



ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À TOMADA DE DECISÃO DO MODO
DE TRANSPORTE DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS TERMOSENSÍVEIS
IMPORTADOS AO MERCADO BRASILEIRO

Marcelo Coutinho Tavares

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-graduação em Engenharia de Transportes, COPPE, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Transportes.

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Rio de Janeiro

Junho de 2015

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À TOMADA DE DECISÃO DO MODO
DE TRANSPORTE DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS TERMOSENSÍVEIS
IMPORTADOS AO MERCADO BRASILEIRO

Marcelo Coutinho Tavares

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA AO CORPO DOCENTE DO INSTITUTO ALBERTO
LUIZ COIMBRA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DE ENGENHARIA (COPPE)
DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO COMO PARTE DOS
REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM
CIÊNCIAS EM ENGENHARIA DE TRANSPORTES.

Examinada por:

Prof. Glaydston Mattos Ribeiro, D.Sc.

Prof. Márcio de Almeida D'Agosto, D.Sc.

Prof. Luís Alberto Duncan Rangel, D.Sc.

RIO DE JANEIRO, RJ - BRASIL

JUNHO DE 2015

Tavares, Marcelo Coutinho

Análise multicritério aplicada à tomada de decisão do modo de transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis importados ao mercado brasileiro/ Marcelo Coutinho Tavares. – Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2015.

XV, 124 p.: il.; 29,7 cm.

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Dissertação (mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia de Transportes, 2015.

Referências Bibliográficas: p. 97-104.

1. Análise multicritério à decisão. 2. Análise hierárquica de processo. 3. Transporte de produtos termossensíveis. I. Ribeiro, Glaydston Mattos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, COPPE, Programa de Engenharia de Transportes. III. Título.

”Os obstáculos são aquilo que vemos quando afastamos nossos olhos do objetivo”

Henry Ford

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela minha vida e pela infinita força que me motiva em tornar-me uma pessoa melhor.

À minha esposa Cristiane pelo apoio e parceria em todos os momentos, e por sempre confiar e me motivar na realização deste projeto.

Ao meu filho João Marcelo pelo apoio e entendimento pela privação de muitos momentos sem minha companhia, participando de tudo e muitas vezes me cobrando para eu terminar logo. Eu sei o quanto você torceu por isto, meu querido.

Aos meus pais José e Inez por terem me dado os valores fundamentais ao longo da minha vida.e guiado a minha educação.

Ao meu irmão Rosan por todos os momentos que se preocupou em me ajudar, e a todos os familiares e amigos pela torcida.

Agradeço ao meu orientador Prof. Glaydston Mattos Ribeiro pelos ensinamentos e parceria para a realização deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora Prof. Márcio de Almeida D'Agosto e Prof. Luís Alberto Duncan Rangel, pelas críticas e sugestões que certamente solidificarão este trabalho.

Aos demais professores do PET/COPPE/UFRJ pelo apoio nas disciplinas e funcionários por todo o carinho e empenho no suporte, em especial a Jane Correa.

Resumo da Dissertação apresentada à COPPE/UFRJ como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ANÁLISE MULTICRITÉRIO APLICADA À TOMADA DE DECISÃO DO MODO
DE TRANSPORTE DE PRODUTOS FARMACÊUTICOS TERMOSENSÍVEIS
IMPORTADOS AO MERCADO BRASILEIRO

Marcelo Coutinho Tavares

Junho/2015

Orientador: Glaydston Mattos Ribeiro

Programa: Engenharia de Transportes

Vacinas são produtos farmacêuticos que requerem armazenagem em condição refrigerada, e exigem cuidados ao longo da cadeia de suprimento que tornam o transporte um processo complexo e com alto custo, a fim de preservar as propriedades de qualidade e eficácia dos produtos. Este trabalho apresenta os critérios relevantes para um bom desempenho do transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis, destacando o segmento da cadeia de frio para a importação de vacinas ao mercado nacional. Aplica o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP) como ferramenta de suporte a tomada decisão, a fim de demonstrar a importância que os avaliadores inferem aos critérios apresentados, e por meio da análise de sensibilidade, avalia quais condições provocam uma mudança de alternativa, onde o modo de transporte contribua com um menor custo, mantendo-se a integridade da cadeia de frio.

Abstract of Dissertation presented to COPPE/UFRJ as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science (M.Sc.)

MULTICRITERIA ANALYSIS USED IN DECISION MAKING RELATED TO
TEMPERATURE SENSITIVE PHARMACEUTIC GOODS IMPORTED TO
BRAZILIAN MARKET

Marcelo Coutinho Tavares

June/2015

Advisor: Glaydston Mattos Ribeiro

Department: Transportation Engineering

Vaccines are pharmaceutical goods that needs specific protection from the heat, and require specific care along the whole supply chain what makes the transportation a complex process with high cost, in order to preserve the specific properties, quality and efficacy product. This work aims to present the most relevant criteria to support a good service level of pharmaceutical perishable goods transportation, highlighting the import vaccines to Brazilian market. The method Analytic Hierarchy Process (AHP) was used as support decision tool, in order to demonstrate how the decision makers evaluate and take importance of the criteria presented, and by sensibility assessment, understand which of the conditions cause an alternative decision change, where the transport mode contributes to a lower cost, while maintaining the integrity of the cold chain.

SUMÁRIO

1 - INTRODUÇÃO	1
1.1 - Problemática e motivação	2
1.2 - Hipótese	3
1.3 - Objetivo	4
1.4 - Justificativa	4
1.5 - Delimitação da pesquisa	5
1.6 - Estrutura da pesquisa	7
2 - CADEIA DE FRIO FARMACÊUTICA	9
2.1 - Conceituação e caracterização da cadeia de frio	9
2.2 - Especificação das condições de armazenagem e transporte de produtos farmacêuticos	10
2.3 - Importância do gerenciamento da cadeia de frio	13
2.4 - Sistemas de conservação do frio	15
2.4.1 - Sistema de acondicionamento passivo	16
2.4.2 - Sistema de acondicionamento ativo	17
2.4.4 - Equipamentos de refrigeração no transporte da cadeia de frio	17
2.5 - Aspectos regulatórios	19
2.6 - O transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis no cenário nacional e internacional	23
2.7 - Considerações finais do capítulo	28
3 - A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA DE VACINAS	29
3.1 - Aspectos históricos do desenvolvimento da cadeia de suprimento de vacinas no Brasil	30
3.2 - O mercado de vacinas no cenário nacional	31
3.3 - A cadeia de suprimento de vacinas no Brasil no âmbito público	33
3.3.1 - Planejamento e aquisição	33
3.3.2 - Produção	33
3.3.3 - Transporte e distribuição	34
3.4 - A cadeia de suprimento de vacinas no Brasil no âmbito privado	36
3.5 - Considerações finais do capítulo	36
4 - FUNDAMENTOS DO PROCESSO DE DECISÃO	38
4.1 - Contextualização do processo de decisão	38
4.2 - Fundamentos do Apoio Multicritério à Decisão	40
4.2.1 - Conceitos básicos	42
4.2.2 - Fases do processo de apoio à decisão	44

4.2.3 - Axiomas da teoria da decisão	47
4.2.4 - Modelos de apoio à decisão	48
4.2.5 - Função de valor	49
4.2.6 - Função aditiva de valor	50
4.2.7 - Análise de sensibilidade.....	51
4.2.8 - Agregação das preferências.....	51
4.3 - Métodos de apoio a decisão multicritério	54
4.4 - Seleção do método de agregação das preferências	58
4.5 – Considerações finais do capítulo	60
5 - ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO (AHP).....	61
5.1 - Construção de hierarquias.....	61
5.2 - Escala de valor	63
5.3 - Modelagem do método	64
5.4 - Metodologias para obtenção do vetor prioridade	66
5.5 - Medida de inconsistência	68
5.6 - Análise de Consistência.....	69
5.7 – Considerações finais do capítulo	70
6 - APLICAÇÃO DO MÉTODO.....	71
6.1 - Universo da pesquisa e amostra.....	71
6.2 - Entendimento do problema (etapa 1)	73
6.3 - Definição dos objetivos (etapa 2)	73
6.4 - Identificação dos critérios, subcritérios e alternativas relevantes para o problema de decisão (etapa 3)	76
6.5 - Definição do método de modelagem das preferências e avaliação das compensações de valor (etapa 4).....	78
6.6 - Avaliação de cada alternativa (etapa 5).....	78
6.7 - Análise de sensibilidade para validação do modelo e soluções (etapa 6)	80
6.8 - Fazer uma decisão provisional e recomendações (etapa 7)	80
6.9 – Considerações finais do capítulo	80
7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	82
7.1 – Análise de sensibilidade.....	89
7.2 – Considerações finais do capítulo	92
8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	94
9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Modelos de embalagem refrigeradas utilizadas para o acondicionamento de produtos termossensíveis	16
Figura 2 - Esquema do interior de uma carroceria frigorífica	19
Figura 3 – Cadeia de suprimento farmacêutica	23
Figura 4 – Contêiner <i>reefer</i> posicionado no navio	25
Figura 5 – Conectores para alimentação elétrica dos <i>reefers</i> no navio	26
Figura 6 - Contêiner refrigerado aéreo ou <i>envirotainer</i>	27
Figura 7 - Conectores para alimentação elétrica do <i>envirotainer</i> na aeronave	27
Figura 8 - Fluxograma de solicitação e Distribuição de Imunobiológicos nas Instâncias de Coordenação e Execução	35
Figura 9 – Grupos de formas de decisão	38
Figura 10 – Etapas de análise de decisão envolvendo multicritério	46
Figura 11 – Níveis de hierarquia do AHP	62
Figura 12 – Questionário de Sato	64
Figura 13 – Exemplo de matriz de comparação paritária	65
Figura 15 – Estrutura hierárquica do problema de pesquisa	79
Figura 15 - Vetor prioridade dos subcritérios referentes a aspectos operacionais do transporte	83
Figura 16 - Vetor prioridade dos subcritérios referentes a específicos da cadeia de frio.....	84
Figura 17 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas	86
Figura 18 – Vetor de prioridade global das alternativas por decisor	86
Figura 19 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas – segmento público	87
Figura 20 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas – segmento privado	87
Figura 21 - Desempenho inicial das alternativas – combinação global	89
Figura 22 - Análise de sensibilidade baseado custo do transporte – análise dos pesos.....	90
Figura 23 - Análise de sensibilidade baseado custo do transporte – ponto de inversão ...	91
Figura 24 - Análise de sensibilidade baseado custo total – análise dos pesos	91
Figura 25 - Análise de sensibilidade baseado custo total – ponto de inversão	92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Importação de vacinas ao mercado brasileiro no período de 2008 a 2012.....	7
Tabela 2 - Padronização da condição de armazenagem utilizada para produtos farmacêuticos estabelecida pela Organização Mundial da Saúde	11
Tabela 3 - Parâmetros para estudo de estabilidade de produtos farmacêuticos	12
Tabela 4 - Desvios de qualidade críticos e maiores relacionados a cadeia de frio identificados por inspetores do MHRA em 2003/2004	14
Tabela 5 - Principais regulamentações sobre a cadeia de frio farmacêutica em uso no mundo	22
Tabela 6 - Matriz produtiva de imunobiológicos brasileira	34
Tabela 7 - Importação de vacinas por laboratórios privados no período de 1997 a 2001	36
Tabela 8 - Diferenças dos métodos de apoio à decisão - Escolas Americana e Francesa	53
Tabela 9 - Principais métodos elementares descritos na literatura	54
Tabela 10 - Características dos principais métodos da escola americana	55
Tabela 11 - Principais métodos de apoio a tomada de decisão da escola francesa	57
Tabela 12 - Escala Fundamental de Saaty	63
Tabela 13 – Principais métodos do vetor normalização	66
Tabela 14 – Índices de inconsistência aleatória para até sete alternativas	69
Tabela 15 – Amostra - tomadores de decisão	72
Tabela 16 – Critérios para o gerenciamento do transporte e cadeia de frio farmacêutica apresentados no brainstorming	75
Tabela 17 – Critérios e subcritérios definidos para o processo de avaliação do modo de transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro	77
Tabela 18 - Padrão de codificação adotado para as alternativas	78
Tabela 19 - Vetor prioridade dos subcritérios sob o aspecto operacional do transporte	82
Tabela 20 - Vetor prioridade dos critérios sob o aspecto específico da cadeia de frio ...	84
Tabela 21 - Vetor prioridade global das alternativas	85
Tabela 22 – Ranking de preferência das alternativas	87
Tabela 23 - Avaliação dos critérios	105

Tabela 24 - Avaliação do subcritério custo do transporte	105
Tabela 25 - Avaliação do subcritério custo total da rede de suprimento	105
Tabela 26 - Avaliação do subcritério confiabilidade	106
Tabela 27 - Avaliação do subcritério tempo	106
Tabela 28 - Avaliação do subcritério disponibilidade	106
Tabela 29 - Avaliação do subcritério qualificação e validação da solução	106
Tabela 30 - Avaliação do subcritério utilização de técnicas de consolidação/ fracionamento	107
Tabela 31 - Avaliação do subcritério quantidade de produto despachado	107
Tabela 32 - Avaliação das alternativas pelo critério custo do transporte	107
Tabela 33 - Avaliação das alternativas pelo critério custo total da rede de suprimentos	108
Tabela 34 - Avaliação das alternativas pelo critério confiabilidade	108
Tabela 35 - Avaliação das alternativas pelo critério tempo	108
Tabela 36 - Avaliação das alternativas pelo critério disponibilidade	109
Tabela 37 - Avaliação das alternativas pelo critério capacidade	109
Tabela 38 - Avaliação das alternativas pelo critério qualificação e validação da solução	109
Tabela 39 - Avaliação das alternativas pelo critério utilização de técnicas de consolidação e fracionamento	110
Tabela 40 - Avaliação das alternativas pelo critério quantidade de produto despachado	110
Tabela 41 - Avaliação das alternativas pelo critério integridade da cadeia de frio	110
Tabela 42 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 1	111
Tabela 43 - Avaliação das alternativas pelo decisor 1	111
Tabela 44 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 2	112
Tabela 45 - Avaliação das alternativas pelo decisor 2	112
Tabela 46 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 3	113
Tabela 47 - Avaliação das alternativas pelo decisor 3	113
Tabela 48 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 4	114
Tabela 49 - Avaliação das alternativas pelo decisor 4	114
Tabela 50 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 5	115
Tabela 51 - Avaliação das alternativas pelo decisor 5	115
Tabela 52 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 6	116

Tabela 53 - Avaliação das alternativas pelo decisor 6	116
Tabela 54 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 7	117
Tabela 55 - Avaliação das alternativas pelo decisor 7	117
Tabela 56 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 8	118
Tabela 57 - Avaliação das alternativas pelo decisor 8	118
Tabela 58 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 9	119
Tabela 59 - Avaliação das alternativas pelo decisor 9	119
Tabela 60 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 10.....	120
Tabela 61 - Avaliação das alternativas pelo decisor 10	120
Tabela 62 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 11	121
Tabela 63 - Avaliação das alternativas pelo decisor 11	121
Tabela 64 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 12	122
Tabela 65 - Avaliação das alternativas pelo decisor 12	122
Tabela 66 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 13	123
Tabela 67 - Avaliação das alternativas pelo decisor 13	123
Tabela 68 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 14	124
Tabela 69 - Avaliação das alternativas pelo decisor 14	124

LISTA DE SIGLAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
AFE – Autorização de Funcionamento de Empresa
AHP - Análise Hierárquica de Processo
AMD - Apoio Multicritério à Decisão
ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária
ATP - Agreements on the International Carriage of Perishable Foodstuffs
BPF - Boas Práticas de Fabricação
CFC – Cloro Flúor Carbono
CENADI - Central Nacional de Distribuição de Imunobiológicos
CIBRAZEM - Cia Brasileira de Armazéns
CPPI - Centro de Produção e Pesquisa de Imunobiológicos do Paraná
DMD - Decisão Multicritério Discreta
ELECTRE - ELimination and Et Choice Translating Reality
FAP-RJ - Fundação Ataufo de Paiva
FDA - Food and Drug Administration
FIOCRUZ – Fundação Oswaldo Cruz
FUNED-MG - Fundação Ezequiel Dias
GMP - Good Manufacturing Practices
HFC – Hidro Flúor Carbono
ICH - International Committee on Harmonization
IVB-RJ - Instituto Vital Brasil
IC - Índice de Consistência
MAUT - Teoria da Utilidade Multiatributo
MHRA - Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency's
MS – Ministério da Saúde
OMS - Organização Mundial da Saúde
OPAS - Organização Pan-Americana da Saúde
PAI - Programa Ampliado de Imunizações
PNI - Programa Nacional de Imunizações
PROMETHEE - Preference Ranking Organisation Method of Enrichment Evaluation
RC -Razão de Consistência
RDC – Resolução da Diretoria Colegiada
SUS - Sistema Único de Saúde

SVS – Secretaria de Vigilância Sanitária

TECPAR-PR - Instituto de Tecnologia do Paraná

ULD - Unit Load Device

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

WHO - World Health Organization (WHO)

1 - INTRODUÇÃO

Mudanças nos padrões e consumo nas últimas décadas afetaram a forma de produzir, comercializar e distribuir produtos (COYLE *et al.*, 2001). A globalização intensificou a capacidade do comércio mundial, conectando mercados em diferentes regiões do mundo, onde a distância física entre estas regiões representa um desafio para os fabricantes e agentes logísticos, devido aos riscos associados ao processo de distribuição física (RODRIGUE, 2006). Neste contexto está a cadeia de frio, que representa uma complexa cadeia de suprimento, onde a natureza do produto determina o nível de rigor no controle de sua integridade (BOGATAJ, BOGATAJ e VODOPIVEC, 2005).

A cadeia de frio é caracterizada pelas atividades de manuseio, transporte, armazenagem, embalagem, movimentação e manutenção das propriedades dos produtos sensíveis à temperatura, sendo influenciada por recursos de infraestrutura e gestão da informação (MONTANARI, 2008).

A cadeia de distribuição de produtos farmacêuticos termossensíveis é definida como cadeia de frio farmacêutica (DUTTA, 2010). Este segmento, em um cenário de mercado globalizado, possui um grande desafio para a gestão da cadeia de frio, onde a preocupação com a preservação da qualidade e eficácia do medicamento ao longo do processo de distribuição opõe-se a estratégias de eficiência logística (CARVALHO JR e MACEDO, 2010).

Com base neste cenário de desafio de serviços, BOWERSOX *et al.* (2014), afirmam que o nível de especialização de produtos e serviços oferecidos, aliados aos novos patamares de qualidade impostos pelo mercado, obriga a busca de soluções inovadoras e a implementação de melhores práticas na gestão logística, que envolvem tomadas de decisão e devem ser avaliadas em um contexto integrado, o que torna a sua condução complexa e de difícil decisão.

