

# Fatores de risco em cadeia de suprimentos do setor aeroespacial: aspectos qualitativos e quantitativos

Kelly Ayumi Funo<sup>a\*</sup>, Jorge Muniz Junior<sup>b</sup>, Fernando Augusto Silva Marins<sup>c</sup>

<sup>a\*</sup>kelly.funoo@hotmail.com, UNESP, Brasil

<sup>b</sup>jorgemuniz@feg.unesp.br, UNESP, Brasil

<sup>c</sup>fmarins@feg.unesp.br, UNESP, Brasil

## Resumo

A falta de gerenciamento de risco pode gerar descontinuidade na cadeia de suprimentos e há pouca literatura sobre esse tema para o setor aeroespacial. Este artigo teve como objetivo identificar fatores de risco da cadeia de suprimentos do principal fabricante nacional de aeronaves. Nove fatores de riscos específicos para a empresa foram identificados: Ambiental, natural e político, Cadeia de suprimentos, Estratégia do negócio, Gerenciamento do produto, Indicadores, Organização, Produtividade, Qualidade e Sistema de informação. Esses fatores foram avaliados quantitativamente quanto a sua criticidade utilizando-se o *analytic hierarchy process* (AHP). Os fatores Qualidade e Produtividade foram considerados os mais relevantes nesta pesquisa, que pode ser classificada como estudo de caso único, sendo as informações necessárias obtidas por meio de entrevistas com profissionais experientes, representando diferentes áreas da empresa que foi objeto do estudo.

## Palavras-chave

Fatores de risco. Cadeia de suprimentos. AHP. Estudo de caso. Indústria aeroespacial.

## 1. Introdução

De acordo com Bernardes (2007), a liderança da indústria aeronáutica é resultado da competitividade e desempenho dos grandes fabricantes de aeronaves. Os grandes fabricantes estão revendo suas políticas, realizando novas parcerias estratégicas com empresas entrantes no mercado, capacitando-se e compartilhando competências das áreas de manufatura e projeto para esses parceiros. Nesse contexto, Vilana e Rodrigues-Monroy (2010) realizaram estudo analisando a colaboração horizontal entre empresas em ambientes multinacionais, incluindo aspectos de similaridade de cultura organizacional. Especificamente no setor aeronáutico, Armanios (2006) analisou os efeitos e conflitos gerados pelas políticas de subsídios recebidos pela Boeing (EUA) e Airbus (Europa) para reagirem às mudanças do setor e ganharem competitividade.

A globalização dos recursos e a tendência de uso de princípios da manufatura enxuta na cadeia

de suprimentos, com seu impacto na redução dos estoques, aumentaram os riscos envolvidos (CHRISTOPHER; PECK, 2004a; PECK, 2003).

Outros aspectos como a disponibilidade de produtos, distância dos recursos, capacidade industrial, flutuações da demanda, mudanças da tecnologia, mudanças na mão de obra, instabilidade financeira e gerenciamento de inventário também estão relacionados aos riscos na cadeia de suprimentos (BARRY, 2004; ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009). Alguns indicadores mostram que o nível de incerteza nas empresas tem crescido devido às alterações da tecnologia e no fluxo de informações e por problemas no gerenciamento e controle das decisões em toda a empresa (KYTLE; RUGGIE, 2005).

Greves nos portos, atrasos na liberação alfandegária de materiais e as limitações de transporte são alguns dos perigos globais pelos quais as empresas

estão passando hoje em dia. Os resultados dessas discontinuidades estão associados à maneira com que cada empresa consegue reagir, ou seja, as empresas que conseguem identificar os riscos tornam-se mais robustas, ganhando competitividade em relação às menos preparadas (SHEFFI, 2005).

Há interrupções inesperadas e imprevisíveis que se somam aos riscos da cadeia de suprimentos. Essas interrupções trazem efeitos adversos como bloqueio do fluxo de materiais e de informações, perda da capacidade de entregar o produto certo na quantidade, local e tempo certos, perda do custo de eficiência, super ou subentrega e paradas no processo (ADHITYA; SRINIVASAN; KARIMI, 2009). O impacto dessa discontinuidade pode ser catastrófico para o negócio (CHRISTOPHER; LEE, 2004).

O objetivo geral deste trabalho é analisar fatores de risco da cadeia de suprimentos de indústrias do setor aeroespacial a fim de orientar a prevenção de discontinuidade de suprimentos dos fornecedores e as ações para minimizá-la. Como objetivos específicos temos: (a) identificar fatores de riscos na maior empresa brasileira fabricante de aeronaves; (b) avaliar esses fatores de riscos identificados utilizando o *analytic hierarchy process* – AHP.

Existem outros trabalhos na área de gerenciamento de riscos com uso de métodos de decisão multicritério, como, por exemplo, na agricultura (TOLEDO; ENGLER; AHUMADA, 2011), na classificação de riscos industriais (COSTA; SANTAFÉ JUNIOR; HADDAD, 2007), em projetos complexos como tubulações de gás (BRITO; ALMEIDA; MOTA, 2010; DAWOTOLA; VAN GELDER; VRIJLING, 2010) e em projetos aeronáuticos (FUKAYAMA; EBECKEN, 2008).

Esta pesquisa, além de alargar os marcos conceituais do tema, também contribuiu para orientar uma melhor gestão da cadeia de suprimentos, pelo entendimento dos fatores de riscos envolvidos na fabricação de aeronaves, a fim de gerar maior estabilidade para as empresas nacionais desse setor e contribuir para a sua competitividade internacional.

O contexto pesquisado é caracterizado pelo emprego de tecnologia de ponta, alto volume financeiro movimentado e alta confiabilidade do produto. Este estudo foi delimitado ao mercado nacional, à operação produtiva e à gestão de riscos em fornecedores aeronáuticos. Mais de 90% dos fornecedores da cadeia de suprimentos pesquisada são de fora do país, envolvendo uma logística complexa pelo tipo e volume dos produtos.

De acordo com Gaonkar e Viswanadham (2004), Zsidisin et al. (2004) e Haywood e Peck (2003), o objetivo e o setor abordado são uma oportunidade

teórica a ser explorada. Alguns trabalhos nessa direção foram desenvolvidos por Sheffi (2001), Paulsson (2003), Bittner (2000) e Garg, Narahari e Viswanadham (2004). Em relação às estratégias do gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos, identifica-se, ainda, uma diversidade de conceitos.

Este trabalho está estruturado como se segue: na seção 2 estão os conceitos de gestão da cadeia de suprimentos, análise de riscos e AHP. A seção 3 apresenta a classificação da pesquisa e o procedimento metodológico. Na seção 4 discutem-se os resultados da pesquisa de campo, envolvendo o levantamento e avaliação dos fatores de riscos para a gestão da cadeia de suprimentos de fornecedores de um fabricante de aeronaves nacional, priorizados pela sua criticidade por meio do AHP. Na seção 5 está o estudo de caso desenvolvido e na seção 6 encontram-se as conclusões sobre o estudo realizado, seguidas das referências bibliográficas utilizadas.

## 2. Fundamentação teórica

Uma cadeia de suprimentos é definida como o conjunto de atividades que envolve a distribuição do produto para o consumidor final, desde a aquisição de matéria-prima, manufatura e montagem, armazenagem, controle de estoques, controle de entrada e saída de materiais, distribuição entre os elos da cadeia, entrega ao consumidor e também o sistema de informações (LUMMUS; VOKURKA, 1999).

Recentemente, o Council of Supply Chain Management Professionals (CSCMP), que é uma organização com reconhecimento internacional, definiu o gerenciamento da cadeia de suprimentos (SCM – *supply chain management*) como sendo o processo de planejamento, operação e controle de todas as atividades envolvidas com a identificação e a escolha de fornecedores (*sourcing & procurement*), com as atividades de transformação e agregação de valor ao produto/serviço (*conversion*) e todas as atividades associadas à Logística. O SCM também inclui a coordenação e colaboração com os parceiros na cadeia de suprimentos, que podem ser fornecedores, intermediários, operadores logísticos e clientes. Em essência, o SCM busca a integração de oferta e demanda nas (e entre as) empresas que compõem uma determinada cadeia de suprimentos (BALLOU, 2006).

