unexpected repairs for preferred transport routes
Information	Poor stock auditing and poor quality control system	Poor stock auditing and poor quality control system
	Database inaccuracy	Database inaccuracy
Demand	Urgent (rush or "hot") job arrival	Customer order cancelled (dropped/destroyed)
People management	Personnel delay	Lack of drivers

However, planning process needs to react for these exceptions to give a solution for the system's current status. In an effort to extend the SCEN research, this paper proposes an approach considering the uncertainties in the integrated production and transportation planning systems at the operational level simultaneously.

3 Event Management for Uncertainties in Production Scheduling

In order to deal with unexpected events occurring during a production process (see the rescheduling triggers for production planning listed in table 2.1), rescheduling has been investigated in the last decade. Rescheduling focuses on the operational level of the production planning.

When unexpected events take place and invalidate the planned production schedule, rescheduling is applied. It updates the current production schedule or generates a completely new schedule according to the current state of the production system. Rescheduling as a reaction to events enhances the reliability, robustness and performance of a production planning and control system. Thus maintains the desired manufacturing objectives, such as on-time completion of customer orders, factory throughput or production cycle time.

Compared with the conventional scheduling, rescheduling has to fulfill two new requirements:

Efficiency: In contrast to the offline scheduling approaches that run a long time (from several hours to several days) to generate a near optimal schedule prior to a production process starts, rescheduling is applied during a production process. Hence, the production has to stop and wait for the new schedule. Any delay of the production process caused by the computational time of the rescheduling approach lengthens flow time of the production process and affects the delivery dates of the customer orders. Therefore, rescheduling is time critical and typically has to be a real-time application.

Flexibility: The initial state of a rescheduling problem is normally more complex than that of a scheduling problem. Rescheduling has to take more aspects of the production systems state into account, e.g. release times of machines.

Furthermore, a necessary information system (sensors, communication networks, hardware and software) for monitoring unexpected events as well as the manufacturing system state (jobs and machines) is a precondition to apply the rescheduling.

Vieira et al. 2003 summarizes works in production rescheduling and presents a framework (see table 3.1) for understanding and classifying rescheduling research. The framework includes rescheduling environments, strategies, policies, and methods. “The rescheduling environment identifies the set of jobs that need to be scheduled. A rescheduling strategy describes whether or not production schedules are generated. A rescheduling policy specifies when rescheduling should occur. Rescheduling methods describe how schedules are generated and updated”.

For event management in production we focus on the predictive-reactive rescheduling strategy and its event-driven rescheduling policy, in which an initial schedule is generated before a production process start and this schedule will be updated if an event occurs during the production process. For this strategy and policy Vieira et al. 2003 introduces three categories of rescheduling methods to repair the initial schedule. They are right-shift rescheduling, partial rescheduling and complete regeneration.

Pfund et al. 2006 processed a survey in 14 semiconductor companies and shows that the state of the practice for rescheduling is to use dispatching rules. The framework of Vieira et al. 2003 defines dispatching rules as a dynamic rescheduling strategy without generating a new schedule. Nevertheless, with light extensions (e.g. by means of the active schedule

generator of Giffler and Tompson 1960¹¹) dispatching rules can also generate schedules and be applied as the predictive-reactive rescheduling strategy. Dispatching rules can repair the current schedule partially or generate a new schedule completely.

Table 3.1 Rescheduling framework of Vieira et al. 2003.

Rescheduling environments				
Static (finite set of jobs)		Dynamic (infinite set of jobs)		
Deterministic (all information given)	Stochastic (some information uncertain)	No arrival variability (cyclic production)	Arrival variability (flow shop)	Process flow variability (job shop)

Rescheduling strategies				
Dynamic (no schedule)		Predictive-reactive (generate and update)		
Dispatching rules	Control-theoretic	Rescheduling policies		
		Periodic	Event-driven	Hybrid

Rescheduling methods				
Schedule generation		Schedule repair		
Nominal schedules	Robust schedules	Right-shift rescheduling	Partial rescheduling	Complete regeneration

In the practice, dispatching rules are simple to be implemented and applied in production processes. In addition, they fulfill the efficiency and flexibility requirements of rescheduling. Priore et al 2001 as well as Chen and Yih 1996 indicate that the performance of dispatching rules depends on the state of the manufacturing system at each moment, and no single rule exists that is better than the rest in all the possible system states.

Tan and Aufenanger 2011 show a trend and the potential of using artificial intelligence in the event management for uncertainties in the production scheduling. They introduce a machine learning process to acquire the knowledge about the relationship between system states and dispatching rules. With this acquired knowledge they develop a knowledge-based rescheduling approach, which can dynamically select the most appropriate dispatching rule depending on the current production system state.