Os fatores ou critérios desejáveis em uma decisão complexa se dividem em quantitativos e qualitativos e variam de acordo com o problema. A necessidade de ter mais de um critério de avaliação e de congregar na tomada de decisão fatores com unidades de medida diferentes ou mesmo sem unidade de medida (os qualitativos) moveu os estudos da área na direção das Decisões Multicriteriais (WOLF, 2008).

Neste trabalho são apresentados métodos de decisão multicriterial, sendo aplicado o método AHP – Analytic Hierarchy Process (SAATY, 1980) na avaliação do modo de

transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro. Como resultado foi possível demonstrar a importância que os avaliadores atribuíram aos critérios apresentados, e por meio da análise de sensibilidade, avaliar quais condições provocam uma mudança de alternativa, onde o modo de transporte contribua com um menor custo.

1.1 - Problemática e motivação

Os produtos farmacêuticos termossensíveis são caracterizados por exigirem condições específicas para armazenagem e transporte, por meio de ambientes refrigerados.

DUTTA *et al.* (2010) e SOFRIGAN (2013) afirmam que a conservação dos produtos da cadeia de frio pode ser conduzida de forma eficaz por meio do uso de transporte apropriado, com o uso de veículos refrigerados ou embalagens isotérmicas refrigeradas com elementos frios, onde os fabricantes devem conhecer quais são as soluções que mais se adaptam para garantir as condições requeridas para a conservação dos produtos.

As necessidades da logística e, em particular, do transporte de medicamentos com requerimentos de controle de temperatura, têm apresentado um crescimento contínuo, como consequência de um aumento da regulação específica e dos cuidados com a integridade dos produtos (SOFRIGAM, 2013).

Os processos e controles relacionados à cadeia de suprimentos de produtos farmacêuticos são regulados por legislação específica para assegurar a qualidade e a eficácia dos produtos ao longo desta cadeia até o consumidor final. NOVAES (2001) define a cadeia de suprimentos como o caminho que se estende desde as fontes de matérias-primas, passando pela fábrica, distribuidores e chegando finalmente ao consumidor por meio do varejista.

No mundo, diversos órgãos de regulação global, incluindo a *World Health Organization* (WHO), o *International Committee on Harmonization* (ICH) e a *Food and Drug Administration* (FDA) têm definido regras para o controle da temperatura durante a armazenagem e transporte para os produtos termossensíveis (IATA, 2007).

Em adicional, o transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis caracteriza-se por diferentes variáveis que se opõem, mas que devem ser avaliadas em um contexto integrado, que torna a sua condução complexa e de difícil decisão.

CARVALHO JR e MACEDO (2010) afirmam que o serviço de transporte é responsável por até 60% do custo logístico total, e que na atualidade o transporte de

produtos farmacêuticos termossensíveis apresenta-se como um paradigma, que se expressa na relação entre a implementação de práticas baseadas em conceitos de garantia de qualidade, que assegurem que os serviços devem ser controlados de modo consistente com padrões de qualidade apropriados durante todas as etapas do transporte, a um custo operacional competitivo, sem onerar um serviço já representativo no custo logístico total.

Segundo WOLFF (2008), problemas que envolvem a distribuição física, assim como de outras áreas de conhecimento, envolvem tomadas de decisão. Em decisões complexas, a melhor alternativa, ou plano de ação, pode envolver mais de um atributo e é necessário estudar como cada ação afeta cada atributo.

Diferentes conceitos referentes aos atributos em transportes são considerados pela literatura para auxiliar na tomada de decisão quanto à escolha do modo de transporte. Diante disto, o problema de pesquisa está relacionado à tomada de decisão para o modo de transporte e forma de condicionamento, adotado para a importação de vacinas para o mercado brasileiro, pelos laboratórios públicos e privados transnacionais.

Desta forma, este trabalho baseia-se nas seguintes perguntas com intuito de representar o problema estudado:

1- Os diferentes agentes que participam da cadeia de frio farmacêutica, objeto do problema de pesquisa, corroboram com as decisões obtidas dos julgamentos par a par quando comparados?

2- Baseado na sugestão do modelo de operação mais adequado, quais condições permitem uma mudança de alternativa, onde o modo de transporte contribua com um menor custo total e ao mesmo tempo preserve os requerimentos técnicos de qualidade?

3- Neste sentido, quais as oportunidades devem ser desenvolvidas para sustentar este processo de mudança de decisão?

1.2 - Hipótese

Sobre a hipótese, CERVO e BERVIAN (2002) relatam que equivale à suposição provável, e depois comprovável pelos fatos, os quais não de decidir, sobre a verdade ou não dos fatos que se pretende explicar. Assim, a hipótese central deste trabalho, baseia-se na capacidade da análise multicritério para suporte a tomada de decisão, pelo uso do Método de Análise Hierárquica de Processo (AHP), permitir uma avaliação do modo de transporte da rede de suprimento para importação de vacinas para o mercado brasileiro, a

um menor custo total, e ao mesmo tempo, preservando a confiança na integridade da cadeia de frio.

1.3 - Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é analisar quais os julgamentos que os diferentes agentes que participam da rede de suprimento de vacinas para o mercado nacional possuem para a definição do modo de transporte e forma de acondicionamento de vacinas importadas.

Os objetivos específicos são:

- Identificar a importância que os avaliadores inferem para os atributos apresentados, e
- Por meio da análise de sensibilidade, avaliar quais condições e alteração dos pesos atribuídos pelos avaliadores, provocam a mudança de alternativa para o modo de transporte com menor custo total, mantendo-se a integridade da cadeia de frio.

1.4 - Justificativa

A cadeia de distribuição de produtos termossensíveis, envolvendo atividades de produção, estocagem e distribuição, exige a adoção de práticas e cuidados especiais pelos fabricantes e provedores de serviços logísticos, onde o custo total é representativo devido a condições especializadas exigidas para a armazenagem e transporte, mas não se apresenta como o mais importante na relação custo-benefício. Com isso, as principais justificativas que sustentam a pesquisa são:

- Garantir que os produtos mantenham a qualidade e eficácia até o consumidor final,
- Atender as exigências regulatórias,
- Reduzir o custo operacional total e perdas, mantendo-se a qualidade dos produtos.

CARVALHO e MACEDO (2010) afirmam que “quebras” da cadeia de frio podem inativar a composição de um produto termossensível e provocar a falta do efeito terapêutico desejado. A maioria destes produtos são vacinas, que possuem como efeito estimular o organismo a produzir defesas por meio do seu sistema imunobiológico. Neste sentido a consequência seria o desenvolvimento da doença no paciente vacinado, devido a falha na ação da vacina. Acrescenta que a preocupação dos representantes no âmbito

público e privado com os controles e riscos envolvendo a cadeia de frio, têm a importância de saúde pública.

Outro aspecto que merece destaque para o gerenciamento da cadeia de frio é o atendimento a legislação definida pelas agências reguladoras, sendo uma preocupação dos fabricantes para manutenção das licenças para a produção e distribuição. Ao mesmo tempo, demandam melhorias em soluções sustentáveis sobre os provedores de serviços sob contrato (BISHARA, 2006).

Completa a análise da importância da cadeia de frio, o entendimento do desafio que os fabricantes de produtos termossensíveis possuem, envolvendo a minimização de perdas e aumento do lucro, associado a redução de “quebras”.

Por mais de uma década o crescimento da produção e distribuição de medicamentos termossensíveis está integrada ao conceito da economia globalizada, atendendo a um mercado internacional em crescimento (IATA, 2007).

Por outro lado, BISHARA (2006) comenta que do faturamento anual do mercado farmacêutico mundial em 2003 (na ordem de 400 bilhões de dólares), 10% ou 41 bilhões de dólares foram biomedicamentos, indicando a importância deste segmento.

RODRIGUEZ *et al.* (2011) e TAYLOR (2001) afirmam que produtos termossensíveis têm alto valor agregado, e para assegurar lucro ao negócio, os fabricantes têm aumentado os cuidados com embalagens, transporte e armazenagem, para que a cadeia de frio seja efetuada com perfeição.

A globalização da produção e distribuição de produtos termossensíveis em diversas etapas e em diferentes países no mundo, efetua um efeito adicional nos fabricantes, colocando maior pressão no gerenciamento da cadeia de frio, e provocando que os produtos sejam transportados e armazenados com requerimentos mais exigentes (IATA, 2007).

1.5 - Delimitação da pesquisa

A definição do modo de transporte da rede de suprimentos de produtos farmacêuticos termossensíveis importados para o mercado brasileiro, engloba fatores que tornam o processo de decisão complexo devido a variáveis que se opõem. Aspectos específicos do transporte, assim como fatores específicos da cadeia de frio, que contribuem para que o serviço atenda a padrões apropriados durante todas as etapas do transporte, mas que por exigir soluções especializadas oneram o custo logístico total, representam o principal conflito para o processo de decisão.

O problema relacionado a tomada de decisão sobre qual modo de transporte utilizar, no recorte do suprimento de vacinas importadas para o mercado brasileiro, é claramente definido como complexa, pois, segundo KEENEY (1982) e GOMES *et al.* (2004), ela apresenta as seguintes características:

- Múltiplos objetivos: deve definir o modo de transporte para a importação de vacinas para o mercado brasileiro, atendendo aos aspectos do transporte e os aspectos específicos da cadeia de frio;
- Intangibilidade: a percepção dos julgamentos depende da visão dos envolvidos;
- Diversos tomadores de decisão: essa avaliação envolve decisões do fabricante, abrangendo os departamentos de logística, qualidade e financeiro;
- Horizonte de longo prazo: a solução proposta deverá ser consistente e indicará um padrão que poderá ser adotado;
- Diversos grupos impactados: a decisão abrangerá desde o fabricante até cliente final, constituído por órgão do Ministério da Saúde;
- Compensações de valor (*trade-offs*): a avaliação das alternativas deve levar em conta uma compensação de valor entre custos e nível de serviço esperado; e
- Riscos e incertezas: é difícil prever com exatidão todas as consequências das alternativas.

A proposta de pesquisa abrange os representantes da rede de suprimento de vacinas ao mercado brasileiro, caracterizada por laboratórios farmacêuticos privados transnacionais, laboratórios públicos nacionais, órgãos relacionados ao Ministério da Saúde e agentes logísticos com especialidade em cadeia de frio farmacêutica.

No âmbito público, o setor caracteriza-se por uma participação do Estado, por meio de institutos públicos, na pesquisa, produção, importação e distribuição de vacinas, exercendo um papel regulador. Destacam-se o Instituto Butantan (SP) e o Instituto Bio Manguinhos (RJ), pela variedade e número de vacinas produzidas, e relação de cooperação tecnológica com laboratórios privados produtores de vacina (BERTOLLO, 2014).

BERTOLLO (2014) demonstra em sua pesquisa que os laboratórios privados com maior participação no mercado público e privado de distribuição de vacinas são: Merck, Pfizer, Novartis GlaxoSmithKline e Sanofi Aventis. Seus produtos são comercializados

em várias porções do globo e, a multiplicidade e o intenso investimento em biotecnologia, indica a oligopolização deste segmento da indústria.

É fundamental que se compreenda quais agentes estão envolvidos nesse processo e como são capazes de ligar unidades produtivas dispersas no contexto globalizado em reação ao mercado brasileiro, promovendo fluxos de importação e exportação de insumos (para imunobiológicos) e vacinas. A Tabela 1 demonstra o volume valorizado (em dólares) de importação de vacinas ao mercado brasileiro no período de 2008 a 2012 (BERTOLLO, 2014).

Tabela 1 - Importação de vacinas ao mercado brasileiro no período de 2008 a 2012

País de origem	Valor em milhões de US\$
Bélgica	1.262,6
França	315,4
EUA	297,5
Itália	266,4
Canadá	261,6
Índia	46,7

Fonte: BERTOLLO (2014)

Cabe ressaltar ainda a atuação do Estado na distribuição das vacinas por todo o território nacional, nas diversas campanhas para imunização da população. Baseado em procedimentos orientados pela cadeia de frio, a Central Nacional de Distribuição de Imunobiológicos – CENADI (órgão vinculado ao Ministério da Saúde), localizada no Rio de Janeiro-RJ, consolida todo o estoque produzido pelos laboratórios públicos, e importado a partir dos laboratórios privados, armazena, e distribui por meio de uma dinâmica de transporte terrestre, aéreo e fluvial, as vacinas aos pontos de vacinação de todo o território nacional (BERTOLLO, 2014).

1.6 - Estrutura da pesquisa

O presente trabalho foi elaborado em capítulos e está organizado conforme descrito a seguir. O Capítulo 1 contém a introdução que aborda problemática e motivação, hipóteses, objetivos, justificativa e delimitação da pesquisa. O Capítulo 2 apresenta a cadeia de frio farmacêutica, abordando sua conceituação e caracterização, especificação das condições de armazenagem e transporte de produtos farmacêuticos, a importância do

gerenciamento da cadeia de frio, sistemas de conservação do frio, aspectos regulatórios, e o transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis no cenário nacional e internacional. O Capítulo 3 caracteriza a indústria farmacêutica de vacinas, aspectos históricos do desenvolvimento da cadeia de suprimento de vacinas no Brasil, o mercado de vacinas no cenário nacional, e a cadeia de suprimentos de vacinas pública e privada no Brasil. O Capítulo 4 contextualiza o processo de decisão, apresenta a análise multicritério como metodologia empregada no suporte a tomada de decisão e dispõem as principais técnicas utilizadas, e apresenta a justificativa para a seleção do método de apoio multicritério à decisão. O Capítulo 5 caracteriza a análise hierárquica de processo, apresenta a sua modelagem matemática e a aplicação da análise de sensibilidade. O Capítulo 6 apresenta o método de pesquisa para desenvolvimento da análise multicritério à decisão, define os critérios e alternativas relevantes para o problema de pesquisa e apresenta a árvore hierárquica. O Capítulo 7 apresenta as avaliações par a par efetuados pelos especialistas em cadeia de frio farmacêutica, faz a discussão dos resultados e apresenta a análise de sensibilidade. O Capítulo 8 apresenta as principais conclusões e considerações, as limitações e as proposições para novos estudos.

2 - CADEIA DE FRIO FARMACÊUTICA

2.1 - Conceituação e caracterização da cadeia de frio

O termo cadeia de frio ou gerenciamento da cadeia de frio engloba todas as etapas da cadeia de distribuição de produtos refrigerados que exigem condição de armazenagem de 2-8°C, denominados termossensíveis ou perecíveis (CARVALHO e MACEDO, 2010; DUTTA *et al.*, 2010 e TAYLOR, 2001).

Produtos termossensíveis devem ser transportados conforme as especificações de armazenagem definidas pelo fabricante, de forma a não afetar a qualidade por interrupções das atividades que mantêm as condições de temperatura. Podem incluir produtos farmacêuticos, alimentos, órgãos, tecidos e quaisquer outros produtos que são afetados por condições de acondicionamento impróprias (TAYLOR, 2001; IATA, 2007).

Entre os produtos farmacêuticos que requerem condições de estocagem e transporte sob condição controlada, estão os produtos biológicos como vacinas, insulina, hemoderivados e outros produtos de natureza proteica. Estes produtos expostos a condições adversas de temperatura podem perder de forma irreversível suas propriedades e eficácia terapêutica, pela desnaturação de proteínas (CARVALHO e MACEDO, 2010; DUTTA *et al.*, 2010; TAYLOR, 2001).

Assim, a manutenção e o controle dos processos que envolvem os produtos termossensíveis são passíveis de falhas, e envolvem fatores de riscos devido a exposição a variáveis de difícil controle, que podem contribuir como risco na “quebra” da cadeia de frio. Aspectos relacionados à operacionalização da carga, forma de acondicionamento e embalagem, quantidade de volumes, carregamento, tipo de veículo, distância a percorrer e descarregamento, podem causar uma variação da temperatura e da condição de estocagem (IATA, 2007; MACEDO e GARCIA, 2007; RODRIGUEZ *et al.*, 2011; TAYLOR, 2001).

Quebras da cadeia de frio constituem-se em perdas para as companhias farmacêuticas e de alimentos (RODRIGUEZ *et al.*, 2011). Significa uma interrupção da série de atividades de estocagem e distribuição que mantêm as condições de temperatura e umidade dentro dos padrões definidos pelo fabricante (DUTTA *et al.*, 2010). Um caminho importante para manter a qualidade dos produtos perecíveis é assegurar a estabilidade das condições ao longo da cadeia de distribuição física (RODRIGUEZ *et al.*, 2011).

DUTTA *et al.* (2010) e TAYLOR (2001) consideram ainda que as condições ambientais podem ser um fator de risco significativo para a distribuição física dos produtos

termossensíveis. Acrescentam que as condições ambientais podem variar durante o ano de acordo com as estações dentro do território de um mesmo país ou entre países diferentes, e desta forma devem ser considerados no planejamento dos recursos necessários para a distribuição dos produtos da cadeia de frio.

A cadeia de frio requer cuidados adicionais em todas as etapas de estocagem e transporte até alcançar o cliente final, envolvendo uso de equipamentos e transporte especializados, procedimentos dedicados, e pessoal adequadamente treinado. Neste ambiente complexo, torna-se necessário o entendimento dos riscos associados das variáveis para a definição da distribuição física dos produtos termossensíveis, de forma efetiva até o cliente final.

BISHARA (2006) afirma que para a implementação do gerenciamento da cadeia de frio farmacêutica um processo de avaliação de risco contínuo deve ser efetuado, cobrindo os seguintes aspectos: cumprimento da legislação e padrões de qualidade, estabilidade química e perfil de temperatura durante o transporte, qualificação térmica, controle e monitoramento de temperatura, modo de transporte, embalagem, pessoas, procedimentos e treinamentos.

CARVALHO JR e MACEDO, 2010 acrescentam que há a necessidade de estudos mais aprofundados sobre o perfil de temperatura no transporte, em especial nos trajetos longos, para o estabelecimento dos limites seguros na relação tempo/temperatura máxima de exposição do produto a condições externas.

2.2 - Especificação das condições de armazenagem e transporte de produtos farmacêuticos

As condições de armazenagem de produtos farmacêuticos são provenientes de estudos de estabilidade desenvolvidos para prover evidências de como a qualidade varia com o tempo em função da temperatura, umidade do ambiente e incidência de luz. Produz informações para a determinação da validade do produto, nas condições definidas, previamente ao registro no órgão regulador (ICH, 2003; IATA, 2007; RE N°1/ 2005).