O objetivo do SCM pode também ser expresso como a busca da sincronização das necessidades do cliente com o fluxo de materiais dos fornecedores, pelo balanceamento das metas conflitantes com a melhoria do nível de serviço, baixo investimento em inventário e baixo custo unitário (WALKER; ALBER, 1999).

Já conforme Christopher e Towill (2002), o SCM visa ao atendimento da sua integração de forma eficiente e eficaz e é capaz de criar e sustentar vantagens competitivas. Para isso, é preciso minimizar os custos e aumentar a eficiência nos processos, o que quer dizer gerenciar as demandas do mercado e conhecer os riscos gerados pelas falhas da cadeia de suprimentos.

Segundo Christopher e Peck (2004b), há várias interpretações referentes ao risco na literatura acadêmica, que podem ser definidas como variação na distribuição dos possíveis resultados, as suas possibilidades e seus valores subjetivos.

De acordo com Kytte e Ruggie (2005), a probabilidade de ocorrência de riscos se potencializa quando existe vulnerabilidade no sistema operacional da organização, falta de controle e de medidas efetivas, ou seja, falta de gerenciamento de risco.

A fim de mitigar os riscos, as empresas desenvolvem seus sistemas próprios de gerenciamento de risco. A primeira meta é criar controles e medidas para minimizar ou eliminar a descontinuidade, perda ou dano da operação dos negócios e encurtar o tempo de recuperação de um evento indesejável, e, assim, reduzir o impacto no negócio. Entende-se por descontinuidade eventos que interrompem severamente o curso normal do negócio (LEWIS, 2005). O interesse nos riscos econômicos é devido a necessidade da manutenção dos lucros, da sustentação do crescimento da economia e de proteção dos investimentos das flutuações do mercado.

Ainda conforme Kytte e Ruggie (2005), riscos tecnológicos incluem o gerenciamento das ameaças inerentes aos sistemas automatizados, o crescimento das novas tecnologias que mudaram radicalmente os ciclos produtivos, o uso de energia e seus custos. Riscos políticos são de interesse estratégico das corporações, particularmente para as operações de nível global, e incluem o gerenciamento das percepções públicas das corporações internacionais, relações regulamentadas, formação de ambientes legais, relações governamentais e geopolíticas.

Lima (2000) separa os riscos que ameaçam uma empresa em dois grupos: riscos especulativos e riscos puros. Os especulativos são aqueles que afetam a empresa e a obrigam a definir a estratégia e mecanismos para a tomada de decisão que permitam a evolução da empresa (fatores sociopolíticos). Já os riscos puros são aqueles que resultam em perda econômica para a empresa (fatores ambientais, tecnológicos e econômico-financeiros).

Sheffi (2005) e Zsidisin et al. (2004) definem o risco de suprimentos como da descontinuidade de

abastecimento da produção, causado pela interrupção de um dos elos da cadeia e gerado pela falta de capacidade de atendimento das necessidades da empresa de forma contínua.

De acordo com Lindroth e Norrman (2001), o interesse no gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos tem crescido nos últimos anos devido à grande incerteza nas demandas e no abastecimento e a necessidade da sua não interrupção, além da possibilidade de integração de diversas áreas visando a redução de custos, oferecendo vantagem competitiva e auxiliando nas decisões estratégicas.

Sheffi (2005) classifica os riscos de acordo com a probabilidade (alta ou baixa) de o evento ocorrer e suas consequências (leves ou severas), conforme Figura 1. Devido aos tipos de interrupção, as empresas devem pensar em criar uma organização robusta que possa resistir e reerguer-se de qualquer tipo de interrupção, indiferentemente da sua origem.

Um dos passos importantes para o gerenciamento de riscos na cadeia de suprimentos é a identificação dos fatores de riscos a serem analisados, pois a partir dessa identificação pode-se gerar um plano para mitigação de riscos com o objetivo de minimizar ou eliminar as possibilidades de descontinuidade na cadeia.

Quanto mais complexa a cadeia de suprimentos mais vulnerável ela é, pois a perda de controle é frequente. Em relação à análise de fornecedores, algumas empresas preferem utilizar uma fonte única de suprimento, outras preferem diversificar seus fornecedores. Aqueles que escolhem pela fonte única de suprimentos estão expostos a um risco maior, pois se algo acontecer com o fornecedor único não haverá alternativas de suprimentos disponíveis; em contrapartida, manter múltiplas fontes de suprimentos aumenta o custo associado ao gerenciamento dessas fontes (SARKAR; MOHAPATRA, 2009; TANG; TOMLIN, 2008).

Uma pesquisa feita por Peck (2006) com 111 executivos de diferentes setores, como aeroespacial e defesa, automotivo, consumo eletrônicos, têxtil e moda, comida e bebida, químico, financeiro, governamental, transporte e distribuição, mostrou que alguns fatores de risco podem influenciar mais um setor do que outros.

Os métodos de auxílio à decisão por múltiplos critérios (*multiple criteria decision aid* – MCDA) são aplicados na análise de dois ou mais critérios, ou atributos, e são utilizados na classificação de soluções alternativas em uma variedade de áreas, sendo o *analytic hierarchy process* (AHP) um dos mais utilizados em problemas de natureza multicriterial (SALOMON, 2004). De acordo com Gaudenzi e Borghesi (2006), a

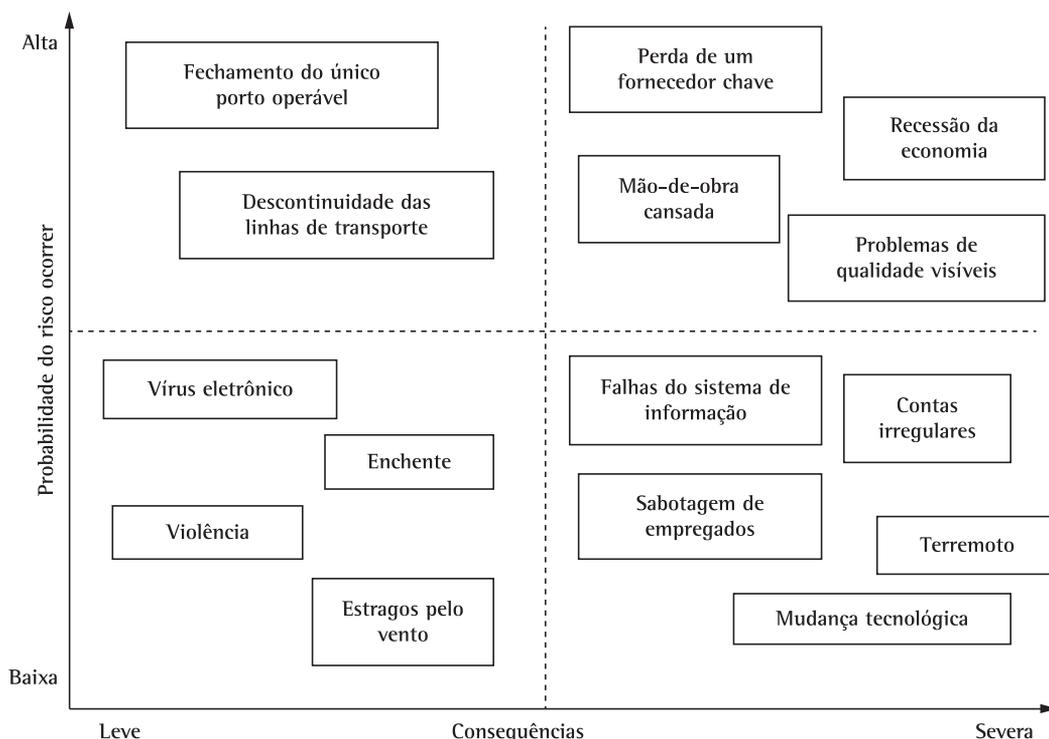


Figura 1. Mapa de vulnerabilidade da empresa (SHEFFI, 2005).

aplicação do AHP permite a priorização dos objetivos e uma análise de impacto global, estabelecendo uma hierarquia no tratamento do risco.

O AHP permite checar a qualidade dos dados de entrada, ou seja, verificar a coerência dos julgamentos na matriz, sendo, assim, uma vantagem do AHP em relação aos outros tipos de MCDA (SALOMON; SHIMIZU, 2006).

O AHP facilita a tomada de decisão organizando as percepções, sentimentos, julgamentos e memórias numa estrutura que exhibe as forças que influenciam as decisões, gerando decisões mais controladas e específicas e reforçando assim, a importância das respostas dos especialistas (SAATY, 2008).