¹¹ The set of active schedules is a subset of feasible schedules for a scheduling problem. Giffler and Tompson 1960 proved that at least one optimal schedule is active schedule. Their work also presents a heuristics, which can generate all possible active schedules. Dispatching rules are usually used to lead the search directions in this heuristics to generate active schedules.

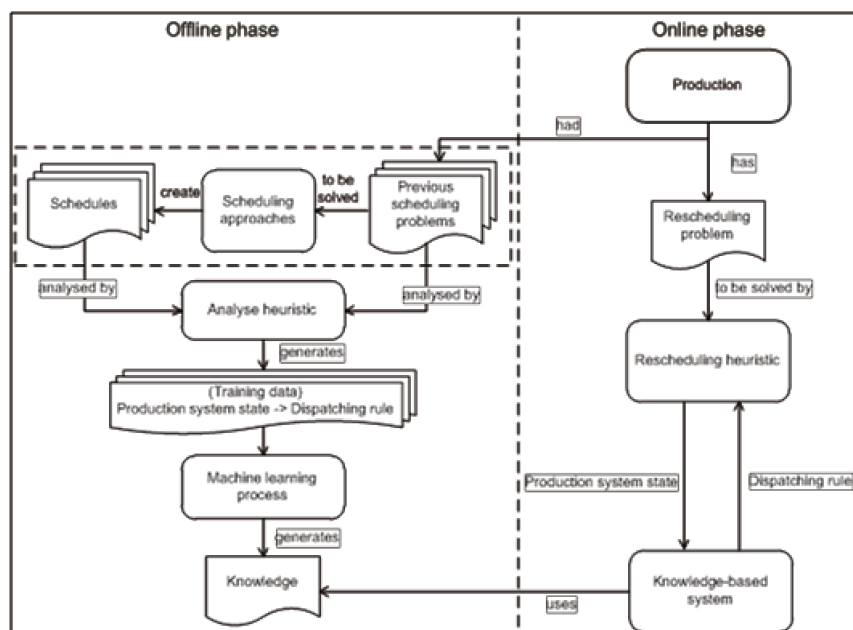


Fig. 3.1 The knowledge-based rescheduling concept for dynamically selecting dispatching rules of Tan and Aufenanger 2011.

Fig 3.1 illustrates the learning process and the rescheduling approach of Tan and Aufenanger 2011. The approach consists of offline and online two phases. In the offline learning phase it uses scheduling approaches to generate schedules for the previous scheduling problems of the production system. Then, each pair of problem and its schedule is analyzed by an analysis heuristic. Training data in the form of production system state, then dispatching rule are generated that denotes for one given state of a previous problem which dispatching rule is selected by its schedule. Afterwards, a machine learning process is applied on these training data to acquire knowledge about the relationship between system states and dispatching rules in the considered production system.

In the online phase, when this production system has an unexpected event (e.g. delay of the arrival of raw materials due to a transportation delay) and the current production schedule has to be updated, the rescheduling approach considers the current system state and dynamically selects the most appropriate dispatching rule for this state, based on the acquired knowledge. The approach iteratively updates the system state and selects the best dispatching rule for each state, until the whole new schedule is completed.

Tan and Aufenanger 2011 reported this knowledge-based rescheduling approach outperforms all single dispatching rules that they studied. In addition, the offline knowledge acquisition phase saves the computational time of the online phase and ensures the efficiency (near real-time) of the rescheduling.

4 Event Management for Uncertainties in Transportation Planning

A broad view of transportation management's role in an integrated SC is a must nowadays because it is the key to improving the SC performance. Traditionally, the focus of managing uncertainty has been on production operations, with little attention paid to the causes and consequences of uncertainty within freight transport operations. Consequently, there has been little integration of transport in supply chains (Rodrigue et al. 2007).

Transport planning is influenced by the uncertainties. The transport represents an important part of the supply chain due to the dynamics of the current business environment, which is characterized by short products life cycles and large varieties of the products. Performance of transport can impact the wider supply chain (Larsen et al. 1999). Therefore, effective and efficient logistic management has become a requirement rather than a competitive advantage under these complex and dynamic environment. Accordingly, increased flexibility in transport services to meet a variety of customer demands, and the involvement of the shipper, carrier and customer as part of a logistics trade are highly required.