WHO (2009) estabelece que a escolha da condição para os testes de estabilidade deve estar baseada em uma avaliação de risco efetuada pelo fabricante do produto e deve ser suficiente para cobrir a estocagem, distribuição e uso, na condição climática em que o produto tem a expectativa de ser comercializado. Afirma que a condição de armazenagem do produto, adotada pelo fabricante, deve estar baseada na avaliação de estabilidade do próprio produto, que deve estar presente no rótulo de identificação. A

Tabela 2 demonstra a padronização sugerida para condição de armazenagem associado ao critério de estudo de estabilidade desenvolvido.

Tabela 2 - Padronização da condição de armazenagem utilizada para produtos farmacêuticos estabelecida pela Organização Mundial da Saúde

Condição de armazenagem	Condição do teste de estabilidade
Não estocar acima de 25°C	25°C/ 60% UR (umidade relativa)
Não estocar acima de 30°C	30°/ 65%UR
Estocar em refrigerador entre 2 – 8°C	5°C +/- 3°C
Estocar em câmara de congelamento	-20°C +/-5°C

Fonte: WHO (2009)

Considerando as condições climáticas do Brasil, os produtos farmacêuticos termossensíveis são mais susceptíveis a influência de perturbações na condição de estocagem durante o transporte. Segundo WHO (2009), para produtos termossensíveis a condição ambiente padronizada para efeito de testes de estabilidade é 5°C +/-3°C.

No Brasil, os estudos de estabilidade de produtos farmacêuticos são preconizados pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), por meio da Resolução N°1/ 2005, de acordo com os parâmetros definidos na Tabela 3 (RE N°1/ 2005).

A legislação em uso no Brasil para estudos de estabilidade está alinhada com as recomendações internacionais dos órgãos que definem a padronização global destes procedimentos, estabelecidas pelos guias de estabilidade do *International Conference on Harmonisation (ICH)* e *World Health Organization (WHO)*. A Tabela 3 demonstra que o estudo de estabilidade na condição 5°C +/-3°C, está relacionado ao requerimento de armazenagem entre 2 a 8°C, que pelo conceito da cadeia de frio se aplica a todas as atividades de transporte e armazenagem do fabricante até o consumidor.

Tabela 3 - Parâmetros para estudo de estabilidade de produtos farmacêuticos

Forma farmacêutica	Condição de armazenamento	Embalagem	Temperatura e umidade acelerado	Temperatura e umidade longa duração
Sólido	15°C - 30°C	Semi-permeável	40°C ± 2°C / 75% UR ± 5% UR	30°C ± 2°C 75% UR ± 5% UR
Sólido	15°C - 30°C	Impermeável	40°C ± 2°C	30°C ± 2°C
Semi-sólido	15°C - 30°C	Semi-permeável	40°C ± 2°C / 75% UR ± 5% UR	30°C ± 2°C 75% UR ± 5% UR
Semi-sólido	15°C - 30°C	Impermeável	40°C ± 2°C	30°C ± 2°C
Líquidos	15°C - 30°C	Semi-permeável	40°C ± 2°C / 75% UR ± 5% UR	30°C ± 2°C 75% UR ± 5% UR
Líquidos	15°C - 30°C	Impermeável	40°C ± 2°C	30°C ± 2°C
Gases	15°C - 30°C	Impermeável	40°C ± 2°C	30°C ± 2°C
Todas as formas farmacêuticas	2°C - 8°C	Impermeável	25°C ± 2°C	5°C ± 3°C
Todas as formas farmacêuticas	2°C - 8°C	Semi-permeável	25°C ± 2°C / 60% UR ± 5% UR	5°C ± 3°C
Todas as formas farmacêuticas	-20°C	Todas	-20°C ± 5°C	-20°C ± 5°C

Fonte: Resolução ANVISA N°1/ 2005

Em adicional, os fabricantes devem decidir pela execução de estudos de estresse para demonstrar a estabilidade dos produtos a condições conhecidas de variações de temperatura, associadas a armazenagem e transporte (IATA, 2007). ICH (2003) afirma que a natureza do teste de estresse dependerá da substância ativa e do medicamento envolvido, a fim de se definir o parâmetro a ser avaliado (temperatura, umidade, acidez) e respectivas faixas de testes, e avaliar a existência de produtos de degradação sob estas condições. Referente a produtos termossensíveis, recomenda que os testes deveriam cobrir incrementos de temperatura na ordem de 10°C acima daquela definida pelo estudo de estabilidade, a fim de prover dados que amparem avaliações de excursões de temperatura dos respectivos produtos.

2.3 - Importância do gerenciamento da cadeia de frio

A relevância do gerenciamento da cadeia de frio farmacêutica está associada a estratégias de cuidados com a saúde, como resultado do compromisso dos fabricantes em assegurar a qualidade dos produtos durante a distribuição até o consumidor final.

CARVALHO JR e MACEDO (2010) comentam que a relevância da cadeia de frio está associada a resultados de estratégias de saúde pública, uma vez que produtos elaborados como vacinas constituem a base de programas de saúde, como instrumento de redução de morbidade e mortalidade. Por esta razão, existe uma grande preocupação por parte das autoridades sanitárias no âmbito público e privado com o controle de processos envolvendo a cadeia de frio, já que os riscos devem ser minimizados e até sanados quando a questão é de relevância pública.

Acrescenta-se a isto o efeito do aumento do comércio globalizado de produtos da cadeia de frio sobre o aumento na regulação do transporte internacional e local, assim como na condução de inspeções regulatórias.

REIS *et al.* (2010) justifica a crescente globalização do segmento farmacêutico devido ao forte movimento por processos de fusões e aquisições entre as companhias farmacêuticas na última década, causando a concentração da produção e promovendo o crescimento da rede de distribuição de produtos ao redor do mundo.

O crescimento do consumo e demanda de produtos farmacêuticos com necessidade de controle de temperatura associado ao crescente cenário da economia globalizada, tem provocado nos fabricantes maior atenção no gerenciamento das ações para assegurar que os produtos transportados pelo mundo alcancem o consumidor com a qualidade preservada (DUTTA *et al.*, 2010).

IIR (2003) afirma que o distanciamento dos centros produtores das áreas de consumo, provocou uma maior demanda por transporte refrigerado entre regiões do mundo, o qual continuará crescendo progressivamente nos próximos anos. Afirma ainda que o transporte rodoviário refrigerado para o segmento farmacêutico tem uma expectativa de crescimento acima de 20% ao ano.

BISHARA (2006) e RODRIGUEZ *et al.* (2011) reiteram a importância na gestão da cadeia de frio farmacêutica quando comentam o aumento de citações em inspeções regulatórias relacionadas ao controle e monitoramento da temperatura de produtos farmacêuticos termossensíveis durante o transporte e distribuição, e comentam uma maior tendência de foco nos fatores que provocam a perda de qualidade e integridade da cadeia de frio. A Tabela 4 apresenta os desvios de qualidade maiores e críticos registrados por

inspetores da agência reguladora para medicamentos e cuidados com a saúde do Reino Unido (*Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency's - MHRA*) em 2003/2004, e demonstra as falhas relacionadas a deficiências no controle e monitoramento da temperatura na armazenagem e transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis.

Tabela 4 - Desvios de qualidade relacionados a cadeia de frio identificados por inspetores do MHRA em 2003/2004

Descrição	Frequência (%)
Estocagem geral– registro e monitoramento de temperatura	22,8
Procedimentos escritos de forma inadequada ou ausentes	18,3
Calibração de equipamentos	15,1
Armazenagem da cadeia fria – registros e controles	8,9
Pessoas – responsabilidades aplicadas ao sistema de qualidade	8,9
Cuidados com instalações e controle de pragas	7
Devoluções	4,4
Transporte da cadeia de frio	3,8
Controle do giro do estoque	2,5
Inspeções internas	1,3

Fonte: BISHARA (2006)

Uma maior exigência regulatória e pressão da indústria, particularmente a farmacêutica, demandam por melhorias em soluções sustentáveis na cadeia de frio sobre os provedores de serviços logísticos. Ainda assim, mesmo sob requerimento especializado, os fabricantes têm conduzido os serviços logísticos por meio de provedores de serviço, sendo imperativo que estes ofereçam soluções para assegurar a integridade da cadeia de frio. Em adicional, os fabricantes possuem preocupações que vão além do cumprimento regulatório, a fim de reduzir o custo operacional total e preservando-se a qualidade dos produtos (BISHARA, 2006).

Pela gestão privada, BISHARA (2006) afirma que há uma tendência de aumento na atenção e importância no gerenciamento da cadeia de frio farmacêutica, justificada pelo crescimento dos biomedicamentos no mercado farmacêutico mundial. Acrescenta

que o mercado de biomedicamentos teve um crescimento médio de 21% frente a 11% do mercado de produtos farmacêuticos tradicionais, avaliado no período de 1999 a 2003, o que corrobora a importância da cadeia de frio para o negócio da indústria farmacêutica mundial.

RODRIGUEZ *et al.* (2011) completam o entendimento sobre a relevância do gerenciamento da cadeia de frio em relação ao negócio da indústria farmacêutica, quando afirmam que a perda econômica dos fabricantes de medicamentos devido a “quebras” da cadeia de frio é significativa.

2.4 - Sistemas de conservação do frio

DUTTA *et al.* (2010) e IATA (2007) afirmam que a conservação dos produtos da cadeia de frio nas etapas de transporte, pode ser conduzida de forma eficaz por meio do uso de veículos ou equipamentos e embalagens apropriadas.

Diferentes modelos de embalagens têm sido desenvolvidos e avaliados para conservar a temperatura dos produtos termossensíveis durante o transporte (TAYLOR, 2001).

Os equipamentos ou embalagens são feitos com material isolante, com uso de moldes de poliestireno ou poliuretano expandidos, designados para reduzir a transferência de calor, e utilizados para proteger produtos termossensíveis de variações de temperatura durante o transporte (IATA, 2007 e TAYLOR, 2001).

O tipo de equipamento ou embalagem utilizado na cadeia de frio tem uma influência direta com o nível de controle de temperatura que se deseja alcançar. Ambientes com temperaturas externas elevadas provocam a penetração do calor lentamente, e conseqüentemente a quebra da integridade da conservação do frio (IATA, 2007).

Os diferentes sistemas desenvolvidos para a conservação do frio são complexos, e possuem a eficiência e capacidade de manterem a especificação de temperatura associado a atividades relacionadas ao desenho do projeto, testes e qualificação das embalagens, sob rigorosos padrões de aceitação. As diferentes soluções para a conservação do frio e transporte de produtos termossensíveis são definidas como: sistema de condicionamento passivo e sistema de condicionamento ativo (IATA, 2007).

2.4.1 - Sistema de acondicionamento passivo

Quando a flutuação da temperatura externa promove uma transferência de calor para o interior do sistema de embalagem, e este não consegue reagir a este ganho de calor, tem-se o sistema de acondicionamento passivo (IATA, 2007).

O sistema passivo é constituído por embalagens termoisolantes e elementos frios distribuídos internamente, como bolsas de gelo em gel, e promovem uma boa proteção para trajetos curtos. As bolsas de gelo em gel estão congeladas a baixas temperaturas (-25°C a -18°C) e nunca devem ter contato direto com os produtos, a fim de se evitar perdas por congelamento da carga. Neste caso são utilizados placas de material isolante entre o elemento frio e o produto (IATA, 2007; WHO, 2012).

As embalagens são hermeticamente seladas, não permitem qualquer intervenção mecânica ou manual durante a distribuição do produto, e têm um tempo de vida para o transporte pré-definido (IATA, 2007).

As embalagens exercem múltiplas funções em um produto, essencialmente para a proteção contra impactos físicos e variações de temperatura e umidade, mas também são importantes sob aspectos logísticos, permitindo a consolidação e padronização da carga. A cadeia de frio demandou o uso de embalagens com características adequadas para a conservação do frio, onde se destacam nos últimos 30 anos, o desenvolvimento de materiais a base de poliuretano e poliestireno expandido (WARD, 1996). A Figura 1 demonstra um modelo de embalagem refrigerada utilizada em produtos termossensíveis.



Figura 1 – Modelo de embalagem refrigerada utilizada para o acondicionamento de produtos termossensíveis

Fonte: IATA (2007)

ROCHA (2001) comenta que as embalagens a base de poliuretano permitem o reuso, mas a sua aplicação deve ser avaliada frente a disponibilidade de frete para o

retorno e custo associado. Para longos trajetos, o uso da embalagem de poliestireno expandido (isopor) é o mais conveniente, devido ao menor custo do componente.

KENDAL *et al.* (1997) afirmam que o custo das embalagens empregadas para o acondicionamento de vacinas, com as propriedades adequadas para prover a confiança na conservação do frio, na maioria das avaliações está abaixo de 1% do custo do produto. Destacam que perdas financeiras por quebra da cadeia de frio praticamente igualam o investimento na aquisição das embalagens, enfatizando a importância deste item na cadeia de frio.

2.4.2 - Sistema de acondicionamento ativo

Sistemas de conservação que promovem uma distribuição do ar frio quando requerido, reagindo automaticamente para compensar ganhos de temperatura, como consequência da transferência de calor, são denominados sistema de acondicionamento ativo (IATA, 2007).

O uso de embalagens com material isolante combinado com equipamentos que promovem refrigeração da carga, é aplicável quando se deseja manter a temperatura dentro de uma faixa específica durante longos trajetos, onde este sistema possa ser autossuficiente para manter a condição de temperatura (IATA, 2007 e TAYLOR, 2001).

Importante destacar que o produto nunca deve estar em contato com as paredes internas da embalagem ou equipamento, a fim de permitir uma convecção natural do ar no interior e reduzir a possibilidade de pontos de transferência de calor ou risco de congelamento do produto (IATA, 2007 e TAYLOR, 2001).

2.4.4 - Equipamentos de refrigeração no transporte da cadeia de frio

HEAP (2006) comenta que o transporte de produtos com temperatura controlada está inserido na cadeia de frio em diferentes etapas e envolve o uso de equipamentos de refrigeração específicos para a manutenção da temperatura, como: carrocerias baús refrigeradas em veículos rodoviários e contêineres refrigerados de uso intermodal (aéreo: *enviroteiner* e marítimo: *reefer*).

Contêineres de uso intermodal foram desenvolvidos, nos anos 50, com o propósito de permitir a consolidação e unitização das cargas, e melhorar o desempenho no transporte de produtos em longas distâncias, permitindo a simplificação das atividades de carregamento e descarregamento (COYLE *et al.* 2001).

Posteriormente, nos anos 60, foram desenvolvidos contêineres refrigerados para uso marítimo, denominados *reefers*, que possuem parede formada por duas chapas de aço,

preenchida com isolamento de poliuretano expandido, e uma unidade de refrigeração própria (COYLE *et al.* 2001).

Unidades de refrigeração no transporte são necessárias para manter a temperatura, e não para proporcionar o resfriamento da carga. Neste sentido, é necessário que a carga esteja na temperatura adequada, assim como o transporte tenha o pré-resfriamento realizado antes do carregamento, como cuidados indicados para reduzir-se riscos de quebra da cadeia de frio (IATA, 2007).

O desenvolvimento de equipamentos utilizados na cadeia de frio e veículos refrigerados obedece a normas técnicas e acordos que definem aspectos construtivos, materiais de isolamento e desempenho dos aparelhos de refrigeração. Os Estados Unidos e União Europeia possuem ampla regulamentação e acordos técnicos, onde nesta última destaca-se a ATP – *Agreements on the International Carriage of Perishable Foodstuffs* (ZHANG, 2007). No Brasil a ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas, por meio da norma NBR15457, especifica os requisitos de desempenho térmico para carrocerias termicamente isoladas, com ou sem uso de aparelho de refrigeração destinada ao transporte de produtos termossensíveis.

Existem vários métodos para a obtenção do frio para o transporte de cargas refrigeradas, mas o mais comum é pelo uso de unidades de refrigeração por compressão de vapor, com uso de gases refrigerantes tipo HFC (hidro flúor carbono), principalmente o R404A, R134a, e o R410A, que são menos agressivos a camada de proteção de ozônio e têm substituído os gases tipo CFC (cloro flúor carbono) nas últimas décadas (IIR, 2003). A unidade de refrigeração é constituída pelo conjunto compressor e condensador, instalados em uma base especial na área externa da carroceria, e pelo evaporador instalado no interior da carroceria (NEVES FILHO, 1997).

NEVES FILHO (1997) destaca aspectos importantes do projeto da carroceria frigorífica que permitem uma maior eficiência de refrigeração durante o transporte, conforme Figura 2. Cuidados que permitam o insuflamento do ar frio ao longo da carroceria, permeando o produto, e possibilitando a sua circulação, contribuem para uma maior eficiência da refrigeração, tais como:

- Duto aéreo para permitir a condução e distribuição do ar frio pela parte superior;
- Guias para limitar a organização dos produtos, mantendo-os afastados do teto e paredes;
- Anteparo para proteção do ar de retorno ao evaporador;

- Perfil de piso para permitir a circulação do ar de retorno; e
- Anteparos para permitir o uso de espaçadores na carga.

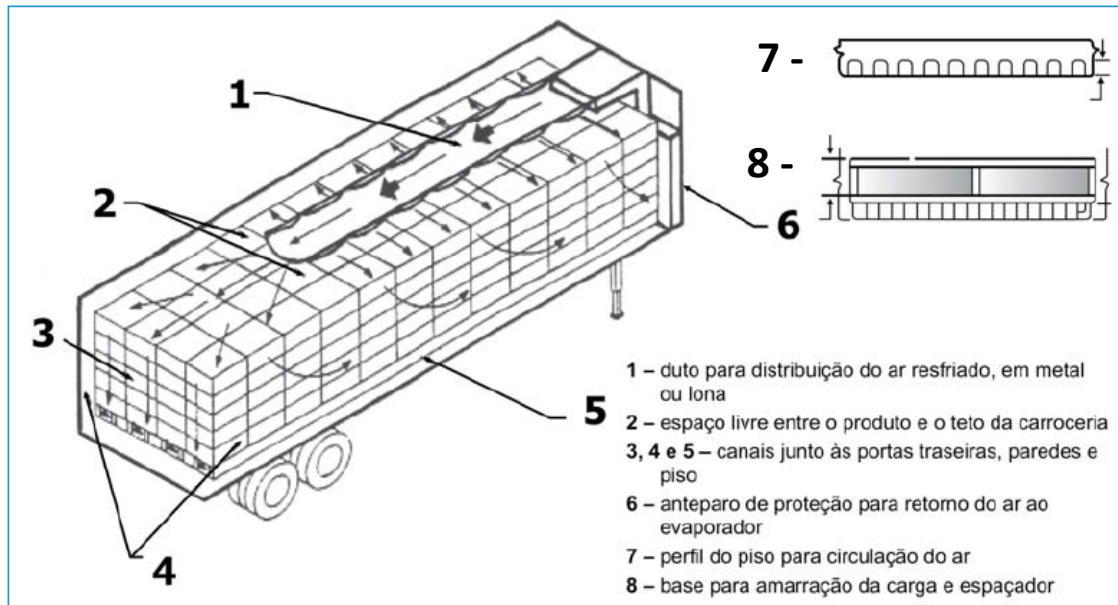


Figura 2 - Esquema do interior de uma carroceria frigorífica

Fonte: NEVES FILHO (1997)

No modelo apresentado na Figura 2, há um ventilador a frente do evaporador que insufla o ar frio na parte superior das paredes e teto, que se infiltra na carga, retirando calor e conduzindo o ar quente de volta ao evaporador, recomeçando o ciclo (TASSOU *et al.*, 2009).