O idealizador do AHP, Saaty (2008), afirma que para se tomar uma decisão de uma maneira organizada e gerar prioridades consistentes é necessário seguir os passos:

- Definir o problema e determinar o objetivo procurado;
- Estruturar a hierarquia de decisão com o objetivo e seguir os objetivos de uma ampla perspectiva, por meio de níveis intermediários (critérios onde os elementos subsequentes são dependentes) até o nível mais baixo;
- Construir uma matriz de comparação entre os pares de objetivos, critérios e alternativas consideradas. Cada

elemento do nível superior é usado na comparação dos elementos no nível subsequente;

- Utilizar as prioridades obtidas da comparação dos pesos das prioridades no nível abaixo. Fazer isso para todos os elementos. A seguir, para cada elemento no nível abaixo, adicionar seu valor para obter a prioridade global. Continuar esse processo dos pesos e adição até o final das prioridades das alternativas no nível mais baixo.

Com a escala fundamental de Saaty (Quadro 1), no AHP obtém-se o valor de importância do relacionamento de cada fator, que representa o quanto um elemento é dominante em relação a outro em um determinado atributo, e por meio de normalização e soma aritmética obtém-se a prioridade relativa de cada fator.

Obtém-se o vetor dos pesos de cada fator somando-se cada valor da matriz de comparação, multiplicado pela prioridade relativa do fator correspondente. O vetor de consistência de cada fator é obtido dividindo-se o valor da prioridade relativa pelo vetor dos pesos dos fatores correspondentes. A estimativa do maior autovalor ( $\lambda_{max}$ ) da matriz de comparação é obtida pela média aritmética dos valores do vetor de consistência.

O cálculo do índice de consistência (CI) é feito por intermédio de:  $CI = (\lambda_{max} - n)/(n-1)$ , onde  $n$  é o

número de critérios considerados. Para determinação da razão de consistência (CR), utiliza-se:  $CR = CI/ACI$ , onde ACI é o índice de consistência referente a um grande número de comparação paritárias efetuadas. Os valores do ACI encontram-se na Tabela 1.

Segundo Saaty (2001), os julgamentos são aceitos se  $CR \leq 0,10$ , mas  $CR \leq 0,20$  poderão ser tolerados, recomendando-se que, para valores de CR acima de 0,20, os julgamentos sejam revistos. A revisão dos julgamentos é um procedimento sistemático para melhoria do auxílio à decisão.

Para o presente trabalho, o objetivo foi definir a hierarquização entre os fatores de riscos em relação a sua criticidade. É importante salientar que o critério criticidade dos fatores de risco é importante na análise, podendo determinar o foco em um gerenciamento da cadeia de suprimentos, direcionando a avaliação e mitigação do risco para o fator mais crítico. Quanto às alternativas, foram selecionados nove fatores de risco, que serão apresentados na seção 4.

### 3. Procedimento metodológico

Nesta seção apresenta-se uma descrição do método de pesquisa utilizado para o levantamento e avaliação dos fatores de risco relacionados à cadeia de suprimentos de fabricantes de aeronaves.

A pesquisa foi executada em 2008-2009, na maior empresa brasileira fabricante de aeronaves, com mais de 40 anos de experiência em projetos, fabricação, comercialização e pós-venda. Essa empresa já produziu mais de 5 mil aeronaves, que operam em 78 países, nos cinco continentes. Sua cadeia de suprimentos é composta basicamente de fornecedores internacionais, sendo que a maioria localiza-se na América do Norte e Europa.

Conforme discutido por Diehl e Tatim (2004), o método empregado nesta pesquisa caracteriza-se conforme:

- A base lógica de investigação é fenomenológica, pois se preocupa com a descrição direta da experiência tal como ela é entendida e compreendida pelos envolvidos com o objeto de estudo;
- A abordagem do problema é qualitativa, pois se levantaram os fatores de risco por meio da percepção de entrevistados;
- O objetivo da pesquisa é exploratório, nela, por meio de contato com outros pesquisadores, experiência dos autores e levantamento bibliográfico, aprofundou-se num tema emergente de pesquisa;
- O procedimento técnico adotado foi o estudo de caso único no maior fabricante nacional de aeronaves.

O método de pesquisa está esquematizado na Figura 2 e contempla três fases distintas de ações: (1) Levantamento e análise dos fatores de risco, utilizando-se de revisão bibliográfica e trabalho de campo; (2) Delineamento do trabalho de campo, com a classificação do método e a construção dos instrumentos de entrevista que auxiliaram no levantamento de dados do instrumento de avaliação baseado no AHP; e (3) a realização do trabalho de campo.

A pesquisa foi realizada nas bases de dados dos Periódicos Capes, Web of Science, Emerald, Elsevier, no período de 2000 a 2009, com as palavras chave (em português e inglês): gerenciamento da cadeia de suprimentos, gerenciamento de risco, avaliação de risco e vulnerabilidade da cadeia de suprimentos.

Foram encontrados mais de 100 artigos sobre gerenciamento de risco, porém poucos sobre o setor aeronáutico, entre eles os de Rossetti e Choi (2005), Sinha, Whitman e Malzahn (2004) e Haywood e Pech (2003). Portanto, o delineamento da pesquisa de campo foi orientado para identificar e avaliar fatores de risco

Quadro 1. Escala de comparação.

Valor	Descrição	Explicação
1	Igual importância	Dois critérios contribuem igualmente para o objetivo
3	Fraca importância	O julgamento favorece um critério em relação ao outro
5	Forte importância	Um critério é fortemente favorável em relação ao outro
7	Importância muito forte	Um critério é muito fortemente dominante em relação ao outro
9	Absoluta importância	A evidência favorece um critério em relação ao outro com o mais alto grau de certeza
2, 4, 6, 8	Importâncias intermediárias entre 2 valores adjacentes	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Fonte: adaptado de Saaty (2001).

Tabela 1. Índice de consistência aleatória (SAATY, 2001).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ACI	0	0	0,52	0,89	1,11	1,25	1,35	1,40	1,45	1,49

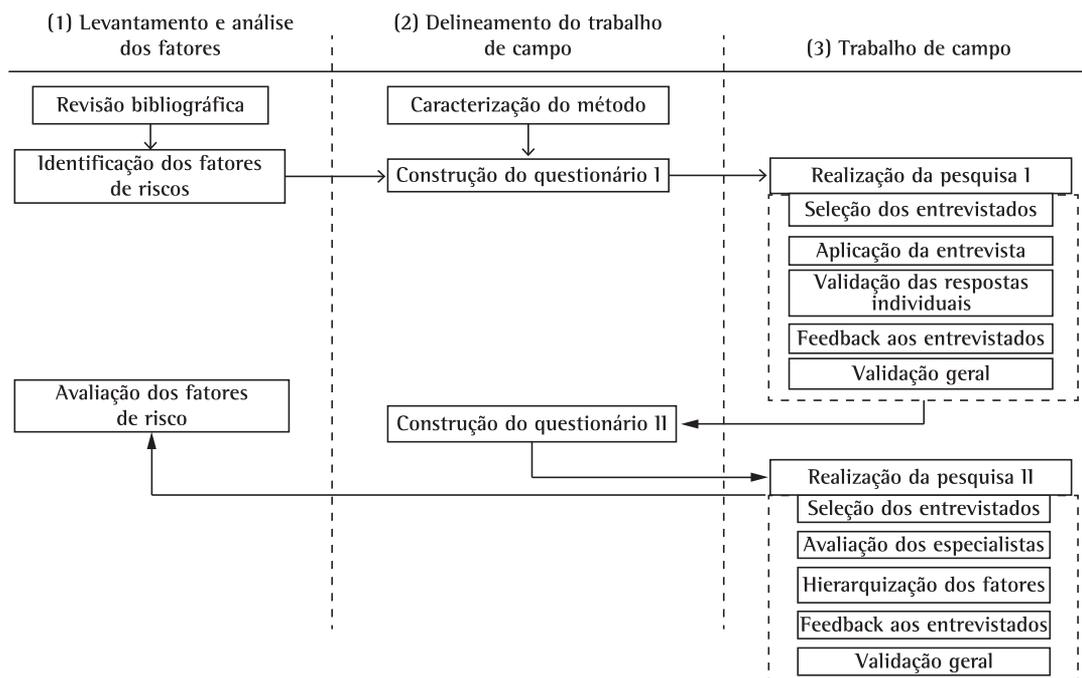


Figura 2. Método utilizado para levantamento de fatores de risco.

próprios para esse setor, especificamente para gerenciar fornecedores de fabricantes de aeronaves nacionais.