The design of transport network has to consider a number of requirements:

1. *Sustainability*: It is increasingly seen as essential to delivering long-term profitability. The targeted benefits include shorter product life cycles, faster product development cycles, globalization and customization of product offerings, and higher overall quality (Fortes 2007). Construct automated decision support system helps the decision-maker in determining the optimal distribution schedules and the optimal distribution sequences (Bonfill et al. 2008).
2. *Flexibility*: The increase of structural and dynamic complexity of production and logistics systems could be observed. Companies should be able to respond to diversity or change of environment.
3. *Visibility*: It is about measuring time and accuracy of information transfer. The transfer of information between operational levels could be delayed or inaccurate, therefore affect the efficiency of the whole network.
4. *Reliability*: It affects customers trust through different levels of the supply chain. The importance is the supplier's performance, how consistent suppliers deliver raw materials on time in good condition.

Uncertain events can affect the ability of transport operations to satisfy customers' requirements. The customer satisfaction could associate with the service before or after purchasing products or service as well as with service elements directly involved in the physical products distribution (Li and Schulze 2011). Thus, there is a need to identify the sources of transport uncertainty as a mean of improving the effectiveness of management (Sanchez-Rodrigues et al. 2010a). From transport perspective, various sources of uncertainty can exist within logistics networks. Uncertainty can be initiated from one source and can possibly affect many of the logistics processes (Sanchez-Rodrigues et al. 2008). The uncertainty sources are mainly categorized into five types which are (Sanchez-Rodrigues et al. 2010a):

1. *Shipper*: any uncertainty originating from the sender of products in the logistics trade, which directly impacts transport performance. These may relate to raw material sourcing, the production processes or the activities involved in the dispatching process such as: shipment time variability, loss or damage of materials in the shipping operation and lack of integration with production.
2. *Customer*: any uncertainty that is produced by the receiver of products. Examples include forecasting and ordering products or any delivery restrictions. Uncertainties could be caused by variations in customer demand for transport, rigid delivery window, equipment breakdowns, or lack of integration within SCs.
3. *Carrier*: any anomalies that can be originated from the carrier and directly affect the delivery process, such as transport delays due to internal reasons like: vehicle failure or a lack of drivers, insufficient fleet capacity, lack of carrier flexibility in terms of time, lack of integration between transport modes and providers or lack of flexibility of shipment and transport schedule.
4. *Control systems*: any problems caused by inadequate and fragmented information and communications technology systems within the logistics trade such as lack of integration when SC companies assess, transport and inventory systems are not properly integrated, lack of visibility of information regarding inventories or work in process, capacity, order status within the SC, or the lack of physical monitoring systems such as poor auditing or quality control systems.
5. *External uncertainty*: any disruption caused by uncontrollable transportation factors, including congestion, labor shortages, unexpected repairs for preferred transport routes and

volatility of fuel prices or even problems that cannot be predicted in any way, such as political and natural disasters.

SCEM has tools that can reduce or eliminate uncertainties when they applied. The most important tools that are: strategic optimization (such as network modeling software), which ensures that the distribution networks are robust to disruptions, operational optimization (such as vehicle scheduling), which allows businesses to respond to uncertainty as quickly as possible while minimizing the overall impact, quality management (like total quality management), which allows to address the causes of uncertainty, to reduce their frequency and to impact in the longer term, and demand forecasting, which are designed to improve accuracy and, therefore, reducing uncertainty (Sanchez-Rodrigues et al. 2010b).

5 Event Management in Collaborative Production and Transportation Planning

In a collaborative environment of SC the requirement for synchronization of production and transport planning is characterized by the breadth of effects of unexpected events of one process in the other. For example, an urgent customer order (rush order) leads changes in the production planning, and consequently generates a delay in the loading operation of the vehicle, which causes another event affecting the transportation planning.

This mutual influence of unexpected events in production and transport system requires planning makers to consider the production and transport planning in an integrated way, where the visibility of the two simultaneous processes is provided. Scholz-Reiter et al. 2011 presents a mathematical model to describe the integrated production and transportation scheduling problem. Their model considers one production facility and its associated transportation along the SC.

Based on an integrated production and transportation planning model at the operational level, strategies and methods of event management for uncertainties in production planning can be extended to transportation planning, and reversely. Hence, an integrative event management for uncertainties in production and transportation planning can be achieved.

6 Conclusions and Future Work

This paper introduced the event management for uncertainties for collaborative production and transportation planning at the operational level. That adds value to SCs in a dynamic environment. Considering uncertainties of SC processes simultaneously leads to maximize the benefit of reducing or eliminating risks.