Outro componente a ser considerado no equilíbrio da temperatura, e contribui para uma maior eficiência da refrigeração, é o isolamento térmico da carroceria (NEVES FILHO, 1997). Normalmente o isolamento é constituído por poliuretano expandido revestido com placas de fibra de vidro laminadas ou chapas de alumínio, que durante o seu ciclo de vida perdem desempenho de isolamento na ordem de 3 a 5% ao ano, resultando em ganho de condutividade térmica e aumento de consumo de energia e emissão de gás carbônico (TASSOU *et al.*, 2009).

2.5 - Aspectos regulatórios

As normas farmacêuticas referentes as Boas Práticas de Fabricação (BPF) ou *Good Manufacturing Practices* (GMP) surgiram nos Estados Unidos em 1978 por meio do seu órgão regulador: *Food and Drug Administration* (FDA), com o intuito de controlar os possíveis desvios dos processos de fabricação de produtos farmacêuticos, veterinários

e biológicos. Esses cuidados existem porque, em se tratando de medicamentos, o consumidor não consegue identificar a qualidade do produto que poderá afetar a sua saúde, sendo esta atribuição responsabilidade dos órgãos reguladores e do fabricante (MACEDO e GARCIA, 2007).

Entende-se por BPF um conjunto de normas estabelecidas para assegurar processos de produção de medicamentos robustos, controlados e com os padrões de qualidade requeridos pelo registro do produto (BRASIL, 2010).

No Brasil, o transporte de produtos farmacêuticos, como parte integrante da cadeia de suprimento nas etapas de fornecimento e distribuição, está presente na Lei N°6360/1976 como elemento fundamental para assegurar os padrões de qualidade do fabricante até o consumidor final. A Lei N°6360/1976 dispõe sobre a vigilância sanitária que fica sujeita os medicamentos, as drogas, os insumos farmacêuticos e correlatos, cosméticos e saneantes (BRASIL, 1976).

CARVALHO JR e MACEDO (2010) comentam que a presente Lei exige que os insumos e produtos farmacêuticos que possuam condição específica de armazenagem tenham o transporte efetuado por veículos dotados com equipamentos que garantam o acondicionamento adequado. Porém, somente a partir de 1998, com a Portaria da Secretaria de Vigilância Sanitária, vinculada ao Ministério da Saúde, SVS/ MS 802/1998, houve a criação de uma legislação aplicada que abrange cuidados com produtos com requerimento de estocagem em condição especial (BRASIL, 1998).

Segundo CARVALHO JR e MACEDO (2010), a Portaria SVS/MS 802/1998 é um marco na legislação para as atividades relacionadas a cadeia de distribuição de produtos farmacêuticos, caracterizando-a nas etapas de transporte dos insumos, armazenagem, produção, transporte e distribuição dos produtos. Entre outros controles, estabelece o conceito da responsabilidade solidária entre o fabricante e os agentes logísticos, e ainda exige que o transporte de produtos farmacêuticos seja realizado conforme o que determina a BPF.

BRASIL (1998) estabelece controles em toda a cadeia de distribuição de medicamentos, definindo entre outros requisitos que:

- O transporte dos produtos farmacêuticos seja realizado conforme o que determina a BPF;
- O serviço de transporte seja legalmente autorizado pela autoridade sanitária, por meio de Autorização de Funcionamento de Empresas (AFE);

- O conceito de responsabilidade solidária seja integrado na cadeia de distribuição, exigindo que os agentes logísticos estabelecidos pelos processos de transporte, armazenagem e distribuição, atendam às normas definidas por meio da BPF;
- A distribuição de produtos farmacêuticos tem caráter de relevância pública, ficando os distribuidores responsáveis pelo fornecimento e recolhimento de produtos, quando for determinado pela autoridade sanitária ou fabricante; e
- As distribuidoras ficam obrigadas a atenderem os requisitos para obtenção da Autorização de Funcionamento.

Em 1999, foi criada a Agência Nacional de Saúde Pública (ANVISA), no sentido de aumentar-se o controle sobre os produtos sujeitos a vigilância sanitária. A partir deste período, diversas atualizações das normas envolvendo a cadeia de distribuição de medicamentos foram emitidas a fim de garantir a integridade e segurança dos produtos durante todo o processo. Atualmente a Resolução da Diretoria Colegiada RDC N°17/2010, regulamenta as atividades inerentes a produção de medicamentos, com o objetivo de estabelecer os requisitos mínimos a serem seguidos para padronizar a verificação do cumprimento da BPF.

No mundo, as práticas de qualidade em uso no transporte de produtos termossensíveis aplicadas em diferentes mercados/ países seguem regulamentações próprias, com tendência a uma padronização por efeito da atual economia globalizada. BISHARA (2006) afirma que as agências regulatórias no mundo têm aumentado os controles para assegurar a integridade da cadeia de frio farmacêutica, que passaram a ser adotados como referência para a padronização de procedimentos por laboratórios multinacionais presentes em todos os continentes. A Tabela 5 apresenta as principais regulamentações sobre a cadeia de frio farmacêutica em uso no mundo: países, mercados comuns, ou organizações que buscam a padronização de práticas globalmente.

Tabela 5 - Principais regulamentações sobre a cadeia de frio farmacêutica em uso no mundo

Origem	Órgão responsável pela regulamentação	Referência
Canadá	<i>Health Canada</i>	<i>Guidelines for Temperature Control of Drug Products during Storage and Transportation (GUI-0069)</i>
Estados Unidos	<i>FDA – Food and Drug Administration</i>	<i>Guidance on Stability for the industry</i>
Estados Unidos	<i>United States Pharmacopeia</i>	<i>General Chapter 1079 - Good Storage and Shipping Practices</i> <i>General Chapter 1083 - Good Distribution Practices and Supply Chain Integrity</i>
Argentina	<i>ANMAT</i>	<i>Ley 26.492, Regulación de la cadena de frío de los medicamentos, 2009</i>
Reino Unido	<i>MHRA - Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency</i>	<i>Guidance in the Transportation of Medicinal Products, ambient and refrigerated</i>
Irlanda	<i>IMB - Irish Medicines Board</i>	<i>IMB - Medicinal Products (Prescription and Control of Supply) (Amendment) Regulations 2007 (SI 201 of 2007)</i> <i>IMB Guide to Control and Monitoring of Storage and Transportation Temperature Conditions for Medical Products and Active Substance Irish Medicines Board</i>
Dinamarca	<i>Danish Health and Medicines Agency</i>	<i>Executive Order No. 823 (IDRAC148449): Distribution of Medicinal Products, August 2012</i>
China	<i>SFDA - State Food and Drug Administration, P.R. China</i>	<i>The newly revised Good Supply Practice for Pharmaceutical Products (GSP)</i>
India	<i>CDSCO - Central Drugs Standard Control Organization</i>	<i>Guidelines on Good Distribution Practices for Biological Products</i>
Europa	<i>IPEC Europe - International Pharmaceutical Excipients Council</i>	<i>The IPEC –Europe Good Distribution Practices Audit Guideline FOR PHARMACEUTICAL EXCIPIENTS 2011</i>
Europa	<i>EMA - European Medicines Agency</i>	<i>Revised Commission guidelines on the distribution of medicinal products in the EU</i> <i>Guidelines on Good Distribution Practice of Medicinal Products for Human Use</i> <i>The principles of GDP are stated in Directive 92/25/EEC</i>

Tabela 5 - Principais regulamentações sobre a cadeia de frio farmacêutica em uso no mundo (continuação)

Origem	Órgão responsável pela regulamentação	Referência
Global	<i>PDA - Parenteral Drug Association</i>	<i>PDA Technical Report TR 52 (Aug 2011) Guidance for Good Distribution Practices (GDPs) for the Pharmaceutical Supply Chain</i> <i>PDA Technical Report TR 53 Guidance for Industry: Stability Testing to Support Distribution of New Drug Products</i> <i>PDA Technical Report TR 58 Risk Management for Temperature- Controlled Distribution</i>
Global	<i>WHO - World Health Organization</i>	<i>Good Distribution Practices for pharmaceutical products TRS No. 957, Annex 5 (2010)</i> <i>Model requirements for the storage and transport of time and temperature sensitive pharmaceutical products TRS No. 961, Annex 9 (2011)</i>
Global	<i>IATA – International Air Transport association</i>	<i>PCR - Perishable Cargo Regulations (PCR). Air Transport Logistics for Time and Temperature Sensitive Healthcare Products (2007)</i>

Fonte: Elaboração própria

2.6 - O transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis no cenário nacional e internacional

O transporte possui a função de movimentar estoques para destinos específicos da cadeia de suprimento (CHOPRA e MEINDL, 2011), e está presente em diversos pontos da cadeia de suprimento farmacêutica, fazendo a ligação das atividades de produção, armazenagem e pontos de venda, conforme representado na Figura 3.

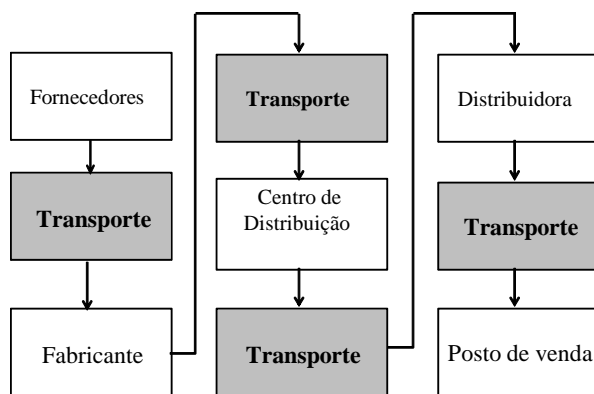


Figura 3 – Cadeia de suprimento farmacêutica
Fonte: CRF-SP (2013)

ROCHA (2001) informa que no âmbito governamental a estratégia de distribuição de vacinas definida pelo Ministério da Saúde, a partir de sua unidade de distribuição central, é efetuada por modo rodoviário em veículos refrigerados para distâncias curtas e por modo aéreo para distâncias longas, outros Estados. Acrescenta que o uso de embalagem refrigerada é parte da padronização adotada para o transporte das vacinas, a fim de garantir a integridade da cadeia de frio nas etapas de transição entre os modos de transporte, nas atividades de carga e descarga dos veículos.

MEINDL e CHOPRA (2011) comentam que a estratégia para o transporte, como parte integrante da cadeia de distribuição, pode assumir muitas combinações de modos de transporte e rotas, cada uma com sua própria característica de desempenho.

BOWERSOX *et al.* (2014) informam que a estrutura operacional do transporte de cargas consiste em instalações, veículos e transportadoras, que operam basicamente em cinco modos de transporte, denominados: ferroviário, rodoviário, aéreo, hidroviário e dutoviário. Acrescentam que o projeto de um sistema logístico deve atender a um equilíbrio entre custo e nível de serviço por toda a cadeia de suprimento.

Neste contexto, SOFRIGAN (2013) complementa, afirmando que as soluções comumente estabelecidas para a distribuição de produtos na cadeia de frio farmacêutica, usa equipamentos refrigerados ou embalagens isotérmicas refrigeradas com elementos frios, sendo que os fabricantes devem conhecer quais são as soluções que mais se adaptam para garantir as condições requeridas para a conservação dos produtos.

O transporte rodoviário refrigerado é largamente utilizado no mundo inteiro e possui uma expectativa de crescimento de 2,5% por ano até 2030 no segmento farmacêutico. As unidades de refrigeração para veículos rodoviários operam alimentadas pelo motor a diesel do caminhão durante o deslocamento, mas podem também ser alimentados por eletricidade nos pontos de esperas (IIR, 2003). A maneira pela qual a unidade de refrigeração funciona, confere um grau de segurança diferenciado para a integridade do frio, e classifica-se como independente ou dependente:

- Independente: equipado com um motor a combustão que faz o compressor funcionar em ambas as condições, nos deslocamentos e nas esperas; e
- Dependente: quando o sistema de refrigeração é totalmente dependente do motor do veículo ou de uma fonte de alimentação elétrica externa. Nestes casos, quando o motor do veículo é desligado o compressor do sistema de refrigeração também é desligado, e se alguma parada planejada é efetuada utiliza-se uma fonte elétrica de alimentação.

BALLOU (2006) comenta que o transporte de mercadorias em processos que utilizam mais de um modo de transporte tem crescido nos últimos anos, onde o transporte internacional tem sido um dos mais importantes agentes desta mudança.

Para o transporte de produtos com controle de temperatura por longas distâncias utilizam-se contêineres refrigerados de uso aéreo ou marítimo. Usados como padrão para a consolidação e unitização de cargas, o contêiner pode ser transportado em todos os modos de transporte (BALLOU, 2006 e JAMES *et al.*, 2006).

O modo marítimo tem como principal característica a capacidade de carga que os equipamentos e embarcações possuem, permitindo uma maior economia em escala e menor custo, quando comparado aos demais modos de transporte (BOWERSOX *et al.*, 2014).

Um contêiner refrigerado marítimo, denominado *reefer*, possui uma unidade de refrigeração e isolamento térmico apropriado, capaz de proporcionar uma condição climatizada adequada e com a temperatura sob controle. No navio e no terminal de cargas, estes contêineres são posicionados em local próprio (Figura 4) e adaptado a uma fonte de alimentação de energia (Figura 5), mas na etapa rodoviária do transporte esta não é uma condição padronizada. Já existe veículos semi-reboques com gerador independente para a alimentação do *reefer* durante esta fase em uso no mercado (JAMES *et al.*, 2006).



Figura 4 – Contêiner *reefer* posicionado no navio
Fonte: UK P&I CLUB (2012)



Figura 5 – Conectores para alimentação elétrica dos *reefers* no navio
Fonte: UK P&I CLUB (2012)

O contínuo aprimoramento dos acessos, obras de dragagem e infraestrutura dos portos, e atualização tecnológica dos recursos para movimentação de cargas com utilização de técnicas de multimodalidade, são os principais desafios para o desenvolvimento contínuo modo de transporte marítimo (ANTAQ, 2011).

O modo aéreo apesar de apresentar limitações quanto à capacidade para o transporte de cargas volumosas e disponibilidade das aeronaves, é uma importante opção para a definição da estratégia de transporte, pois possui um menor tempo de deslocamento. Apesar de ser o mais rápido, é o mais caro, e em geral tem uso comum para produtos com alto valor agregado e prioridade (BOWERSOX *et al.*, 2014 e BALLOU, 2006).

O contêiner refrigerado aéreo, denominado como *unit load device* (ULD) ou *envirocontainer* (Figura 6), de igual forma possui uma unidade de refrigeração independente, com isolamento térmico e sistema de alimentação independente por meio de bateria, ou dependente por alimentação externa (Figura 7). São menores que os marítimos e apresentam os mais variados formatos e recortes, com o objetivo de possibilitar uma melhor adaptação e uso do espaço de carga das aeronaves (IATA, 2007).



Figura 6 - Contêiner refrigerado aéreo ou *envirotainer*

Fonte: IATA (2007)



Figura 7- Conectores para alimentação elétrica do *envirotainer* na aeronave

Fonte: IATA (2007)

Ainda possui uso limitado devido a capacidade de carga das aeronaves, mas à medida que as tarifas do transporte aéreo baixem, em decorrência da entrada em serviço de aviões de maior capacidade e potência, a combinação aéreo-rodoviário tende a experimentar uma expansão continuada (BALLOU, 2006).

A containerização levou a uma mudança significativa nas práticas de transporte global, conhecido como transporte intermodal, onde os produtos são transportados por conexões juntando dois ou mais modos de transporte, permitindo um fluxo integrado no transporte e o benefício de economia de escala, devido ao potencial de consolidação de carga que possui (COYLE *et al.*, 2001). BALLOU (2006) comenta que o uso de contêineres combinado ao modo rodoviário, permitindo um serviço de transporte porta a porta, do fornecedor ao cliente, encontra-se em expansão devido ao incremento do comércio internacional.

2.7 - Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foram discutidos os conceitos da cadeia de frio farmacêutica e abordado a importância do gerenciamento das atividades que sustentam a cadeia de distribuição dos produtos termossensíveis, onde o transporte exige cuidados especiais a fim de preservar as características de qualidade e eficácia dos produtos.

Foi apresentado a caracterização do transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis no cenário nacional e internacional, detalhando-se aspectos de sua regulamentação e sistemas de conservação do frio em uso, que podem oferecer diferentes formas de combinação de modos de transportes e acondicionamento dos produtos.

O Capítulo 3 destaca as vacinas como produto farmacêutico termossensível, com relevância nas estratégias de investimentos em empresas dos setores público e privado. Destaca os aspectos históricos do desenvolvimento da cadeia de suprimento de vacinas no Brasil e o perfil mercado nacional, a fim de completar a contextualização do problema de pesquisa.

3 - A INDÚSTRIA FARMACÊUTICA DE VACINAS

O segmento de biotecnologia da indústria farmacêutica, onde se insere a produção de vacinas, vem se destacando e crescendo de importância nas estratégias corporativas das empresas, devido a transformações de mercado e inovações tecnológicas ocorridas nas últimas décadas. Também no âmbito do setor público, no Brasil e no mundo, houve uma forte tendência dos governos por assumirem políticas de saúde com investimentos em vacinação, para redução ou até mesmo eliminação de doenças como varíola, poliomielite e sarampo.

A indústria farmacêutica vem passando por transformações expressivas nos últimos anos, onde é possível destacar o aumento da concentração no mercado mundial, caracterizado pelos processos de fusão e aquisição, principalmente entre as líderes deste segmento. Todas essas tendências geram pressões permanentes para a geração de inovações e novas estratégias de *marketing* e de comercialização, que fortalecem o padrão competitivo do setor (GADELHA *et al.*, 2003).

O desenvolvimento tecnológico na área de vacinas com o advento das novas biotecnologias, causou um crescimento no número de vacinas introduzidas no mercado mundial de 1960 até o presente. Esse dinamismo acabou representando um estímulo à entrada no setor de grandes produtores privados provenientes da indústria farmacêutica, e uma crescente concentração do mercado em torno de algumas poucas empresas (GADELHA *et al.*, 2003; TEMPORÃO, 2003).