A pesquisa bibliográfica também enfocou aspectos relacionados à metodologia científica, o que permitiu o delineamento do trabalho de campo. Nessa fase realizou-se a construção do método e a elaboração dos instrumentos de pesquisa utilizados no trabalho de campo. A pesquisa de campo contribuiu para aprimorar o conjunto preliminar de fatores identificados durante a pesquisa bibliográfica e teve duas etapas:

- 1) Entrevista aberta, com questionário não estruturado, para levantar os fatores de risco relevantes para essa empresa, aplicada a executivos da empresa estudada;
- 2) Questionário fechado para avaliar a criticidade dos fatores levantados, com supervisores e analistas sênior da empresa estudada.

A pesquisa I foi feita por meio de entrevista aberta do tipo não estruturada, ou seja, o entrevistador teve liberdade para desenvolvê-la em qualquer direção que considerasse adequada; isto é uma forma de explorar mais amplamente questões que podem ser respondidas em uma conversa informal. A pergunta orientadora da pesquisa I foi: “Quais fatores de risco críticos devem ser analisados para minimizar risco de descontinuidade na cadeia de suprimentos?”

Nesta etapa, os entrevistados foram selecionados entre as diferentes áreas da empresa, para se obter perspectivas diferenciadas com relação à cadeia de

suprimentos estudada. Os oito entrevistados ocupavam cargos executivos (gerência e diretoria), tinham idade média entre 40 e 50 anos; estavam há mais de 10 anos na empresa e todos trabalham(ram) nas principais áreas envolvidas com a cadeia de suprimentos da empresa, que são: Estratégia, Logística, Qualidade, Suporte ao cliente, Engenharia (Comercial e Executiva), Suprimentos e Planejamento.

Procurou-se a compreensão das diferentes visões referentes aos fatores de risco que impactavam a cadeia de suprimentos e que poderiam transparecer nas entrevistas entre funcionários de uma mesma organização. A entrevista aberta também teve apoio da área responsável pelo gerenciamento de riscos da empresa.

Para a pesquisa II adotou-se um questionário fechado (múltiplas escolhas) que visou avaliar a prioridade relativa em relação à importância e a criticidade dos fatores, com base no AHP. O AHP favoreceu o tratamento das perspectivas de diferentes setores quanto aos aspectos que afetam o risco, evitando conflitos entre os envolvidos.

Os entrevistados ocupavam cargos de supervisão e de analista em seis áreas da empresa associadas à cadeia de suprimentos, tinham idade média entre 30 e 40 anos e trabalhavam há mais de 5 anos na empresa.

Devido ao perfil dos executivos, dos supervisores e analistas entrevistados, as respostas obtidas podem ser qualificadas como relevantes e representativas.

Os resultados de ambas as etapas foram posteriormente discutidos e consolidados com os respondentes e permitiram consolidar os fatores de risco pertinentes à cadeia de suprimentos do fabricante de aeronaves objeto de estudo, bem como avaliar a sua criticidade.

Detalhes da pesquisa II estão na próxima seção, e destaque-se que apesar de existirem *softwares* como o Expert Choice (2010), a quantificação dos julgamentos dos critérios nesta pesquisa foi feita de forma direta, utilizando-se o Excel. Foram realizadas entrevistas com duração média de 2 horas por pessoa.

#### 4. Pesquisa de campo

Esta seção apresenta os fatores de risco identificados por meio de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo realizada em um fabricante brasileiro de aeronaves, objetivando o levantamento e avaliação dos fatores de risco, bem como a identificação de suas criticidades para a análise de riscos de fornecedores na cadeia de suprimentos. A escolha do estudo de caso único é justificada pela representatividade da empresa estudada, sendo essa o maior fabricante de aeronaves nacional.

O Quadro 2 apresenta os fatores levantados na literatura. Apesar de os autores referenciados indicarem

os fatores, poucos trabalhos são relacionados ao setor aeroespacial, como já foi comentado.

No Quadro 3 são descritos os fatores de risco propostos, o escopo referente ao fator analisado com os respectivos exemplos e, também, utilizando a proposta de Lima (2000), apresenta-se uma classificação dos tipos de riscos possíveis.

Conforme comentado por Lima (2000), em muitas ocasiões, esses tipos de riscos podem ser tratados de forma semelhante, tornando mais difícil a definição da fronteira entre o risco puro e o especulativo. Sendo assim, a classificação quanto aos fatores dos riscos puros e especulativos foi determinada a partir do conceito do escopo, de uma forma geral, sendo que dentro dos exemplos citados pode-se ter mais que um fator e/ou mais de um tipo de risco.

#### 5. Estudo de caso

A pesquisa foi executada na maior empresa brasileira fabricante de aeronaves e considerada a terceira maior empresa fabricante de aeronaves do mundo, com cerca de 40 anos de experiência em projetos, fabricação, comercialização e pós-venda, sendo considerada a terceira maior exportadora e a segunda maior importadora entre as empresas brasileiras.

A empresa possui uma base global de clientes e importantes parceiros, resultando em uma significativa participação no mercado mundial. Sua cadeia de suprimentos é composta basicamente de fornecedores

Quadro 2. Comparação de autores da literatura nas considerações dos fatores de risco.

Autores	Fatores de risco								
	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação
Ritchie e Brindley (2000)	x	x	x		x	x	x	x	x
Haywood e Peck (2003)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Association... (2004)	x	x	x	x		x	x	x	x
Christopher e Lee (2004)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Finch (2004)	x	x	x			x	x	x	x
Christopher e Peck (2004a)	x	x	x		x	x	x	x	x
Zsidisin et al. (2004)	x	x	x	x	x		x	x	x
Christopher e Peck (2004b)	x	x	x	x	x	x		x	
Sheffi (2005)	x	x	x	x		x	x	x	x
Cucchiella e Gastaldi (2006)		x	x	x		x	x	x	x
Peck (2006)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fors, Josefsson e Lindh (2007)		x				x	x	x	
Handfield e McCormack (2007)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Kull e Talluri (2008)	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Knemeyer, Zinna e Eroglu (2009)	x	x	x			x	x	x	x
Oke e Gopalakrishnan (2009)	x	x	x				x		x

internacionais, a maioria localizados na América do Norte e Europa.

Segundo Manuj e Mentzer (2008), cadeias de suprimentos globais apresentam mais riscos do que cadeias de suprimentos locais devido às numerosas ligações em rede, e estas ligações são propensas a rupturas, falências, avarias e mudanças políticas, levando a gestão de risco a ser complexa.

A identificação e a análise da relevância dos fatores de risco envolveu os principais executivos das áreas de Engenharia (Executiva e Comercial), Qualidade, Suprimentos, Logística, Planejamento, Estratégia industrial e Suporte ao cliente da empresa estudada. Conforme já citado, os entrevistados foram selecionados de acordo com o cargo e a experiência. Na sequência foi feito um cruzamento entre os fatores

Quadro 3. Fatores de análise de risco na cadeia de suprimentos dos fabricantes de aeronaves.