For future research, more review related to integration between production and transportation is required. In addition risk based planning and scheduling approach is one of the possible research directions. This approach combines the features from a simulation model that generates a detailed resource-constrained deterministic schedule and a probability-based risk analysis considering the deviations from SC process. Furthermore, global supply network aspects such as culture aspects and specific regulations should be taken into account.

Sustainability in the supply chain is increasingly seen as essential to delivering long-term profitability. Achieving a level of integration between production and distribution decisions will yield these benefits. These benefits include shorter product life cycles, faster product development cycles, globalization and customization of product offerings, and higher overall quality (Fortes 2007).

Acknowledgments This research was supported by the International Graduate School for Dynamics in Logistics (IGS) at the University of Bremen, by Capes as part of the Brazilian-German Collaborative Research Initiative on Manufacturing Technology (BRAGECRIM) and by Deutscher Akademischer Austausch Dienst (DAAD) and the Egyptian Government under Grant GERLS 2010.

References

- Bonfill A, Espuna A, Puigjaner L (2008) decision support framework for coordinated production and transport scheduling in SCM. *Computer and Chemical Engineering* 32: 1206–1224
- Chen C C, Yih Y (1996) Identifying attributes for knowledge-based development in dynamic scheduling environments. *International Journal of Production Research* 34: 1739–1755
- Christopher M, Mena C, Khan O and Yurt O (2011) Approaches to managing global sourcing risk. *Supply Chain Management: An International Journal* 16(2): 67–81
- Fortes J (2007) Green supply chain management: a literature review. *Otago Management Graduate Review* 7: 51–62
- Giffler B, Tompson G L (1960) Algorithms for solving production-scheduling problems. *Operations Research* 8: 487–503
- Khan O and Burnes B (2007) Risk and supply chain management: creating a research agenda. *International Journal of Logistic Management* 18(2):197–216
- Larsen E R, Morecroft J D W, Thomsen J S (1999) Theory and methodology: complex behavior in a production-distribution model. *European Journal of Operations Research* 119: 61–74
- Li L, Schulze L (2011) Uncertainty in logistics network design: a review. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientist II, IMECS 2011*
- Manuj I, Mentzer J T (2008) Global supply chain risk management strategies. *International Journal of Physics Distribution and Logistics Management* 38(3):192–223
- Otto A (2003) Supply chain event management: three perspectives. *International Journal of Logistics Management* 14(2):1–13
- Pfund M E, Mason S J, Fowler J W (2006) Semiconductor manufacturing scheduling and dispatching. In: Herrmann J. W. *Handbook of Production Scheduling*, Springer, New York
- Priore P, De La Fuente D, Gomez A, Puente J (2001) A review of machine learning in dynamic scheduling of flexible manufacturing systems. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing* 15: 251–263

- Ritchie B, Brindley C (2007a) Supply chain risk management and performance: a guiding framework for future development. *International Journal of Operations and Production Management* 27(3):303–322
- (2007b) An emergent framework for supply chain risk management and performance measurement. *The Journal of the Operational Research Society* 58(11):1398–1412
- Rodrigue V S, Stantche D, Potte A, Naim M, Whitein A (2007) Establishing a transport operation focused uncertainty model for the supply chain. 14th International Annual Euroma Conf.
- Sanchez-Rodrigues V, Potter A, Naim, M (2010a) Evaluating the causes of uncertainty in logistics operations. *International Journal of Logistics Management* 21(1): 45–64
- (2010b) The impact of logistics uncertainty on sustainable transport operations. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 40(1): 61–83
- Sanchez-Rodrigues V, Stantchev D, Potter A, Naim M, Whiteing A (2008) Establishing a transport focused uncertainty model for the supply chain. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 38(5): 388–411
- Stank T P, Dittmann J P, Autry C W (2011) The new supply chain agenda: a synopsis and directions for future research. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 41(10):1– 25
- Scholz-Reiter B, Novaes A G N, Makuschewitz T, Frazzon E M (2011) *Dynamic Scheduling of Production and Inter-Facilities Logistic Systems. Dynamics in Logistics*. Springer, Berlin
- Tan Y, Aufenanger M (2011) A real-time rescheduling heuristic using decentralized knowledge-based decisions for flexible flow shops with unrelated parallel machines. In: *Proceedings of the 9th IEEE International Conference on Industrial Informatics*: 431–436
- Tang C S (2006) Perspectives in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics* 103:451–488
- Vieira G E, Herrmann J W, Lin E (2003) Rescheduling manufacturing systems: a framework of strategies, policies, and methods. *Journal of Scheduling* 6: 39–62