Numa visão geral, a estrutura de demanda de vacinas é diferenciada entre o mercado privado (fragmentado) e o mercado institucional (de grandes compradores), representado pelos governos e pelos organismos internacionais, como o Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF) e a Organização Pan-Americana da Saúde (OPAS). Embora o setor público seja um importante demandante para os medicamentos desenvolvidos pelas empresas farmacêuticas, no mercado de vacinas essa característica torna-se mais forte, porque, além de reguladores, os governos são os maiores compradores de vacinas (GADELHA *et al.*, 2003).

O efeito dos programas institucionais criados para incentivar a vacinação tem sido positivo para a eliminação e controle de doenças como varíola, poliomielite, sarampo e meningite, criando uma “cultura” positiva para a vacina como estratégia médica de atenção. Atualmente três quartos das crianças no mundo recebem o conjunto de vacinas tradicionais e de baixo custo que fazem parte do Programa Ampliado de Imunizações (PAI), criado em 1974 pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (vacinas contra

sarampo, tétano, coqueluche, difteria, tuberculose e poliomielite) (GADELHA *et al.*, 2003; TEMPORÃO, 2003).

3.1 - Aspectos históricos do desenvolvimento da cadeia de suprimento de vacinas no Brasil

Segundo TEMPORÃO (2003), no Brasil a produção e a oferta de vacinas sempre estiveram sob forte hegemonia estatal, e a história do desenvolvimento da saúde pública brasileira se confunde com a estruturação de instituições produtoras de biológicos, como os Institutos Butantan e Oswaldo Cruz.

A produção nacional de vacinas tem sido realizada fundamentalmente por laboratórios públicos desde os anos 80, quando o governo colocou em prática uma política de substituição de importações articulada com a expansão da produção de vacinas pelos laboratórios públicos, a partir da formulação do Programa Nacional de Autossuficiência em Imunobiológicos (PASNI), do Ministério da Saúde, em 1985 (GADELHA *et al.*, 2003).

Para melhor contextualizar o cenário atual da cadeia de suprimentos de imunobiológicos no Brasil, faz-se necessário efetuar uma análise retrospectiva de eventos que definem a atual estratégia pública para controle de doenças por meio de programas de vacinação, na qual as ações inerentes a estoques, transporte e distribuição estão inseridas.

A partir da década de 70 o governo federal direciona ações isoladas conduzidas por programas especiais, para imunização contra a varíola e tuberculose, para o então criado Programa Nacional de Imunizações (PNI), constituído pela Lei N° 6.259/1975 e regulamentado pelo Decreto N° 78.231/1976 sob a responsabilidade do Ministério da Saúde (ROCHA, 2001).

O PNI possui abrangência nacional baseado em aspectos relacionados a programação, manipulação, transporte e uso dos imunobiológicos. O governo federal é o responsável pelo suprimento dos imunobiológicos que constituem o programa para as diferentes regiões e localidades do país, por meio da importação de produtos de laboratórios privados ou pelo incentivo à produção pela indústria nacional (ROCHA, 2001).

Por várias décadas políticas de saúde pública baseadas no desenvolvimento e produção de vacinas foram à base de estratégias para a melhora em saúde da população brasileira. A vacinação no Brasil, consolidada na década de 70 com a criação do PNI, foi

aperfeiçoada com a reforma sanitária e com a criação do Sistema Único de Saúde (SUS) no final da década de 80, configurando-se como a grande conquista no campo da saúde por favorecer a proteção da população contra doenças infectocontagiosas, geralmente associadas aos expressivos índices de morbimortalidade, e por garantir o acesso universal aos imunobiológicos (ARANDA e MORAES, 2006).

Em 1982, o PNI necessitando de uma central para desenvolvimento das atividades de recebimento, armazenamento e distribuição de imunobiológicos aos Estados, criou a Central Nacional de Distribuição de Imunobiológicos (CENADI). Os produtos são adquiridos pelo Ministério da Saúde dos laboratórios públicos e privados, e distribuídos às Secretarias Estaduais de Saúde, a partir da CENADI. Em 1992, a Fundação Nacional de Saúde assume a administração da CENADI e transfere as suas atividades para as câmaras frias da Cia Brasileira de Armazéns (CIBRAZEM), em Irajá – RJ. Por fim, em 1994 o PNI inicia a construção da sede própria da CENADI em uma unidade do Exército no bairro do Rocha – Rio de Janeiro, condição que se mantém até a atualidade (ROCHA, 2001).

Do grupo dos países em desenvolvimento, o Brasil é o país que possui infraestrutura de vacinação mais avançada, que envolveu a montagem de uma infraestrutura nacional complexa e tecnologicamente desenvolvida para o controle de qualidade das vacinas e um apoio logístico de grande escala (GADELHA e TEMPORÃO, 1999). O PNI atinge mais de 90% da população infantil no que se refere às vacinas compulsórias que fazem parte do PAI da OMS.

Segundo GADELHA *et al.* (2003), os laboratórios públicos fazem parte de uma estratégia, que além da finalidade principal de prover medicamentos ao Sistema Único de Saúde (SUS), visam também ampliar o seu papel de regulação do mercado, a participação na produção local de produtos de custo elevado de alto impacto sanitário e social, e o fomento ao desenvolvimento da capacidade produtiva da indústria nacional.

3.2 - O mercado de vacinas no cenário nacional

O mercado de vacinas no Brasil se estabeleceu a partir da hegemonia do Estado na produção e distribuição como um bem de saúde pública, mas a partir dos anos 80 desenvolve um nicho privado devido ao desenvolvido de vacinas mais avançadas, que o Estado, por estratégias de programa de saúde e restrições do orçamento não ofereciam. Estes eventos foram o gatilho para a oferta de um serviço diferenciado por meio de clínicas e consultórios médicos, e caracterizam o atual mercado em dois segmentos:

público, voltado para a oferta ao interior do SUS, e privado, que se organiza em torno de clínicas, consultórios e outros espaços privados (TEMPORÃO, 2003; REIS *et al.*, 2010).

Com o início da proliferação de estratégias privadas de oferta de vacinas, parte da população buscou neste outro espaço, vinculado ao setor privado de oferta de cuidados em saúde, acesso a produtos que o Estado não oferecia, causando uma expansão deste segmento. A introdução no mercado da vacina recombinante contra a hepatite B na década de 80 e o surgimento de outras vacinas modernas, como a vacina contra *haemophilus B*, *influenza*, hepatite A e outras, ampliaria ao longo da década de 90, ainda mais este mercado (TEMPORÃO, 2003).

Apesar das especificidades que o mercado de vacinas apresenta (oligopólio estatal na produção e hegemonia pública na oferta), que permitem afirmar que este ainda seja um espaço predominantemente público, há uma penetração das práticas privadas de oferta e consumo de vacinas (TEMPORÃO, 2003; REIS *et al.*, 2010).

TEMPORÃO (2003) completa que apesar da cobertura populacional da vacinação privada ser baixa em relação à alcançada pelo PNI, o volume de recursos financeiros mobilizados pelo segmento privado é semelhante àquele despendido pelo PNI, o que corrobora a atual estratégia de investimento dos laboratórios privados no mercado de vacinas.

O mercado brasileiro privado de vacinas é dominado pelas duas empresas farmacêuticas multinacionais que, atualmente, implementam em conjunto com os dois principais produtores estatais (Biomanguinhos/ Fiocruz e Instituto Butantan) contratos de transferência de tecnologia (TEMPORÃO, 2002).

O Brasil é, no grupo dos países em desenvolvimento, o que possui infraestrutura de vacinação mais avançada. O PNI atinge mais de 90% da população infantil no que se refere às vacinas compulsórias que fazem parte do PAI da OMS, além de promover outras ações específicas ao programa brasileiro (como a vacinação da população idosa contra a gripe). O funcionamento de um programa desse porte envolveu a montagem de uma infraestrutura nacional complexa e tecnologicamente desenvolvida para o controle de qualidade das vacinas e um apoio logístico de grande escala (GADELHA e TEMPORÃO, 1999).

3.3 - A cadeia de suprimento de vacinas no Brasil no âmbito público

3.3.1 - Planejamento e aquisição

ROCHA (2001) declara que a demanda está vinculada a necessidade de vacinas com o objetivo de atingir as coberturas vacinais recomendadas para o controle e/ou eliminação das doenças imunopreveníveis, com o cumprimento dos calendários de vacinação (criança, adolescente, adulto, idoso e povos indígenas), campanhas anuais, provimentos dos centros de referência de imunobiológicos especiais e controle de eventuais surtos. Com base nas estimativas populacionais oficiais, são estabelecidas as demandas de distribuição para vacinação dos grupos elegíveis nas ações de vacinação com o objetivo de atingir as metas recomendadas.

Os quantitativos necessários para atendimento às demandas em período de cobertura específicos, são definidos pelo Ministério da Saúde, a partir de uma análise de dados que considera a existência de estoques, a distribuição anual, o consumo e a necessidade de formação/manutenção do estoque estratégico de cada um dos imunobiológicos necessários (M.S., 2003; ROCHA, 2001).

Os laboratórios produtores assumem seus compromissos de atendimento às demandas estabelecidas pelo PNI, dentro de suas capacidades instaladas de produção, em manifestação formal quanto aos quantitativos e cronogramas de entrega constantes em Termos de Referência elaborados e encaminhados pelo Ministério da Saúde/ Secretaria de Vigilância em Saúde, a cada um dos laboratórios (M.S., 2003; ROCHA, 2001).

A aquisição dos imunobiológicos é realizada por meio da Coordenação Geral do Programa Nacional de Imunizações (CGPNI), recorrendo-se à importação apenas quando não são produzidos nos laboratórios nacionais ou quando a produção nacional é insuficiente para atendimento das necessidades no país (ROCHA, 2001).

3.3.2 - Produção

Uma característica peculiar da indústria farmacêutica no Brasil é a existência de um parque público de laboratórios, de abrangência nacional, voltado para a produção de medicamentos primordialmente destinados aos programas de saúde pública em assistência farmacêutica (GADELHA, 2003). A produção de vacinas no Brasil está concentrada no setor público, embora não haja restrição legal à produção privada no país (REIS *et al.*, 2010).

A rede de laboratórios públicos nacionais fornecedores de vacinas e soros estão relacionados na Tabela 6.

Tabela 6 - Matriz produtiva de imunobiológicos brasileira

Centro Produtor	Origem (localidade/ UF)	Relação de produtos
Biomanguinhos/ FIOCRUZ	Rio de Janeiro/ RJ	Vacina adsorvida Difteria/ Tétano/ Pertussis/ Haemophilus Influenza B (Conjugada); Vacina Poliomielite 1, 2, 3(atenuada); vacina Poliomielite 1, 2, 3 (inativada); Vacina Sarampo/ Caxumba/ Rubéola; Vacina Rotavírus Humana (atenuada); Vacina Pneumococica 10-Valente (conjugada); Vacina Haemophilus Influenza B (Conjugada)
Fundação Ataufo de Paiva/ FAP-RJ	Rio de Janeiro/ RJ	Vacina BCG
Fundação Ezequiel Dias/ FUNED-MG	Belo Horizonte/ MG	Vacina meningocócica C (Conjugada); soro antrópico; soro antirrábico; soro anticrotático/ crotático; soro anticrotático/ laquético, soro anticrotático; soro antielapídico; soro antiescorpiônico e soro antitetânico
Instituto de Tecnologia do Paraná/ TECPAR-PR	Curitiba/ PR	Vacina antirrábica canina e soro antirrábico
Instituto Vital Brasil/ IVB-RJ	Niterói/ RJ	Soro antirrábico; soro antibotrópico; soro anticrotático/ crotático; soro anticrotático/ laquético, soro anticrotático; soro antiescorpiônico e soro antitetânico.
Instituto Butantan	Butantan/ SP	Vacina adsorvida difteria e tétano adulto; vacina adsorvida difteria e tétano infantil; vacina hepatite B (recombinante); vacina influenza, vacina raiva (inativada); vacina sarampo/ caxumba/ rubéola, soro antiaracnídico, soro antilonômico; soro antibotulínico (trivalente); soro antidiférico; soro antibotrópico; soro anticrotático/ crotático; soro antielapídico; soro anticrotático/ laquético, soro antiescorpiônico e soro antitetânico.
Centro de Produção e Pesquisa de Imunobiológicos do Paraná (CPPI)	Jardim Santa Mônica Piraquara/ PR	Soro antiloxoscelico (trivalente) e soro antibotrópico

Fonte: BERTOLLO (2014)

3.3.3 - Transporte e distribuição

As atividades de transporte dos imunobiológicos nas etapas de suprimento e distribuição ao CENADI, são efetuadas por modo rodoviário ou aéreo, de acordo com a estratégia definida pelo Ministério da Saúde, com emprego de recursos adequados para a conservação do frio (ROCHA, 2001).

Compete a União o provimento de imunobiológicos definidos pelo PNI, bem como o armazenamento e transporte até o nível Estadual, com frequência mensal conforme demanda das Secretarias de Saúde Estaduais. A nível estadual, as doses de

vacinas são redistribuídas para as unidades de atendimento nos municípios (M.S., 2003; ROCHA, 2001).

O fluxograma de distribuição do programa sob a coordenação do PNI está representado na Figura 8.

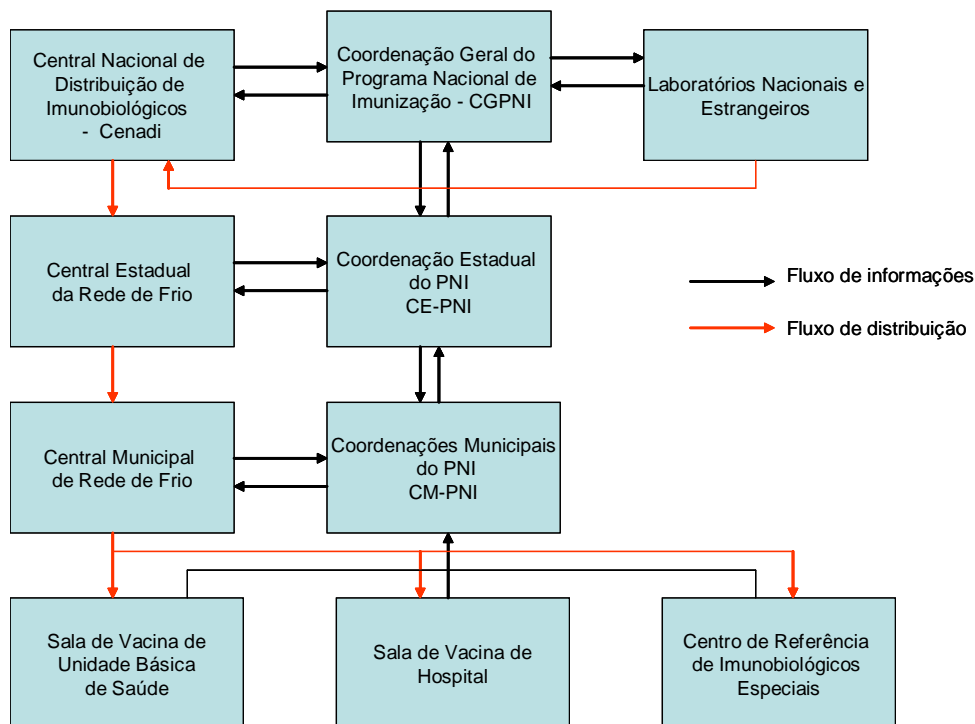


Figura 8 - Fluxograma de solicitação e Distribuição de Imunobiológicos nas Instâncias de Coordenação e Execução

Fonte: ROCHA (2001)

Em todos os níveis da cadeia de distribuição prevista pelo PNI: nacional, estadual, regional, municipal ou local, deve ter uma infraestrutura, recursos e equipamentos adequados para garantir a condição de armazenamento das vacinas. A implementação efetiva do programa de imunização pelo governo, com planejamento e investimentos em produtos imunobiológicos, que de forma muito característica exigem acondicionamento especial sob refrigeração entre 2-8°C, demonstra e ratifica a importância do gerenciamento da cadeia de distribuição e riscos envolvidos, como mecanismo para garantir a qualidade e eficácia dos produtos nos mais distantes postos de vacinação (ROCHA, 2001).

3.4 - A cadeia de suprimento de vacinas no Brasil no âmbito privado

Neste cenário a diferença essencial baseia-se no conjunto dos clientes atendidos, aqui representados por clínicas de vacinação, empresas ou qualquer outra instituição não governamental. A distribuição local é efetuada pela filial do laboratório estabelecida no Brasil, que efetua a importação diretamente da matriz. As atividades de transporte, com característica de carga fracionada, e armazenagem são efetuadas com os requerimentos adequados para assegurar a conservação do frio (GADELHA *et al.*, 2003; TEMPORÃO, 2003).

TEMPORÃO (2003) relata a participação dos laboratórios privados no mercado de vacinas no período de 1997 a 2001, baseado nas importações realizadas no período em análise, representados na Tabela 7.

Tabela 7 - Importação de vacinas por laboratórios privados no período de 1997 a 2001

Fabricante	1997		1998		1999		2000		2001	
	Total (US\$) X 1000	%	Total (US\$) X 1000	%	Total (US\$) X 1000	%	Total (US\$) X 1000	%	Total (US\$) X 1000	%
Aventis	12.607,6	53,3	11.434,7	47,2	12.321,4	55,9	7.914,9	45,0	9.4542,7	48,6
Smithkline Beecham	7.400,9	31,3	7.903,3	32,6	4.572,1	20,8	6.982,4	39,7	5.959,0	30,6
Novartis	-	-	-	-	-	-	-	-	1.614,1	8,3
Merck Sharp & Dohme	2.706,8	11,5	3.714,8	15,3	3.948,4	17,9	1.559,6	8,9	1.083,5	5,6
Wyeth	691,8	2,9	498,2	2,1	763,3	3,5	231,1	1,3	893,0	4,6
Outros	139,7	0,6	126,1	0,5	210,7	1,0	885,4	5,0	467,8	2,4
Enila	99,7	0,4	532,1	2,2	219,6	1,0	0	0	0	0
Total	23.646	100	24.209	100	22.035	100	17.573	100	19.470	100

Fonte: TEMPORÃO (2003)

REIS *et al.* (2010), comentam que não há dados específicos e atuais sobre a venda de medicamentos biológicos pela indústria brasileira privada. Como a capacidade instalada de produção é próxima de zero, as vendas registradas no país são majoritariamente provenientes de importação.