Fatores de risco	Escopo	Exemplos	Tipo
Ambiental, natural e político	Aferir riscos dos processos ambientais, naturais e políticos a que os fornecedores estão sujeitos.	Terremoto Enchente Atentado terrorista Localização e leis do país, como greve em portos	Ambiental (puro)
Cadeia de suprimentos	Analisar o processo de gerenciamento da cadeia de suprimentos adotado pelo fornecedor.	Principais (sub) fornecedores Fonte única de fornecimento Gerenciamento de materiais Controle de exportação	Sociopolítico (especulativo)
Estratégia do negócio	Entender a estratégia de negócios para o produto fornecido.	<i>Market share</i> Principais desafios tecnológicos e mercadológicos Preço do produto	Econômico-financeiro (puro)
Gerenciamento do produto	Aferir o desempenho do fornecedor no processo de gerenciamento do produto e suas modificações.	Desempenho do fornecedor para mudanças de engenharia Gestão de obsolescência Comunicação com as partes envolvidas	Tecnológico (puro)
Indicadores	Verificar se o fornecedor monitora seu desempenho por meio de indicadores.	Indicadores de qualidade Indicadores de entrega Indicadores de estoque	Tecnológico (puro)
Organização	Aferir se os recursos humanos estão dimensionados para atendimento da demanda.	Funcionários capacitados e treinados Programas de treinamento Dimensionamento da mão de obra	Sociopolítico (especulativo)
Produtividade	Analisar a capacidade produtiva do fornecedor para atendimento das demandas totais.	Demanda versus capacidade de produção do fornecedor Gestão da produção e dos gargalos Flexibilidade	Econômico-financeiro (puro)
Qualidade	Avaliar a qualidade do produto e do processo.	Medição da eficiência Método de solução de problemas Processo de reparo	Tecnológico (puro)
Sistema de informação	Aferir o processo de comunicação com o cliente.	Planejamento colaborativo Fluxo de informação no caso de problemas Sistema integrado de gestão (ERP)	Sociopolítico (especulativo)

Quadro 4. Fatores de risco indicados por executivo entrevistado.

Entrevistados	Fatores de risco								
	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação
E1 (Estratégia industrial)		x	x		x	x	x		
E2 (Logística industrial e internacional)	x	x						x	
E3 (Qualidade)			x		x	x		x	
E4 (Suporte ao cliente)		x	x	x			x		x
E5 (Engenharia aviação executiva)			x	x	x	x			x
E6 (Suprimentos)		x	x			x	x	x	x
E7 (Planejamento industrial)		x	x			x	x	x	x
E8 (Engenharia aviação comercial)	x	x	x	x		x		x	x

levantados na revisão teórica com aqueles obtidos na pesquisa 1 – entrevistas abertas (Quadro 4).

Observa-se no Quadro 4 que os fatores de risco identificados na pesquisa 1 são amparados pela literatura, indicando uma coerência para serem considerados críticos na análise de risco no fabricante pesquisado.

O envolvimento de executivos de diferentes áreas é essencial para estabelecer uma profunda consideração dos problemas críticos e interdependentes, determinando uma completa análise de riscos (GAUDENZI; BORGHESI, 2006). Nesse sentido, convites para participar da pesquisa foram enviados a profissionais das seguintes áreas da empresa: Logística, Produção, Suprimentos, Planejamento industrial, Engenharia e Qualidade. Esses profissionais foram selecionados pela representatividade do seu cargo dentro da empresa e da sua atuação na cadeia de suprimentos.

Uma matriz de comparação entre pares de fatores de risco foi construída utilizando-se os valores da Escala fundamental de Saaty (SAATY, 2001), que variam de 1 (igual importância) a 9 (extrema importância), indicando quanto um fator de risco é dominante em relação a um outro fator. Numa planilha Excel, o entrevistado de cada área atribuiu, segundo sua percepção, valores de importância relativa entre os pares de fatores de risco, como ilustrado na Tabela 2.

Para a consolidação dessas opiniões e análise das prioridades dos múltiplos critérios par a par, foi utilizado o AHP.

De fato, concordando com a literatura, cada representante expressou uma perspectiva diferente na avaliação, dependendo do seu foco de trabalho, apesar de os fatores Qualidade, Produtividade e Cadeia de suprimentos serem sempre os quatro primeiros

em prioridade em todas as pesquisas. Os julgamentos precisavam ser conciliados, e, conforme Saaty (2008), uma forma de se combinar os julgamentos é pela média geométrica (Tabela 5).

A título de ilustrar a realização passo a passo do AHP e evitar repetições desnecessárias, optou-se por detalhar os resultados referentes apenas à área de Qualidade e ao final apresentar o resultado consolidado para todas as áreas (Tabela 5).

Assim, a matriz de comparação paritária dos julgamentos do representante da área de Qualidade para os fatores de risco está na Tabela 2, que inclui, na sua última linha, os totais de cada coluna, que serão usados para a normalização dos julgamentos.

A partir da Tabela 2, são calculadas as prioridades relativas de cada fator de risco, utilizando-se a normalização da matriz de comparação paritária, ou seja, cada valor da matriz de comparação é dividido pelo valor total de cada coluna. A Tabela 3 ilustra a matriz de comparação paritária normalizada para o representante da área de Qualidade.

A prioridade relativa é a média aritmética de cada linha da matriz normalizada. Por exemplo, para o representante da área de Qualidade, ver a última coluna da Tabela 3, o fator Qualidade foi considerado o de maior importância (0,212), seguido do fator Estratégia do negócio (0,200) e do fator Cadeia de suprimentos (0,169). A classificação completa está organizada na Figura 3.

A aplicação do AHP permite a verificação da coerência dos julgamentos e a Tabela 4 mostra a matriz com o vetor dos pesos e o vetor de consistência. O vetor de consistência de cada fator é obtido dividindo-se o valor da prioridade relativa pelo vetor dos pesos dos fatores correspondentes.

Tabela 2. Matriz de comparação paritária entre os fatores de risco.

Importância dos fatores de riscos	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação
Ambiental, natural e político	1	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3	1/5	1/9	1
Cadeia de suprimentos	5	1	1	1	7	5	1	1	5
Estratégia do negócio	7	1	1	1	5	7	2	1	7
Gerenciamento do produto	5	1	1	1	5	3	1	1/3	5
Indicadores	3	1/7	1/5	1/5	1	1/3	1/5	1/7	1
Organização	3	1/5	1/7	1/3	3	1	1/3	1/3	1
Produtividade	5	1	1/2	1	5	3	1	1	5
Qualidade	9	1	1	3	7	3	1	1	9
Sistema de informação	1	1/5	1/7	1/5	1	1	1/5	1/9	1
Total	39,00	5,74	5,13	7,93	34,33	23,67	6,93	5,03	35,00

Tabela 3. Normalização da matriz de comparação e prioridade relativa.

Prioridade relativa entre os fatores de riscos	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação	Prioridade relativa	Criticidade
Ambiental, natural e político	0,026	0,035	0,028	0,025	0,010	0,014	0,029	0,022	0,029	0,024	9º
Cadeia de suprimentos	0,128	0,174	0,195	0,126	0,204	0,211	0,144	0,199	0,143	0,169	3º
Estratégia do negócio	0,179	0,174	0,195	0,126	0,146	0,296	0,288	0,199	0,200	0,200	2º
Gerenciamento do produto	0,128	0,174	0,195	0,126	0,146	0,127	0,144	0,066	0,143	0,139	5º
Indicadores	0,077	0,025	0,039	0,025	0,029	0,014	0,029	0,028	0,029	0,033	7º
Organização	0,077	0,035	0,028	0,042	0,087	0,042	0,048	0,066	0,029	0,050	6º
Produtividade	0,128	0,174	0,097	0,126	0,146	0,127	0,144	0,199	0,143	0,143	4º
Qualidade	0,231	0,174	0,195	0,378	0,204	0,127	0,144	0,199	0,257	0,212	1º
Sistema de informação	0,026	0,035	0,028	0,025	0,029	0,042	0,029	0,022	0,029	0,029	8º

Tabela 4. Matriz do vetor dos pesos e consistência.

Vetor dos pesos	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação	Soma	Vetor de consistência
Ambiental, natural e político	0,024	0,034	0,029	0,028	0,011	0,017	0,029	0,024	0,029	0,224	9,2801
Cadeia de suprimentos	0,120	0,169	0,200	0,139	0,229	0,252	0,143	0,212	0,147	1,612	9,5199
Estratégia do negócio	0,169	0,169	0,200	0,139	0,164	0,353	0,285	0,212	0,206	1,897	9,4698
Gerenciamento do produto	0,120	0,169	0,200	0,139	0,164	0,151	0,143	0,071	0,147	1,305	9,3994
Indicadores	0,072	0,024	0,040	0,028	0,033	0,017	0,029	0,030	0,029	0,302	9,2163
Organização	0,072	0,034	0,029	0,046	0,098	0,050	0,048	0,071	0,029	0,477	9,4622
Produtividade	0,120	0,169	0,100	0,139	0,164	0,151	0,143	0,212	0,147	1,346	9,4321
Qualidade	0,217	0,169	0,200	0,416	0,229	0,151	0,143	0,212	0,264	2,003	9,4439
Sistema de informação	0,024	0,034	0,029	0,028	0,033	0,050	0,029	0,024	0,029	0,279	9,4989

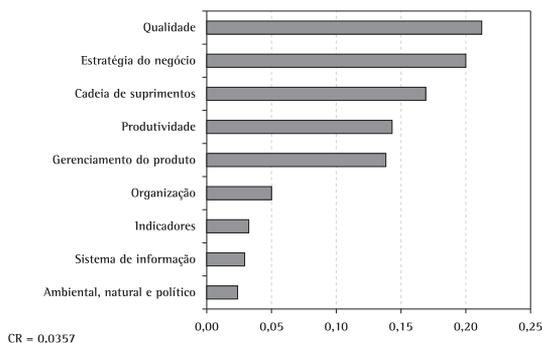


Figura 3. Prioridade relativa e CR do representante da Qualidade.

Para o caso da área de Qualidade, obteve-se  $\lambda_{max} = 9,414$  (média aritmética dos valores do vetor de consistência). Para o cálculo do índice de consistência (CI), utilizou-se  $n = 9$ , pois para o caso estudado são 9 fatores de risco, obtendo-se:  $CI = (9,414-9)/$

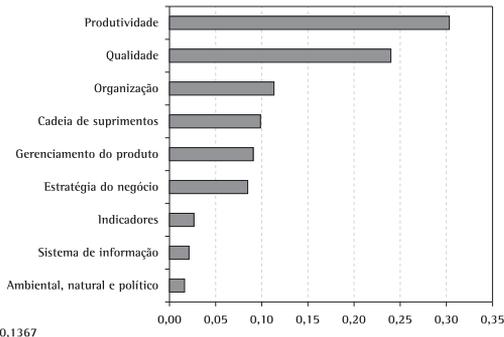
$(9-1) = 0,052$ . Para determinação da razão de consistência (CR), utilizou-se  $ACI = 1,45$ , retirado da Tabela 1 com  $n = 9$ , e assim, como  $CR = CI/ACI$ , obteve-se:  $CR = 0,052/1,45 = 0,036$ .

Analogamente, foram obtidas as importâncias relativas entre os fatores de risco (ver Figuras 4 a 8) e respectivos valores de CR para as demais áreas. Nesse sentido, a Figura 4 indica que para o setor de Produção os fatores principais foram Produtividade e Qualidade.

A Figura 5 indica que para o setor Cadeia de suprimentos os fatores principais foram Cadeia de suprimentos e Qualidade.

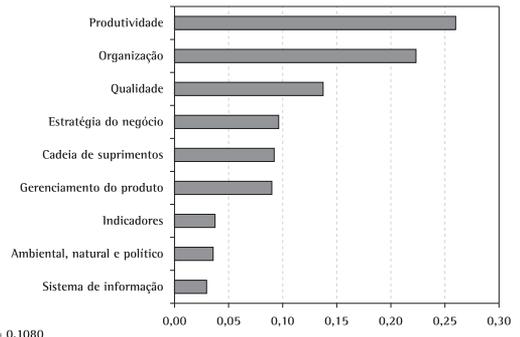
A Figura 6 indica que para o setor de Planejamento os fatores principais foram Cadeia de suprimentos e Estratégia do negócio.

A Figura 7 indica que para o setor de Logística os fatores principais foram Produtividade e Organização.



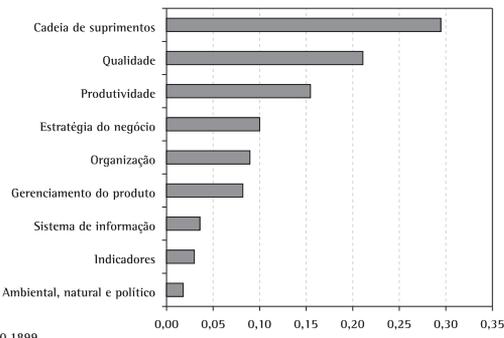
CR = 0,1367

Figura 4. Prioridade relativa e CR do representante da Produção.



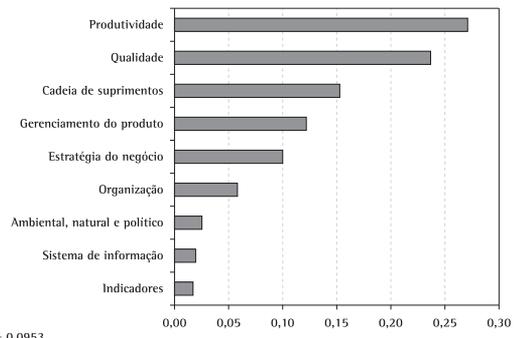
CR = 0,1080

Figura 7. Prioridade relativa e CR do representante da Logística.



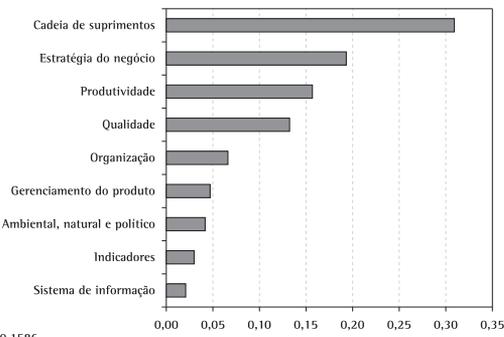
CR = 0,1899

Figura 5. Prioridade relativa e CR do representante de Suprimentos.



CR = 0,0953

Figura 8. Prioridade relativa e CR do representante da Engenharia.



CR = 0,1586

Figura 6. Prioridade relativa e CR do representante do Planejamento.

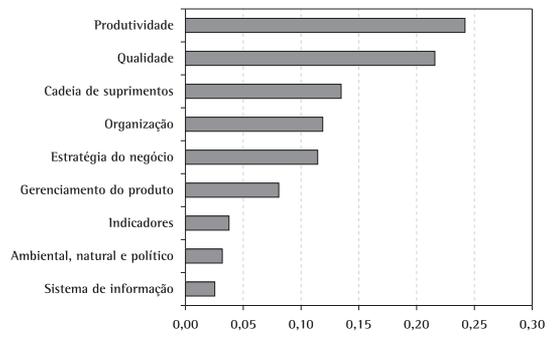


Figura 9. Prioridade relativa dos dados consolidados.

A Figura 8 indica que para o setor de Engenharia os fatores principais foram Produtividade e Qualidade, de forma semelhante ao que ocorreu com o setor de Produção.

Como todos os julgamentos dos representantes de áreas atenderam ao recomendado pelo AHP ( $CR \leq 0,20$ ), eles foram aceitos: Qualidade ( $CR = 0,0357$ ), Produção ( $CR = 0,1367$ ), Suprimentos ( $CR = 0,1899$ ), Planejamento ( $CR = 0,1586$ ), Logística ( $CR = 0,1080$ ) e Engenharia ( $CR = 0,0953$ ).

Na Tabela 5, conforme já comentado, estão os julgamentos conciliados pela média geométrica.

Para os dados consolidados na Tabela 5, calculou-se a prioridade relativa de cada fator de risco considerado, pelo mesmo procedimento já ilustrado para o caso da área de Qualidade: os resultados estão na Figura 9.

A Figura 9 mostra que o fator de risco Produtividade, com prioridade relativa igual a 0,2412, foi considerado o mais importante, seguido dos fatores Qualidade (0,2157), Cadeia de suprimentos (0,1346), Organização (0,1181), Estratégia de negócio (0,1148), Gerenciamento do produto (0,0805). Os fatores de risco com menores prioridades relativas foram: Indicadores (0,0382), Ambiental, natural e político (0,0312) e Sistema de informação (0,0258).

Tabela 5. Matriz de comparação paritária consolidada.