3.5 - Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foi apresentado a vacina como principal produto farmacêutico termossensível, com relevância nas estratégias públicas em políticas de saúde. Os

aspectos do desenvolvimento deste segmento da indústria e cadeia de suprimento no Brasil e no mundo, e como este ambiente foi afetado pelo atual cenário da economia globalizada, onde o modo de transporte e a forma de acondicionamento devem ser avaliados em um processo de tomada de decisão, a fim de atender os requerimentos técnicos da cadeia de frio durante todas as etapas do transporte, sem onerar um serviço já representativo no custo logístico total.

O Capítulo 4 apresenta o segundo alicerce do trabalho, o qual se refere ao processo de decisão, fundamentos do apoio multicritério à decisão, métodos disponíveis e seleção do método de agregação de preferências.

4 - FUNDAMENTOS DO PROCESSO DE DECISÃO

4.1 - Contextualização do processo de decisão

Todas as pessoas são, fundamentalmente, tomadores de decisão, onde tudo o que é feito, de forma consciente ou não, resulta de algum tipo de decisão. Se as decisões fossem tomadas somente de forma intuitiva, nós estaríamos inclinados a acreditar que todos os tipos de informação são úteis e estão disponíveis, mas isto não é verdade (SAATY, 2009).

Segundo GOMES *et al.* (2004), problemas complexos de tomada de decisão são comuns em uma infinidade de áreas e, historicamente, o homem tenta resolvê-los apoiando-se em abstrações, heurísticas e raciocínios dedutivos.

MARREIROS (2008) classifica as formas de decisão em quatro grandes grupos, que podem ser representados esquematicamente na forma de uma pirâmide, conforme apresentado na Figura 9. No topo da pirâmide está a forma mais acurada, complexa e onerosa, e a menos empregada. Na base da pirâmide está a mais empregada, indicada para decisões menos importantes, a intuição.



Figura 9 – Grupos de formas de decisão

Fonte: MARREIROS (2008)

O julgamento intuitivo constitui a forma de decisão menos precisa, por apresentar dois tipos de falhas: a inconsistência randômica e a distorção sistemática. A inconsistência randômica consiste na aplicação de diferentes critérios de decisão em ocasiões diferentes, fato que se deve a falhas de memória, limites mentais, distrações ou fadiga. A distorção sistemática se deve à tendência de dar mais ênfase a algumas informações, em prejuízo das demais, como por exemplo, as informações mais recentes ou as mais fáceis de serem avaliadas.

As regras apresentam-se como formas de decisão mais claras e mais acuradas que o julgamento intuitivo e são fáceis de aplicar. O maior problema desta forma de decisão é a não consideração de informações relevantes, tratando todos os fatores como equivalentes.

A importância ponderada permite a análise mais consistente e efetiva dos fatores considerados importantes em uma decisão. Empregando técnicas deste tipo, forçosamente, identificam-se quais fatores são considerados mais ou menos importantes, tornando os julgamentos claros e suscetíveis de avaliação.

A análise do valor consiste em um refinamento das técnicas de ponderação, ao considerar como os vários fatores afetam os objetivos “chaves” e como um aumento na taxa de cada fator agrega valor à decisão. Ou seja, a análise considera a relação existente entre os fatores e os objetivos “chaves” na análise da decisão. Além disso, não se considera, necessariamente, que um dado fator adicione valor a uma taxa constante, como é o caso da importância ponderada.

Em razão do aumento das incertezas ambientais, críticas em relação às estruturas organizacionais, tecnologias, formas de administração de risco e outras tantas opções estratégicas, os decisores organizacionais têm encontrado uma crescente dificuldade em realizar escolhas entre um conjunto de alternativas de ação (KLEINDORFER, 2001).

Para resolver problemas complexos, até a primeira metade do século XX, utilizava-se basicamente a esperança matemática para a tomada de decisões em condições aleatórias. Um grande número de instituições de pesquisa dedicou-se à análise e à preparação de decisões, usando a então recente Pesquisa Operacional, e desenvolveu diversos métodos estritamente matemáticos para que se encontrasse a solução ótima de um problema (GOMES *et al.*, 2004).

Na otimização clássica ou programação matemática, procura-se o valor máximo ou mínimo de uma função objetivo, submetida a um conjunto de condições ou restrições, que necessariamente deve ser cumprido. O tomador de decisão costuma utilizar vários atributos para avaliar as diferentes alternativas, sendo alguns deles difíceis de se medir no que se refere a benefícios, como: impacto ambiental, imagem de um produto, qualidade, entre outros. A necessidade de ter mais de um critério de avaliação e de congregar na tomada de decisão fatores com unidades de medida diferentes ou mesmo sem unidade de medida (os qualitativos) moveu os estudos da área na direção dos métodos de Apoio Multicritério à Decisão (AMD) (GOMES *et al.*, 2004 e WOLFF, 2008).

Segundo GOMES e GOMES (2014), os métodos de apoio à decisão são divididos em problemas multiatributo ou multicritério e multiobjetivo:

- Métodos multiatributo ou multicritério: aplicam-se a problemas com alternativas discretas, isto é, com um número finito e geralmente pequeno de variáveis decisão;
- Métodos multiobjetivo: conhecido como programação multiobjetivo ou otimização vetorial, aplicam-se a problemas que consideram um espaço contínuo de alternativas, isto é, admitem um número infinito de valores.

Neste trabalho serão apresentados os métodos de apoio multicritério à decisão discretos, por melhor adequação a metodologia empregada, a qual será apresentada mais à frente.

4.2 - Fundamentos do Apoio Multicritério à Decisão

O AMD pode ser definido como a atividade que baseado em modelos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, ajuda na obtenção de elementos de resposta às questões de um agente de decisão no decorrer de um processo (GOMES *et al.*, 2004).

Um problema de decisão multicritério ou multiatributo é um problema de decisão complexo, que envolve a avaliação de várias alternativas e vários critérios de análise, não havendo uma alternativa que seja ótima em todos os critérios. Estes critérios têm que ser avaliados e analisados dentro de um contexto e, em conjunto, os dados devem ter geralmente inter-relações, tangíveis ou intangíveis (WEBER, 1987).

ROY e VANDERPOOTEN (1996) declaram que o emprego de uma metodologia multicritério de apoio à decisão é muito interessante em problemas complexos, onde existem diversos decisores, com pontos de vista fundamentais no processo decisório, de difícil mensuração, além de muitos dos casos empregar variáveis de ordem qualitativa.

Segundo GOMES e GOMES (2014), os problemas complexos, de um modo geral, possuem pelo menos algumas das seguintes características:

- Os critérios de resolução do problema são pelo menos dois e são conflituosos;
- Tanto os critérios como as alternativas de solução não são claramente definidos (há uma fronteira difusa), e as consequências da escolha de determinada alternativa, com relação a pelo menos um critério, podem não

ser claramente compreendidas, havendo muitas vezes relações de dependência;

- Os critérios e as alternativas podem estar interligados, de tal forma que um critério parece refletir parcialmente outro critério, ao passo que a eficácia da escolha de uma alternativa depende de uma outra alternativa ter sido, ou não, também escolhida, no caso em que as alternativas não são mutuamente exclusivas;
- A solução do problema pode envolver um conjunto de pessoas, cada uma do qual tendo seu próprio ponto de vista, muitas vezes conflituosos com os demais;
- As restrições do problema não são bem definidas, podendo mesmo haver alguma dúvida a respeito do que é critério e do que é restrição;
- Alguns critérios são quantificáveis ao passo que outros só o são por meio de julgamentos de valor efetuados, empregando-se uma escala; e
- A escala para dado critério pode ser nominal, cardinal, ordinal, de intervalo, ou relativa, dependendo dos dados disponíveis e da própria natureza dos critérios.

WINTERFELDT e EDWARDS (1986) recomendam que os problemas complexos devem ser desagregados em vários subproblemas, o que facilita a resolução dos mesmos. A aplicação de várias técnicas a cada uma das partes, consoante a problemática, possibilita a resolução do problema como um todo.

Baseado em ROY (1985) e GOMES e GOMES (2014), a partir dos conceitos expostos, pode-se afirmar que, dado um problema de decisão, uma das seguintes problemáticas é abordada:

- Problema tipo α ($P\alpha$ - Escolha): o problema tem como objetivo decidir pela escolha de uma ação mais satisfatória dentro de um subconjunto A (correspondendo às ações mais satisfatórias);
- Problema tipo β ($P\beta$ - Classificação): o problema tem como objetivo esclarecer a decisão por uma triagem resultante da alocação de cada ação a uma categoria (classe). As categorias (classes) estão definidas *a priori* em função de normas aplicáveis ao conjunto de ações, como: aceite, rejeitado e volta atrás para mais informação. Como resultado, obtém-se uma

classificação por meio de um exame/ avaliação, onde busca-se aceitar as alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”;

- Problema tipo γ ($P\gamma$ - Ordenação) – o problema tem como objetivo esclarecer a decisão por meio de uma ordenação, parcial ou completa, conforme as preferências. Como resultado obtém-se uma escala ou um procedimento de ordenação; e
- Problema tipo δ ($P\delta$ - Descrição ou Cognição) – o problema tem como objetivo esclarecer a decisão por uma descrição sistemática das ações e suas consequências. Como resultado obtém-se uma descrição ou um procedimento cognitivo das alternativas. Apresenta uma descrição sistêmica e formalizada das ações e as suas consequências qualitativas e quantitativas, e propõe a adoção de uma metodologia fundada sobre um procedimento cognitivo conveniente à utilização iterativa e/ou automática.

GOMES e GOMES (2014) ressaltam que as problemáticas definidas anteriormente não são independentes umas das outras. Em especial, a ordenação das alternativas ($P\gamma$) pode servir de base para resolver um problema $P\alpha$ ou $P\beta$. Comentam ainda que na prática, muitos métodos multicritério, sobretudo àqueles desenvolvidos entre as décadas 70 e 80, privilegiaram a problemática $P\gamma$.

Dentre os elementos necessários para a compreensão dos fundamentos do AMD, será apresentado nas próximas seções: conceitos básicos, fases do processo de apoio à decisão, axiomas da teoria da decisão, modelos de apoio à decisão, função de valor, função aditiva de valor, análise de sensibilidade e a agregação das preferências.

4.2.1 - Conceitos básicos

No processo de decisão há necessariamente componentes que assumem maior destaque e devem ser melhor detalhados, tais como: decisor, critérios, alternativas e objetivo.

O decisor ou agente de decisão ou tomador de decisão é um indivíduo ou grupo de indivíduos que, direta ou indiretamente, proporciona o juízo de valor final que poderá ser utilizado no momento de avaliar as alternativas disponíveis. Essa informação, em forma de juízos de valor, é fundamentalmente subjetiva e obedece à estrutura interna das preferências do decisor (GOMES e GOMES, 2014).

Além do decisor, há um outro agente que participa do processo, responsável por modelar o problema e eventualmente fazer recomendações, conhecido como analista. As

funções desempenhadas pelo analista e decisor são complementares, ainda que em última instância a responsabilidade de cada decisão caiba ao decisor (GOMES *et al.*, 2004).

Neste processo o decisor se depara com um conjunto comumente denominado como conjunto de escolhas ou alternativas, que será definido como A. Para um conjunto finito de alternativas, a metodologia de decisão multicritério é definida como Decisão Multicritério Discreta (DMD), onde presume-se que as alternativas sejam diferentes, exaustivas e excludentes. A exaustividade das alternativas supõe que se o decisor introduz uma nova alternativa ao conjunto de escolha, em princípio, deverá reformular o modelo com um novo conjunto A (GOMES *et al.*, 2004; GOMES e GOMES, 2014).

Para eleger algumas das alternativas do conjunto de escolha, supõe-se que o decisor possui vários eixos de avaliação, que são os elementos que direcionam a análise e devem ser estabelecidos com base na modelagem das consequências, de modo que representem as dimensões relevantes do problema, representados por atributos e critérios (GOMES *et al.*, 2004). A escolha de atributos, ou critérios para quantificar objetivos torna-os mais claros, e indica muitas vezes que existe mais do que um aspecto a reportar a esse objetivo (KEENEY, 1992).

KEENEY e RAIFA (1976) declaram que, para que uma família de critérios possa suportar adequadamente o processo de tomada de decisão, permitindo a eleição de preferências sobre um conjunto de ações potenciais, deve respeitar as seguintes propriedades:

- Abrangência (completo ou exaustivo): inclusão de todos os valores relevantes na estrutura de decisão. O conjunto de critérios deve ser completo para cobrir os aspectos importantes do problema, isto é, garantindo que todos os atributos considerados no problema estão representados pelos critérios definidos;
- Operacionalidade: os valores atribuídos aos critérios devem ter significado para que possam ser avaliados. Um critério é operacional se é razoável para dois propósitos: para descrever as consequências possíveis, no que respeita aos objetivos associados, e para fornecer uma base do valor de julgamento de atratividade dos vários graus para o qual o objetivo pode ser alcançado;
- Decomponível: permite que diferentes partes da árvore (estrutura do problema) possam ser analisadas separadamente;
- Ausência de redundância: para evitar duplicação de impactos (dois critérios ou valores não significam a mesma coisa); e

- Tamanho mínimo ou conciso – manter o nível de detalhe no mínimo requerido (necessidade de manter o número de critérios pequeno o suficiente para ser possível a sua gestão).

KEENEY (1992), adiciona as seguintes propriedades à lista:

- Inteligibilidade e isolabilidade – os critérios têm que ser independentes de modo a facilitar a geração e comunicação de conhecimento. A compreensão de cada critério significa que não deve haver ambiguidade na descrição de consequências em termos de critérios e na interpretação de consequências que descrevem o critério; e
- Mensurável – um critério mensurável define o objetivo associado em maior detalhe, para tal, o critério deve incorporar valores de julgamento apropriados de forma precisa.

KEENEY (1992) e BANA e COSTA (1992) definem um objetivo como a declaração de algo que alguém deseja alcançar, e declaram que estes explicitam os “valores” dos decisores, que são abstrações que ajudam a organizar e conduzir preferências, amparados por qualquer um destes aspectos – objetivos, preocupações, indicadores, características, atributos, restrições, etc.

O processo decisional depende dos decisores, que apresentam sistemas de valores diferentes em função da sua aversão ou não, ao risco; da formação técnica, da capacidade de gestão; de questões culturais, religiosas, etc. Em termos organizacionais, a própria cultura da organização influencia os decisores que dela fazem parte (KEENEY, 1992).

4.2.2 - Fases do processo de apoio à decisão

Para BELTON e STEWART (2002), GOMES *et al.* (2004), TSOUKIÀS (2008) e MONTIBELLER *et al.* (2009), o processo de desenvolvimento de apoio à decisão deve considerar ao menos as seguintes fases: identificação do problema, estruturação do problema, construção do modelo e desenvolvimento de planos de ação. Para melhor entendimento das fases do processo de apoio a decisão, segue-se a conceituação das etapas:

- 1) Identificação do problema: busca-se delinear o problema, verificar as incertezas envolvidas, conhecer os tomadores de decisão, seu perfil e promover um alinhamento sobre o objetivo a ser alcançado e os critérios que levarão a tais decisões (TSOUKIÀS, 2008);

- 2) Estruturação do problema: procura-se estruturar o problema, o que é tido como uma fase crítica dentro do processo decisório (MONTIBELLER *et al.*, 2009). Espera-se que o pensamento dos agentes já seja mais convergente. O modelo é formalmente desenvolvido, levando em consideração as preferências, julgamentos e valores dos decisores (BELTON e STEWART, 2002);
- 3) Construção do modelo: efetua-se uma representação do problema de forma clara e transparente a partir dos parâmetros estudados (GOMES e GOMES, 2014). O modelo é a forma transparente e sistemática de comparar as alternativas, levando em consideração os parâmetros definidos. É possível que, nesse momento, decida-se retornar à primeira fase, caso haja opções mais criativas para o problema inicial (BELTON e STEWART, 2002); e
- 4) Desenvolvimento de planos de ação: como resultado desse processo, em um problema com múltiplos critérios, procura-se obter a hierarquia dos objetivos ou critérios e definir ou identificar um conjunto de opções (MONTIBELLER *et al.*, 2009).

Os modelos de AMD não se propõem a resolver o problema, e sim a encontrar alternativas para solucioná-los. Assim, os decisores devem ter consciência do plano de ação para implementar essas alternativas (BELTON e STEWART, 2002).

Para GOMES *et al.* (2004), tais etapas não possuem uma ordem imutável, podendo-se passar de uma etapa à outra e influenciar as anteriores à medida que avança a reflexão do decisor. Essa iteração é comum a partir de um maior entendimento do problema por parte dos tomadores de decisão.

GOODWIN e WRIGHT (2004) e MONTIBELLER e FRANCO (2007) comentam que as fases descritas para o processo de apoio decisão podem ser detalhadas em mais etapas, para a análise de decisão envolvendo múltiplos critérios. A Figura 10 apresenta todas as etapas de forma esquemática, que são detalhadas a seguir:

- Etapa 1 – Entender o problema;
- Etapa 2 – Definir os objetivos;
- Etapa 3 – Identificação dos atributos e alternativas relevantes para o problema de decisão;
- Etapa 4 – Definir o método de modelagem das preferências e avaliação das compensações de valor;
- Etapa 5 – Avaliação de cada alternativa;

- Etapa 6 – Análise de sensibilidade para validação do modelo e soluções obtidas; e
- Etapa 7 – Fazer uma decisão provisional e as recomendações.

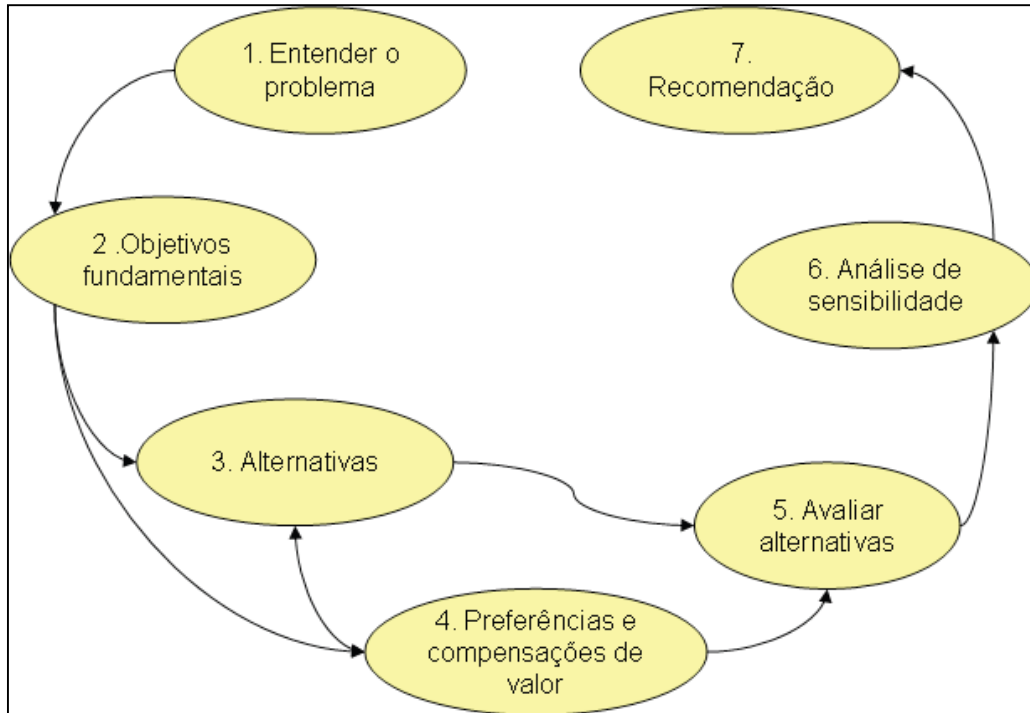


Figura 10 – Etapas da análise de decisão envolvendo múltiplos critérios

Fonte: MONTIBELLER e FRANCO (2007)

A tomada de decisão pode ser, de forma simples, definida como um esforço para resolver o dilema dos objetivos conflituosos, cuja presença impede a existência da “solução ótima” e conduz para a procura da “solução de melhor compromisso” (BANA e COSTA, 1988).

A teoria da decisão pressupõe que as pessoas se empenhem ao máximo em serem consistentes quando tomam decisões, e que sejam capazes de expressar as suas preferências básicas de forma racional, perante questões que exijam a tomada de decisão. Neste tipo de análise foram desenvolvidos várias hipóteses ou axiomas, os quais devem ser considerados em conjunto, ser consistentes e não contradizer uns aos outros (ROY, 1985; GOODWIN e WRIGHT, 2004).

4.2.3 - Axiomas da teoria da decisão

As relações binárias representam as hipóteses ou axiomas do método. Se o decisor aceita tais axiomas e se é racional, então ele aceitará as ordenações de preferência indicadas pelo método (GOMES e GOMES, 2014).

GOMES *et al.* (2004) comentam que é razoável pensar que o tomador de decisão, diante de duas alternativas a e b pertencentes a seu conjunto de escolha A , é capaz de declarar qual delas prefere ou se ambas lhe resultam indiferentes. A expressão das preferências do decisor, quando realiza comparações, é feita por relações binárias.

A preferência e a indiferença são exemplos de relações binárias. Estas relações encontram-se aqui representadas de forma simples com o objetivo de possibilitar um melhor entendimento dos termos usados neste trabalho.

Segundo VINCKE (2000), quando o decisor é colocado frente à uma situação de escolha entre duas ações, e, pode-se identificar três atitudes distintas: o decisor prefere uma delas; as duas são consideradas indiferentes ou, ainda; o decisor não tem condições ou não deseja compará-las. Usando uma simbologia comum, tem-se:

- $a > b$ ou aPb , se a é preferível a b ;
- $b > a$ ou bPa , se b é preferível a a ;
- $a \sim b$ ou aIb , se a e b são indiferentes, ou seja, aPb e bPa ; e
- $a \neq b$, se a e b são incompatíveis, ou seja, se nenhuma das relações anteriores podem ser estabelecidas.

Em termos matemáticos, uma relação binária R sobre um conjunto A , é o grupo de todas as relações da forma aRb entre os vários elementos de A , onde A é o conjunto das ações representado por $A = (a, b)$. Sobre estas relações binárias pode-se verificar algumas propriedades ou axiomas (FRENCH, 2006; GOMES e GOMES, 2014):

- Princípio de ordem: representa a capacidade de um decisor ordenar um conjunto de alternativas, onde a é preferível a b (aPb), ou (bPa), ou é indiferente entre a e b (bIa);
- Transitividade: garante que as relações de preferência entre três alternativas sejam consistentes, isto é, sejam lógicas, onde uma relação R é transitiva se $\forall a, b, c \in A$, tal que aRb e bRc , é verdadeira a afirmativa aRc ;
- Assimetria: R é assimétrica se $\forall a, b \in A$, não podem ser verdadeiras as relações aRb e bRa , ao mesmo tempo;

- Simetria: uma relação R é simétrica se $\forall a, b \in A$, se aRb necessariamente bRa ;
- Refletividade: uma relação R é reflexiva se $\forall a \in A$, aRa ;
- Comparabilidade: uma relação R é comparável se $\forall a, b \in A$, aRb ou bRa , ou ambas situações ocorrem; e
- Dominância: se a é tão boa como b , em todos os critérios/atributos, então (aPb) .

Efetivamente a teoria da decisão tem se desenvolvido progressivamente ao longo do tempo, promovendo a adaptação dos modelos a situações reais e, contribuindo com a inclusão de ferramentas de análise de sensibilidade e simulação, para que os decisores possam avaliar os seus julgamentos e avaliar os impactos das suas possíveis decisões (ROY, 1996).

Esta visão da teoria da decisão é tratada como uma teoria prescritiva ou normativa (ROY, 1985), que pretende ajudar os decisores a tomarem decisões melhores, considerando suas preferências (PHILLIPS, 1996).

4.2.4 - Modelos de apoio à decisão

Na Teoria da Decisão, considera-se quatro modelos que podem ser empregados como esquema de representação para apoiar a análise da decisão: o modelo descritivo, o normativo, o prescritivo e o construtivo. Baseado em ROY e VANDERPOOTEN (1996), KEENEY e RAIFFA (2003) e FRENCH (2006), o trabalho apresenta, de forma resumida, as particularidades de cada um destes.

O modelo descritivo é um quadro presumido da realidade, ou seja, uma proposição que espelha possíveis relações entre objetos ou classes de objetos do mundo exterior. Alguns modelos estatísticos são empregados como modelos descritivistas de decisão multicritérios.

O modelo normativo também conhecido como modelo estatístico normativo, ao contrário, não descreve as coisas como elas são, mas provê um guia numa escolha ou julgamento no qual ainda será feito. Procura construir um modelo do problema de decisão, de forma que sua estrutura lógica seja sempre consistente com certos axiomas, os quais englobam princípios que vêm ao encontro do chamado comportamento racional. Portanto, o modelo normativo de decisão leva o decisor a escolher, de forma racional, a melhor alternativa de ação para solucionar determinada situação decisória, onde a

racionalidade do decisor é assegurada por axiomas. Os dois axiomas básicos do modelo normativo são o da linearidade e o da transitividade.

No modelo prescritivo o analista descreve o sistema de preferências do decisor e faz prescrições baseadas em normas que foram confrontadas com os fatos descritos. Baseia-se na existência de um ideal como referência, que tem sua origem num grupo de axiomas, os quais, quando examinados separadamente, parecem bastante naturais para serem impostos como normas ou como hipóteses aceitáveis de trabalho.

Por último o modelo construtivo busca, juntamente com os atores do processo decisório, construir um modelo que permita avançar no processo de apoio à decisão de forma coerente com os objetivos e valores do decisor. Neste processo, o analista ajuda a construir um modelo de preferências por meio da busca de hipóteses de trabalho, com o objetivo de fazer recomendações. Este enfoque sugere que as preferências dos decisores sejam construídas durante o próprio processo de tomada de decisão, onde a participação é fundamental para o andamento do processo de apoio à decisão.

GOMES e GOMES (2014) afirmam que no sistema que define o processo de decisão, o decisor deve entender suas preferências, e os métodos de apoio a decisão devem possuir regras que tornem confortável ao decisor explicar essas preferências. Comentam ainda que na AMD o fator humano é importante no processo de decisão, pois a AMD assume ser impossível prevê apenas com métodos matemáticos as preferências de uma situação.

A função de preferência ou função de utilidade, obtida por meio de análise multicritério, tem por objetivo agrupar os múltiplos critérios e auxiliar o decisor na seleção das alternativas. São representações matemáticas de julgamentos com uso de escalas desenvolvidas durante a estruturação do problema. A Função Aditiva de Valor é largamente empregada para agregar as avaliações parciais das ações segundo vários pontos de vista (GOMES e GOMES, 2014), como será detalhado mais adiante.

4.2.5 - Função de valor

Valor pode ser definido como abstrações que ajudam a organizar e conduzir as preferências de um indivíduo ou grupo de indivíduos, constituído por aspectos, objetivos, preocupações, indicadores, características, atributos, restrições (BANA e COSTA, 1992; KEENEY, 1992).

GOMES *et al.* (2004) destacam que uma função v que associa um número real $v(x)$ para cada x no espaço de avaliação é denominada função de valor, caso represente a estrutura de preferências do decisor, de modo que:

- 1) $x' I x'' \iff v(x') = v(x'')$: esta função permite concluir que uma alternativa x' é indiferente a outra x'' se a função de valor $v(x')$ for igual a $v(x'')$; e
- 2) $x' P x'' \iff v(x') > v(x'')$: esta função permite concluir que uma alternativa x' é preferível a outra x'' se a função de valor $v(x')$ for maior que $v(x'')$.

O papel principal do apoio à decisão é, neste caso, o da estimação da função $v(\cdot)$ a partir das respostas a questões colocadas ao decisor. O valor global de cada alternativa pode ser encarado como um critério que sintetiza os desempenhos segundo todos os critérios, onde o decisor tenta maximizar uma função $v(x', x'', \dots, x^n)$ que agrega todos as alternativas consideradas (VINCKE, 2000).

4.2.6 - Função aditiva de valor

GOMES *et al.* (2004), MONTIBELLER e FRANCO (2007) afirmam que sob certas condições, a estrutura de preferência do decisor pode ser representada por meio de uma função aditiva de valor, conforme representado pela Equação 4.1.

$$V(x) = \sum_{i=1}^n W_i V_i(x) \quad (4.1)$$

Onde,

- x representa a alternativa em avaliação;
- $V(x)$ é o valor global da função utilidade da alternativa x ;
- i representa o atributo de mensuração associado aos critérios do problema;
- $V_i(x)$ é o desempenho da alternativa x em relação ao atributo i ; e
- W_i , onde $W_i > 0$, representa o coeficiente de ponderação ou o peso atribuído.

Assim, o valor global correspondente a cada ação, pode ser obtido pela agregação aditiva simples, por meio de uma média ponderada das funções individuais. O valor global descreve o grau no qual os objetivos são atingidos segundo cada ponto de vista, e, posteriormente, agregados permitindo comparar ações de forma holística (KEENEY e RAIFA, 2003; GOMES e GOMES, 2004).

Segundo BELTON e STEWART (2002), depois que se obtêm os primeiros resultados, é necessário realizar uma análise de sensibilidade, com o intuito de verificar se as conclusões preliminares são suficientemente robustas, ou se são muito sensíveis a determinadas mudanças em variáveis do modelo.

4.2.7 - Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade visa determinar se algum parâmetro exerce influência crítica na avaliação geral do modelo, ou seja, se uma pequena mudança em um peso ou performance das alternativas em um critério pode provocar uma nova ordem de preferências (BELTON e STEWART, 2002).

Fazer uma análise de sensibilidade contribui para a compreensão do decisor acerca do próprio problema e pode levá-lo a reconsiderar algumas funções que ele mesmo forneceu (GOMES e GOMES, 2014).

4.2.8 - Agregação das preferências

BANA e COSTA (2003) comenta que se busca objetividade ao procurar esclarecer ou apoiar uma decisão, empregando-se um modelo abstrato, onde elementos primários, julgados importantes, são identificados, agrupados, categorizados, organizados, tornados operacionais e agregados por meio de fórmulas matemáticas.

Comenta ainda que os modelos de avaliação são gradualmente construídos, com uso de uma linguagem comum entre os decisores, ferramentas analíticas simples, e um processo iterativo que culmina em um modelo de avaliação partilhado por estes.

Segundo KEENEY e RAIFA (1976), a agregação de preferências pode ser feita usando diversos métodos, muitas vezes divididos segundo a escola de proveniência: escola americana ou escola francesa.

Na escola americana, destaca-se a abordagem de agregação de preferências com uso de funções de valor, representando as preferências do decisor, motivo pelo qual também são chamados de métodos com critério único de síntese ou teoria da utilidade multicritério (GOMES e GOMES, 2014).

A abordagem da escola americana repousa sobre dois aspectos fundamentais: eliminação de qualquer situação de incomparabilidade; e adoção de um sistema relacional de preferência, trazendo uma resposta sintética, exaustiva e definitiva ao problema da agregação dos desempenhos (GOMES e GOMES, 2014; ROY, 1996).

Em relação a Escola Francesa de Multicritério, para ROY (1996), a abordagem construtivista que a caracteriza pode ser descrita segundo dois princípios: a aceitação de situações de incomparabilidade; e a adoção de um sistema relacional de preferências baseado na subordinação e explicitação de uma regra (teste de subordinação) que permita uma resposta ao problema de agregação dos desempenhos.

Desconsiderando as divergências das escolas americana e francesa, BANA e COSTA (2003) apresenta três pilares de natureza metodológica, fundamentais na prática da atividade de apoio à decisão.

- A convicção da interpretação de elementos objetivos e subjetivos e da sua inseparabilidade: descreve o processo de decisão como um sistema de relações entre elementos de natureza objetiva, próprios às ações, e elementos de natureza subjetiva, próprios aos sistemas de valores dos decisores. Como este sistema é indivisível, um estudo de apoio à decisão não pode negligenciar nenhum destes aspectos;
- A convicção do construtivismo: nesta abordagem o facilitador ajuda a construir um modelo de preferências por meio da busca de hipóteses de trabalho, com o objetivo de fazer recomendações e, o envolvimento dos atores se dá durante todas as fases do processo de apoio à decisão; e
- A convicção da participação: se apoia na existência de um procedimento genérico de estruturação e na natureza mal definida da maioria dos problemas de decisão.

A Tabela 8 apresenta os principais métodos descritos pela literatura da Escola Americana e Escola Francesa de apoio multicritério a decisão, e dispõe uma comparação dos aspectos que as diferenciam.

Tabela 8 - Diferenças dos métodos de apoio à decisão - Escolas Americana e Francesa

Escola Americana – Método de critério único de síntese ou Teoria da Utilidade Multicritério		Escola Francesa - Método de ordenação	
Objetivo	Tem como objetivo principal agregar valor às preferências dos decisores em cada critério, suportando, de uma forma quantitativa, a decisão final do decisor.	Objetivo	Tem como objetivo construir uma relação de ordenação que permita a relação de incomparabilidade entre as ações de decisão.
Principais características	<p>É um método compensatório, o bom desempenho de uma alternativa num critério compensa o mau desempenho num outro critério.</p> <hr/> <p>Permitem definir uma medida de mérito (valor) global para cada alternativa, e a construção de uma função utilidade por meio do cálculo de parâmetros com base em julgamentos de indiferença. Consiste na agregação dos valores obtidos pela avaliação parcial do valor da função utilidade em cada critério para estabelecer o valor global da função.</p> <hr/> <p>Permitem duas formas de comparação de alternativas: preferência e indiferença. Não pressupõem qualquer situação de incomparabilidade.</p> <hr/> <p>Facilita o estabelecimento de hierarquias.</p> <hr/> <p>Pressupõem o axioma de transitividade para a relação de preferência.</p>	Principais características	<p>É um método não compensatório.</p> <hr/> <p>Permitem a agregação de preferências por meio da ordenação (pelo menos parcialmente) das alternativas em termos relativos, mesmo quando a informação de que dispõe sobre as preferências critério a critério sejam pobres, que possibilitam representar a dominância das alternativas. No entanto, não é possível a indicação do mérito (valor) global de cada alternativa.</p> <hr/> <p>Permitem quatro formas de comparação de alternativas: preferência sem hesitação, preferência com hesitação, indiferença e incomparabilidade.</p> <hr/> <p>Pressupõem análise paritária e superação.</p> <hr/> <p>Não pressupõem o axioma de transitividade.</p>

Fonte: Adaptado de Gomes e Gomes (2014)

4.3 - Métodos de apoio a decisão multicritério

Os métodos de apoio à decisão multicritério visam suportar, esclarecer e conduzir o processo de tomada de decisão, tentando incorporar os julgamentos de valor do agente decisor, na intenção de suportar e acompanhar a forma como se desenvolvem as preferências, e entendendo o processo como aprendizagem (BANA e COSTA, 1988).

Alguns métodos de apoio multicritério à decisão são elementares, por serem bastantes intuitivos e pouco exigentes em termos computacionais e em termos de informação por parte do decisor. No entanto podem ser importantes em determinada fase do processo de decisão, e, segundo uma compilação de GOMES e GOMES (2014), classificam-se em: Método Aditivo, Método Borda, Método Condorcet, Método Lexigráfico, Método Conjuntivo. A Tabela 9 apresenta uma descrição desses métodos elementares.

Tabela 9 - Principais métodos elementares descritos na literatura

Método	Descrição
Dominância	Este método visa retirar do conjunto de alternativas todas as que forem dominadas. Pode ser especialmente útil em um filtro inicial no âmbito da situação da escolha da melhor alternativa.
Aditivo	Neste método a análise global de alternativas é realizada por meio de pesos, de forma aditiva e sua evolução por meio do critério. Dentro de um conjunto de alternativas, são escolhidas as melhores. É necessária a criação de relações de preferência e atribuição de pesos por parte do decisor.
Borda (soma das classificações)	Também conhecido como método da soma das classificações, é um método aditivo. É considerado a base da MAUT (escola americana).
Condorcet	Também conhecido como método regra da maioria, é uma extensão do método anterior. É considerado a base dos métodos de ordenação (escola francesa).
Conjuntivo (não compensatório)	É definido um mínimo aceitável para todos os critérios. A alternativa é rejeitada se não passar esse valor para todos os critérios. É um método de filtragem.
Lexicográfico (predominância)	Baseado na lógica de que, em alguns sistemas de decisão, um critério particular parece ser predominante. Parte do pressuposto que o decisor é capaz de ordenar os critérios por ordem de importância. O procedimento consiste em comparar todas as alternativas, uma a uma, com esse critério dito predominante e, proceder assim até ter apenas uma alternativa. Converte para um único critério de síntese. No caso de desempenhos iguais neste critério mais importante, a comparação é feita para o segundo critério mais importante, e assim sucessivamente, até ordenar todas as alternativas.

Fonte: GOMES e GOMES (2014)

Os métodos mais utilizados e amplamente divulgados para agregar os desempenhos das alternativas segundo cada critério numa avaliação multicritério, são os métodos com critério único de síntese (escola americana), onde destacam-se a MAUT – Teoria da Utilidade Multiatributo (KEENEY e RAIFA, 1976; KEENEY, 1992) e o AHP - Análise Hierárquica de Processo (SAATY, 1980).

Segundo GOMES *et al.* (2004), os métodos da Escola Americana baseiam-se na hipótese de que, em qualquer problema de decisão, existe uma função de valor real v sobre um conjunto de alternativas A que o tomador de decisão deseja examinar, consciente ou inconscientemente. Essa função agrega os critérios ou atributos x^1, x^2, \dots, x^n .