Importância dos fatores de riscos	Ambiental, natural e político	Cadeia de suprimentos	Estratégia do negócio	Gerenciamento do produto	Indicadores	Organização	Produtividade	Qualidade	Sistema de informação
Ambiental, natural e político	1	1/6	1/5	1/5	1	1/3	1/6	1/7	2
Cadeia de suprimentos	6 1/6	1	1 1/3	1	3 1/2	1 1/3	2/3	5/8	5
Estratégia do negócio	4 5/7	3/4	1	1 3/4	3 2/9	4/5	2/5	2/5	7
Gerenciamento do produto	5 2/7	1	4/7	1	2 4/9	2/5	2/9	2/9	3
Indicadores	1	2/7	1/3	2/5	1	2/9	1/6	1/6	3
Organização	3 1/6	3/4	1 1/4	2 1/2	4 1/2	1	3/8	2/5	5
Produtividade	6	1 4/7	2 3/7	4 1/2	6 1/6	2 2/3	1	1 2/3	5
Qualidade	7 2/5	1 3/5	2 3/7	4 4/7	6 1/6	2 1/2	3/5	1	5
Sistema de informação	1/2	1/5	1/7	1/3	1/3	1/5	1/5	1/5	1
Total	35,24	7,32	9,69	16,23	28,31	9,40	3,76	4,86	36,00

A razão de consistência para os julgamentos consolidados é  $CR = 0,0412$ , portanto os julgamentos representativos do grupo são válidos.

## 6. Conclusões

Pela revisão bibliográfica puderam ser identificados fatores de risco que influenciam a descontinuidade da cadeia de suprimentos de um fabricante de aeronaves nacional; por meio de entrevistas com representantes da alta e média gerência concluiu-se que os fatores de risco identificados e avaliados influenciavam o fabricante pesquisado, o que possibilita orientar uma mitigação dos riscos. Com isso foram atendidos os objetivos específicos propostos.

Para avaliação da criticidade dos fatores de risco foi utilizado o AHP. A avaliação individual dos representantes de cada área foi levada em consideração, pois cada representante pode identificar os fatores de risco e os problemas que podem afetar sua área. Todas as comparações foram verificadas, a fim de assegurar a consistência e coerência da avaliação. Apenas um dos casos teve CR maior que 0,20, assim apenas esse caso teve os julgamentos reavaliados.

Evidenciou-se que cada representante expressa uma perspectiva diferente na sua avaliação, dependendo da sua área de trabalho. Mas o AHP permitiu a consolidação dos julgamentos de cada área, podendo definir a importância e criticidade dos fatores de risco analisados. Os cinco fatores mais importantes foram: Produtividade, Qualidade, Cadeia de suprimentos, Organização e Estratégia do negócio.

Ressalte-se que os fatores de risco levantados são relevantes, e sua importância relativa varia com o contexto pesquisado, podendo ser alterada à medida que novos eventos surjam, como alterações na situação econômica e política (exemplo, crise de

2009-2010) ou mesmo devido à localização geográfica da empresa (e de seus fornecedores) e a ocorrência de situações de conflito entre países. Portanto, a avaliação da importância e da criticidade dos fatores de risco no gerenciamento de risco na cadeia de suprimentos deve ser revista periodicamente, sendo que o método de pesquisa adotado neste trabalho mostrou-se adequado a este fim.

Esta pesquisa foi realizada no maior fabricante brasileiro de aeronaves e os fatores de risco foram identificados para mitigar os riscos desta área. A empresa possui uma gerência para tratar de riscos e os resultados obtidos permitiram aprimorar o modelo de avaliação de risco adotado até então. O método de pesquisa também permitiu a realização de uma análise de sensibilidade frente a alterações de valores de pesos e de julgamento atribuídos aos fatores, simulando novos cenários e respectivos resultados.

Propõe-se como trabalho futuro a aplicação desse método em outros segmentos, como o setor automobilístico e o eletroeletrônico.

## Referências

- ADHITYA, A.; SRINIVASAN, R.; KARIMI, I. Supply Chain Risk Identification Using a HAZOP-Based Approach. *AICHE Journal*, v. 55, n. 6, p. 1447-1463, 2009. <http://dx.doi.org/10.1002/aic.11764>
- ASSOCIATION FOR OPERATIONS MANAGEMENT - APICS. Understanding Supply Chain Risk Areas, Solutions, And Plans. Protiviti Inc., APICS, 2004. (A Five-Part Series). Disponível em: <<http://www.protiviti.com/en-US/Pages/Supply-Chain-Risk-Survey.aspx>>. Acesso em: 22 jun. 2012.
- ARMANIOS, D. E. Parochialism in EU Economic Policy: Case study between the Boeing company and the Airbus company. *International Journal of Technology, Policy and Management*, v. 6, n. 1, p. 66-85, 2006. <http://dx.doi.org/10.1504/IJTPM.2006.010073>

- BALLOU, R. H. The evolution and future of logistics and supply chain management. *Produção*, v. 16, n. 3, p. 375-386, 2006. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-65132006000300002>
- BARRY, J. Supply Chain Risk in an Uncertain Global Supply Chain Environment. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 9, p. 695-697, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/09600030410567469>
- BERNARDES, B. Competitividade da Indústria Aeronáutica: uma Comparação Internacional. *Revista Eletrônica de Jornalismo Científico com Ciência*, 2007. Disponível em: <<http://www.comciencia.br/comciencia/handler.php?section=8&edicao=21&id=235>>. Acesso em: fev. 2011.
- BITTNER, M. *E-Business Requires Supply Chain Event Management: The Report on Supply Chain Management*. Boston: AMR Research, 2000. Disponível em: <<http://www.amrresearch.com/Content/view.asp?pmillid=13167&docid=223>>. Acesso em: fev. 2011.
- BRITO, A. J.; ALMEIDA, A. T.; MOTA, C. M. M. A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory. *European Journal of Operational Research*, v. 200, p. 812-821, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2009.01.016>
- CHRISTOPHER, M.; LEE, H. Mitigating Supply Chain Risk through Improved Confidence. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 5, p. 388-396, Mar. 2004a. <http://dx.doi.org/10.1108/09600030410545436>
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. Building the Resilient Supply Chain. *The International Journal of Logistics Management*, v. 15, n. 2, p. 1-27, 2004a. <http://dx.doi.org/10.1108/09574090410700275>
- CHRISTOPHER, M.; PECK, H. The Five Principles of Supply Chain Resilience. *Logistics Europe*, v. 12, n. 1, p. 16-21, Feb. 2004b.
- CHRISTOPHER, M.; TOWILL, D. Developing Market Specific Supply Chain Strategies. *The International Journal of Logistics Management*, v. 13, n. 1, p. 1-13, 2002. <http://dx.doi.org/10.1108/09574090210806324>
- CUCCHIELLA, F.; GASTALDI, M. Risk Management in Supply Chain: a Real Option Approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, v. 17, n. 6, p. 700-720, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/17410380610678756>
- COSTA, H. G.; SANTAFÉ JUNIOR, H. P. G.; HADDAD, A. N. Uma contribuição do método ELECTRE TRI à obtenção da classificação de riscos industriais. *Investigação Operacional*, v. 27, n. 2, p. 179-197, 2007.
- DAWOTOLA, A. W.; VAN GELDER, P. H. A. J. M.; VRIJLING, J.K. Multi Criteria Decision Analysis framework for risk management of oil and gas pipelines. In: RELIABILITY, Risk and Safety. London: Taylor & Francis Group, 2010. p. 307-314.
- DIEHL, A.; TATIM, D. *Pesquisas em Ciências Sociais Aplicadas: Métodos e Técnicas*. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- EXPERT CHOICE. Disponível em: <<http://expertchoice.com/>>. Acesso em: nov. 2010.
- FINCH, P. Supply chain risk management. *Supply Chain Management*, v. 9, n. 2, p. 183-196, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/13598540410527079>
- FORS, A.; JOSEFSSON, M.; LINDH, S. *Risk Assessment of an Internal Supply Chain – a case study of Thule Trailers*
- AB Jonkoping. 2007. 45 f. Thesis (Bachelor Thesis within Business Administration)-Jonkoping International Business School, Jonkoping University, 2007.
- FUKAYAMA, E. F.; EBECKEN, N. F. F. Fuzzy Multicriteria analysis for evaluation of risks in complex engineering projects in the Aeronautical industry. *WIT Transactions on Information and Communication Technologies*, v. 40, p. 215-244, 2008. <http://dx.doi.org/10.2495/DATA080211>
- GAONKAR, R.; VISWANADHAM, N. A. Conceptual and Analytical Framework for the Management of Risk in Supply Chains. *International Conference on Robotics & Automation*, p. 2699-2704, Apr. 2004.
- GARG, D.; NARAHARI, Y.; VISWANADHAN, N. Design of six Sigma Supply Chains. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, v. 1, n. 1, p. 38-57, 2004. <http://dx.doi.org/10.1109/TASE.2004.829436>
- GAUDENZI, B.; BORGHESI, A. Managing Risks in the Supply Chain using the AHP method. *The International Journal of Logistics Management*, v. 17, n. 1, p. 114-136, 2006. <http://dx.doi.org/10.1108/09574090610663464>
- HANDFIELD, R. B. and McCORMACK, K. P. *Supply Chain Risk Management: Minimizing Disruption in Global Sourcing*. Boca Raton: Taylor and Francis, 2007. <http://dx.doi.org/10.1201/9781420013306>
- HAYWOOD, M.; PECH, H. Improving the Management of Supply Chain Vulnerability in UK Aerospace Manufacturing: a methodology for supply chain risk management research. *Supply Chain Practice*, v. 5, n. 4, p. 20-32, Dec. 2003.
- KNEMEYER, A.; ZINN, W. and EROGLU, C. Proactive planning for catastrophic events in supply chains. *Journal of Operations Management*, v. 27, n. 2, p. 141-153, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jom.2008.06.002>
- KULL, T. and TALLURI, S. A supply risk reduction model using integrated multicriteria decision making. *IEEE Transactions on Engineering Management*, v. 55, n. 3, p. 409-419, 2008. <http://dx.doi.org/10.1109/TEM.2008.922627>
- KYTLE, B.; RUGGIE, J. Corporate Social Responsibility as Risk Management: A Model for Multinationals. *Corporate Social Responsibility Initiative*, n. 10, Mar. 2005. Disponível em: <[http://www.ksg.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/workingpaper\\_10\\_kytyle\\_ruggie.pdf](http://www.ksg.harvard.edu/m-rcbg/CSRI/publications/workingpaper_10_kytyle_ruggie.pdf)>. Acesso em: jan. 2011.
- LEWIS, B. *Inventory Control with Risk of Major Supply Chain Disruptions*. 2005. 214 f. Tese (Doutorado em Filosofia)-School of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Georgia, 2005. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/1853/7155>>. Acesso em: set. 2009.
- LIMA, G. *Uma Abordagem Multicritério na Avaliação do Grau de Risco dos Ramos de Atividade Econômica*. 2000. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção - Pesquisa Operacional). COPPE/UFRJ, 2000.
- LINDROTH, R.; NORRMAN, A. Supply Chain Risk and Risk Sharing Instruments – An Illustration from the Telecommunications Industry. In: LOGISTICS RESEARCH NETWORK CONFERENCE, 6., 2001, Dublin. *Proceedings...* Heriot-Watt University, 2001. Disponível em: <<http://www.tlog.lth.se/corecompetence.asp?ID=8>>. Acesso em: set. 2009.
- LUMMUS, R.; VOKURKA, R. Defining supply chain management: a historical perspective and practical

- guidelines. *Industrial Management & Data Systems*, v. 99, n. 1, p. 11-17, 1999. <http://dx.doi.org/10.1108/02635579910243851>
- MANUJ, I.; MENTZER, J. Global Supply Chain Risk Management Strategies. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 38, n. 3, p. 192-223, 2008. <http://dx.doi.org/10.1108/09600030810866986>
- OKE, A.; GOPALAKRISHNAN, M. Managing disruptions in supply chains: A case study of a retail supply chain. *International Journal Production Economics*, v. 118, p. 168-174, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.08.045>
- PAULSSON, U. Managing Risk in Supply Chains – An Article Review. In: NOFOMA, 2003, Lund. *Proceedings...* Oulu, 2003.
- PECK, H. *Creating Resilient Supply Chains: A Practical Guide*. Cranfield: Cranfield University, Centre for Logistics and Supply Chain Management, 2003.
- PECK, H. Reconciling Supply Chain Vulnerability, Risk and Supply Chain Management. *The International Journal of Logistics: Research and Applications*, v. 9, n. 2, p. 127-142, 2006. <http://dx.doi.org/10.1080/13675560600673578>
- RITCHIE, B.; BRINKLEY, C. Reassessing the management of the global supply chain. *Integrated Manufacturing Systems*, v. 13, n. 2, p. 110-116, 2000. <http://dx.doi.org/10.1108/09576060210415446>
- ROSSETTI, C.; CHOI, T. On the dark side of strategic sourcing: experiences from the aerospace industry. *Academy of Management Executive*, v. 19, n. 1, p. 46-60, 2005.
- SAATY, T. *Decision Making with Dependence and Feedback: the Analytic Network Process*. 2nd ed. Pittsburgh: RWS, 2001.
- SAATY, T. Decision Making with the Analytic Hierarchy Process. *International Journal Services Sciences*, v. 1, n. 1, p. 83-98, 2008. <http://dx.doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
- SALOMON, V. *Desempenho da Modelagem do Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios na Análise do Planejamento e Controle da Produção*. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia)-Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- SALOMON, V.; SHIMIZU, T. Utilização de Matrizes de Julgamentos na Análise do Controle da Produção. *Revista Gestão Industrial*, v. 2, n. 1, p. 70-78, 2006. <http://dx.doi.org/10.3895/S1808-04482006000100007>
- SARKAR, A.; MOHAPATRA, P. Determining the Optimal Size of Supply Base with the Consideration of Risks of Supply Disruptions. *International Journal of Production Economics*, v. 119, n. 1, p. 122-135, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.12.019>
- SHEFFI, Y. Supply Chain Management Under Threat of International Terrorism. *The International Journal of Logistics Management*, v. 12, n. 2, p. 1-11, 2001. <http://dx.doi.org/10.1108/09574090110806262>
- SHEFFI, Y. Weathering the storm. *CPO Agenda home – Winter 2005*. London, 2005. Disponível em: <[http://archive.cpoagenda.com/inc/articles/Winter\\_05/Execsum\\_storm.ASP](http://archive.cpoagenda.com/inc/articles/Winter_05/Execsum_storm.ASP)>. Acesso em: out. 2009.
- SINHA, P.; WHITMAN, L.; MALZAHN, D. Methodology to Mitigate Supplier Risk in an Aerospace Supply Chain. *Supply Chain Management: An International Journal*, v. 9, n. 2, p. 154-168, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/13598540410527051>
- TANG, C.; TOMLIN, B. The Power of Flexibility for Mitigating Supply Chain Risks. *International Journal of Production Economics*, v. 116, n. 1, p. 12-27, 2008. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2008.07.008>
- TOLEDO, R.; ENGLER, A.; AHUMADA, V. Evaluation of Risk Factors in Agriculture: An Application of the Analytical Hierarchical Process (AHP) Methodology/ Evaluación de Factores de Riesgo en la Agricultura: Una Aplicación de la Metodología de Proceso Analítico Jerárquico (AHP). *Chilean Journal of Agricultural Research*, v. 71, n. 1, p. 114-121, 2011. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392011000100014>
- VILANA, J. R.; RODRÍGUEZ-MONROY, C. Influence of cultural mechanisms on horizontal inter-firm collaborations. *Journal of Industrial Engineering and Management*, v. 3, n. 1, p. 138-175, 2010.
- WALKER, W.; ALBER, K. Understanding supply chain management. *APICS online Edition*, v. 99, n. 1, 1999. Disponível em: <<http://www.apics.org/magazines/jan99/walker.htm>>. Acesso em: out. 2009.
- ZSIDISIN, G. et al. An Analysis of Supply Risk Assessment Techniques. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, v. 34, n. 5, p. 397-413, 2004. <http://dx.doi.org/10.1108/09600030410545445>

## Risk factors in aerospace supply chain: qualitative and quantitative aspects

### Abstract

The lack of risk management can generate disruption in the supply chain, and there is little literature related to the aerospace industry. This article aims at identifying the risk factors for supply chain of the main Brazilian aircraft manufacturer. Nine risk factors specific to aircraft manufacturers were identified: Environmental, Natural and Political, Supply Chain, Business Strategy, Product Management, Indicators, Organization, Productivity, and Quality and Information System. These factors were quantitatively evaluated with respect to their criticality using the Analytic Hierarchy Process (AHP). The Quality and Productivity factors were considered the most relevant in this study, which can be classified as a single case study. The necessary data were obtained through interviews with professionals from different areas of the studied enterprise.

### Keywords

Risk factors. Supply chain. AHP. Case study. Aerospace industry.