Em geral, têm como objetivo principal agregar valor às preferências dos decisores em cada critério, suportando, de uma forma quantitativa, a decisão final do decisor, baseada nas seguintes assunções: existência de uma função global de utilidade $V(x)$, aditividade, relação de preferência transitiva e completa (VINCKE, 1992). A Tabela 10 apresenta e compara as principais características dos métodos MAUT e AHP.

Tabela 10 - Características dos principais métodos da escola americana

MAUT – Teoria da Utilidade Multiatributo	AHP - Análise Hierárquica de Processo
Possibilita definir uma medida de mérito (valor) global para cada alternativa, indicadora da sua posição relativa numa ordenação final.	É uma metodologia de amplo domínio e mais utilizada do que os demais métodos discretos. Possui uma estrutura lógica e de fácil entendimento, e menor tempo requerido para o processo de análise.
Facilita o estabelecimento de hierarquias.	Permite a decomposição do problema de decisão em níveis hierárquicos, facilitando a sua compreensão e avaliação.
Pressupõe a avaliação de preferências feita por uma escala de utilidade, onde o analista define a escala mais adequada junto aos decisores (não há padronização). O processo de escolha é realizado com base nesta escala, que agrega os aspectos de incerteza inerentes ao problema de decisão.	Pressupõe a avaliação de preferências feita por uma escala de valor/semântica, com valores de 1 (igualmente preferível) a 9 (extremamente preferível), sendo 2, 4, 6, 8 valores intermédios de preferências.
Não possui a verificação da consistência estruturada como parte integrante do método	Pressupõe a verificação da consistência dos vetores de decisão da matriz, por meio de uma razão de consistência, integrada ao método, que deve ser menor que 0,1, caso contrário deve-se rever os julgamentos com os decisores.

Fonte: GOMES e GOMES (2014) e VINCKE (1992)

Segundo GOMES e GOMES (2014), a função de agregação das preferências ou função de utilidade, transforma os julgamentos dos decisores, a partir de uma escala verbal, para uma escala numérica, em um índice de valor total ou utilidade de uma alternativa, por uma função aditiva de valor.

Segundo VINCKE (1992), resolver um problema de decisão é um processo temporário, durante o qual, a modelagem das preferências está fortemente correlacionada como a informação disponível vai surgindo, sendo importante que o decisor use conceitos na intenção de suportar a forma como se desenvolvem os julgamentos. Estas considerações deram origem aos métodos de ordenação associados à escola francesa.

Do ponto de vista da escola francesa, os métodos mais amplamente divulgados são os ELECTRE – *ELimination and (Et) Choice Translating Reality* (ROY, 1989; ROY E BOUYSSOU, 1993) e PROMÉTHEÉ - *Preference Ranking Organisation Method of Enrichment Evaluation* (ROY e BOUYSSOU, 1993).

Os métodos associados à escola francesa, denominados métodos não compensatórios, têm como objetivo construir uma relação de ordenação que permita a relação de incomparabilidade entre as ações de decisão. O processo de estabelecimento das relações de ordenação permite o suporte ao decisor concluir se uma decisão é preferida em relação a outra, o qual pode deparar-se com uma das quatro situações ao comparar duas alternativas (ROY e BOUYSSOU, 1993):

- Uma alternativa é preferida a outra com preferência forte, também denominada preferência sem hesitação;
- Uma alternativa é preferida a outra com preferência fraca, também denominada preferência com hesitação;
- Uma alternativa é indiferente a outra; e
- Uma alternativa é incomparável à outra.

As abordagens não compensatórias, são ditas de subordinação ou relações *outranking*, onde os procedimentos de agregação são baseados em relações ordinais. Esta abordagem se caracteriza por duas opções fundamentais: a aceitação de situações de incompatibilidade e adoção de um sistema relacional de preferências baseado na subordinação e explicitação de uma regra (teste de subordinação) que permita uma resposta sintética, exaustiva e definitiva ao problema de agregação dos desempenhos (ROY, 1996).

Além disto, geralmente utilizam o conceito de pseudocritério, que significa um limite de tolerância para a passagem de uma situação de preferência a outra, quando duas alternativas são comparáveis, e desta forma melhor definir o limite entre as situações de preferência que recaem no julgamento de um dado problema (GOMES e GOMES, 2014).

A Tabela 11 apresenta os principais métodos descritos na literatura.

Tabela 11 - Principais métodos de apoio a tomada de decisão da escola francesa

MÉTODO	TIPO DE PROBLEMA	UTILIZA PESOS	TIPO DE CRITÉRIO
ELECRTE I	Seleção	Sim	Simples
ELECRTE II	Ordenação	Sim	Simples
ELECRTE III	Ordenação	Sim	Pseudocritério
ELECRTE IV	Ordenação	Não	Pseudocritério
ELECRTE IS	Seleção	Sim	Pseudocritério
ELECRTE TRI	Classificação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE I	Ordenação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE II	Ordenação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE III	Ordenação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE IV	Ordenação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE V	Seleção e ordenação	Sim	Pseudocritério
PROMÉTHÉE VI	Seleção e ordenação	Sim	Pseudocritério

Fonte: Adaptado de GOMES *et al.* (2004)

Os métodos ELECTRE consideram os pesos como uma medida da importância que cada critério tem para o decisor, e não como uma taxa de substituição, a fim de construir coeficientes de concordância e de discordância. O método ELECTRE IV é o único que não se utilizam pesos, pois funciona como uma sequência de relações de superação agrupadas GOMES *et al.* (2004).

O método PROMÉTHÉE (BRANS *et al.* 1984) foi desenvolvido para tratar problemas multicritérios discretos, sendo um dos mais recentes da família dos métodos de superação. As primeiras variantes do método PROMÉTHÉE (I, II, III, IV) foram propostas para solucionar problemas de ordenação, isto é, para dispor as alternativas em ordem de prioridade, com diferentes adaptações desenvolvidas para aplicação ao problema de decisão. O método PROMÉTHÉE V amplia a aplicação do PROMÉTHÉE

II, sendo apropriado para o caso em que se deseja selecionar um subconjunto de alternativas, considerando as restrições existentes no problema, com uso de programação linear (GOMES *et al.* 2004).

Outras variantes do método são o PROMÉTHÉE VI, destinado a problemática de escolha e ordenamento, em situações onde o decisor não consegue estabelecer um valor fixo de peso para cada critério, e o método PROMETHEE - GAIA (*Geometric Analysis for Interactive Aid*), que é um complemento visual do método, auxiliando na análise dos pesos de cada critério sobre as alternativas (CAMPOS, 2011). Para ROY e VANDERPOOTEN (1996), a abordagem construtivista, que caracteriza a Escola Francesa de Multicritério, pode ser descrita segundo dois princípios:

- O principal objetivo do apoio à decisão é construir ou criar algo (uma função de valor ou utilidade, uma relação de subordinação vaga, a convicção que uma certa ação é melhor) que pela definição, não existe preliminarmente;
- Os esforços dos pesquisadores são orientados por axiomas e procedimentos, os quais são aplicados da seguinte forma:
 - Extrair e elaborar, a partir de informações disponíveis, o que parece realmente significativo; e
 - Auxiliar a orientação do comportamento do decisor, apresentando a ele argumentos capazes de enfraquecer ou reforçar suas próprias convicções.

4.4 - Seleção do método de agregação das preferências

GOMES e GOMES (2014), BANA e COSTA (2003) e KEENEY (1992), afirmam que a escolha de um método multicritério em particular em contraposição a outros exige do analista o conhecimento dos métodos disponíveis, e na adequação destes ao problema a resolver. Os autores recomendam considerar os seguintes aspectos para realizar a escolha:

- A natureza do problema a ser resolvido: como apresentar o problema, de que forma organizar todos os elementos primários de avaliação e apresentar o modelo aos intervenientes são as questões que dominam o pensamento do facilitador nesta fase;
- As possíveis formas de levantamento de dados: da escolha efetuada resulta o conjunto de dados que será necessário recolher, dado que diferentes métodos têm diferentes requisitos de informação. Os dados serão frequentemente de natureza subjetiva, obtidos por meio de questionamento aos decisores;

- A estrutura de relacionamento entre os objetivos do problema: passa pela caracterização da situação problemática em questão, pela identificação e geração de diferentes tipos de elementos primários de avaliação e pelo estabelecimento das relações estruturais entre eles; e
- O tipo de comunicação que se espera entre o analista e o decisor, durante as etapas de análise de decisão: avaliar a necessidade de reuniões presenciais com os especialistas.

BANA e COSTA (2003) declara que um método de apoio multicritério a decisão deve estar adequado com a situação problemática real, e acrescenta que não há uma maneira ótima de conduzir todas as atividades de apoio à decisão, e sim, uma maneira mais adequada para levar à frente o processo de apoio à decisão de um problema particular.

O trabalho apresenta a Análise Hierárquica de Processo (AHP) como método de apoio multicritério a decisão a ser empregado no seu desenvolvimento, por ser aquele que melhor se adapta a realidade do problema.

Em especial devido a facilidade e objetividade do seu uso, baseado em uma estrutura hierárquica de decisão simples e objetiva, com escala de valores e regra de avaliação da inconsistência do julgamento padronizadas como parte do método, conforme apresentado em destaque na Tabela 10.

A sua estrutura mais simples e objetiva é melhor ajustável a dificuldade de acesso e indisponibilidade de tempo dos decisores. Em contrapartida ao método da escola francesa, que exige envolvimento dos decisores do processo de uma forma mais participativa, discutindo e desenvolvendo as alternativas, o que o torna mais lento e de difícil execução frente aos decisores. SAATY *et al.* (2007) destacam a simplicidade e facilidade de comunicação do AHP com os seus usuários, como critério na seleção do método.

Possui uma estrutura axiomática lógica e transparente que permite ao decisor a obtenção de um valor único proveniente da síntese de seus julgamentos para cada alternativa. GOMES e GOMES (2014) comentam que o AHP possibilita aos decisores medir a importância relativa dos julgamentos e preferências, empregando uma lógica de compensação entre os critérios, de modo a se obter uma função de síntese que agregue todos os critérios numa única função.

GOMES *et al.* (2004) e GOMES e GOMES (2014) reiteram que a existência de uma hierarquia de decisão é o principal ponto de vantagem do método AHP. Acrescentam

que esta é uma maneira conveniente de decompor em passos um problema complexo, na busca de explicitação de causa e efeito, formando-se uma cadeia linear, de forma simples e funcional, cuja modelagem matemática é menos complexa. São fundamentados por axiomas rigorosos e corretos do ponto de vista científico.

Neste sentido, e considerando ainda que a hierarquização da informação e a tomada de decisão devem demonstrar um elevado grau de consistência interna, evitando as naturais contradições e inconsistências que podem derivar de juízos subjetivos, a metodologia desenvolveu um refinamento estatístico de testes de consistência face à obtenção de resultados (SAATY, 1990).

Neste âmbito, CRAVEIRO *et al.* (2012) destacam a metodologia AHP quanto a sua proposta inovadora face a procedimentos convencionais para a organização da informação, e ainda destaca o método perante aos julgamentos para a hierarquização de dimensões de análise e de indicadores. A inovação não reside apenas no desenvolvimento de testes de consistência interna por sobre o juízo dos especialistas, mas no confronto emparelhado das importâncias relativas das dimensões de análise e respectivos indicadores, reduzindo assim, por etapas sucessivas de comparação e ponderação, a influência da subjetividade na obtenção de resultados.

4.5 – Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foi desenvolvido a fundamentação teórica do processo de decisão e dos aspectos que caracterizam problemas complexos. A partir deste entendimento o trabalho apresentou o Apoio Multicritério à Decisão como metodologia aplicável a problemas deste tipo e aprofundou conceitos do método, que foram utilizados ao longo do trabalho. Por fim, destaca a seleção do método AHP, a ser empregado no desenvolvimento do trabalho, e apresenta as justificativas da escolha.

O Capítulo 5 detalha o método AHP, a fim de proporcionar uma compreensão dos seus elementos fundamentais, constituídos por: atributos, correlação binária, escala fundamental e hierarquia. Por fim, é apresentado a modelagem e a análise de consistência do método como parte do entendimento necessário para a sua aplicação.

5 - ANÁLISE HIERÁRQUICA DE PROCESSO (AHP)

Um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das decisões multicritério, foi a Análise Hierárquica de Processo (AHP), inicialmente desenvolvido para a seleção e confronto entre opções estratégicas no domínio das empresas ou da economia. Proposto por Thomas Saaty, na década de 70, a metodologia parte do princípio de que os processos de hierarquização de informação e a tomada de decisão não podem dispensar, em alguma medida, premissas subjetivas de análise (GOMES *et al.*, 2004).

Segundo GOMES *et al.* (2004), os elementos fundamentais do método AHP são: atributos e prioridades, correlação binária, escala fundamental e hierarquia. Tais elementos são descritos a seguir:

- Atributos e propriedades: um conjunto finito de alternativas é comparado em função de um conjunto finito de propriedades;
- Correlação binária: ao serem comparados dois elementos baseados em uma determinada propriedade, realiza-se uma comparação binária, na qual um elemento pode ser preferível ou indiferente a outro;
- Escala fundamental: a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre os outros elementos, que será lido em uma escala numérica de números positivos e reais; e
- Hierarquia: um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferências e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

5.1 - Construção de hierarquias

O analista deve efetuar a estruturação do problema em estudo, combinando os critérios e alternativas segundo os diversos níveis hierárquicos necessários, para que se obtenha uma representação mais fiel possível do problema. O início da hierarquia representa um critério de síntese ou objetivo global, enquanto nos níveis sucessivamente inferiores colocam-se os critérios que apresentam algum impacto no critério do nível superior (GOMES *et al.*, 2004).

Segundo SAATY (1980), a vantagem básica da hierarquia é que se pode procurar o entendimento de seus níveis mais altos a partir de interações entre os vários níveis da hierarquia, ao invés de diretamente entre os elementos dos níveis. Os níveis mais baixos da hierarquia contêm atributos que contribuem para a qualidade da decisão. Os detalhes destes atributos aumentam à medida que os níveis vão descendo. No último nível

encontram-se as alternativas ou escolhas selecionadas. A Figura 11 apresenta os níveis de hierarquia do AHP.

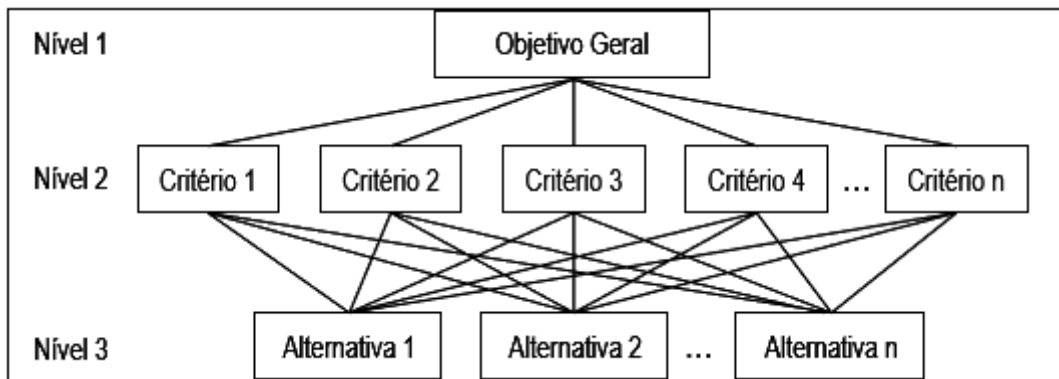


Figura 11 – Níveis de hierarquia do AHP

Fonte: WOLF (2008)

SAATY (1990) comenta que essa estruturação deve ser cuidadosa, pois os critérios aplicados a cada nível devem obedecer aos axiomas que fundamentam o método, ou seja, reciprocidade, homogeneidade, dependência e expectativa, que são detalhados a seguir.

- Reciprocidade: dada quaisquer duas alternativas (A_i, A_j) , a intensidade de preferência de A_i sobre A_j é inversamente relacionado a intensidade de preferência de A_j sobre A_i . Este axioma deriva da ideia intuitiva de que se A é cinco vezes mais importante do que B , então B é um quinto da importância de A ;
- Homogeneidade: estabelece que indivíduos são unicamente capazes de expressar significantes intensidades de preferências se os elementos são comparáveis. Os critérios de um determinado nível hierárquico devem apresentar o mesmo grau de importância relativa dentro do seu nível;
- Dependência: este terceiro axioma trata com a habilidade de fazer comparações em uma estrutura hierárquica. Seja H uma hierarquia com níveis L_1, L_2, \dots, L_k , onde para cada $L_k, k = 1, 2, \dots, L_k$ é dependente externo de $L_k + 1$.
- Expectativa: a principal proposta deste axioma é tratar com as questões relacionadas com a adição de novas alternativas, ou quando alternativas são

removidas. Assim, todas as expectativas têm que ser representadas, ou excluídas, em termos de critério e alternativas na estrutura.

5.2 - Escala de valor

Para julgar cada uma das importâncias relativas previstas, o AHP adota uma escala proposta por Saaty, em 1980, denominada escala fundamental de Saaty, para padronização dos julgamentos de valor emitidos pelos decisores (SAATY, 1990).

SAATY (1980) introduziu na escala fundamental do método AHP, o conceito desenvolvido por MILLER (1956) sobre estudos em relação ao tema estímulos e respostas, o qual comenta que apesar dos estímulos seguirem uma escala geométrica, a percepção destes pelo indivíduo obedece a uma escala linear. Utilizou ainda a percepção do limite psicológico para a definição da escala fundamental, segundo o qual o ser humano pode no máximo julgar 7 ± 2 pontos, ou seja, nove pontos no máximo para distinguir estas diferenças. A Tabela 12 apresenta a escala fundamental de Saaty.

Tabela 12 - Escala Fundamental de Saaty

Nível de preferência	Valor numérico
Igualmente preferível	1
Moderadamente preferível	3
Fortemente preferível	5
Muito fortemente preferível	7
Extremamente preferível	9
Valores importantes intermediários	2, 4, 6, 8

Fonte: SAATY (1980)

Usualmente aplica-se questionários para facilitar o entendimento da escala fundamental no uso do método AHP, para depois efetuar-se a modelagem dos dados com as matrizes. SATO (2005) disponibiliza um modelo de questionário onde o tomador de decisão visualiza os elementos que está comparando. A Figura 12, demonstra uma adaptação do questionário, onde é realizado a comparação entre alternativas. Posteriormente as marcações são transformadas nos valores da escala de Saaty. Neste contexto, a posição do meio é atribuída o valor 1, para a esquerda, varia de 1/3 a 1/9, e para a direita varia de 3 a 9.

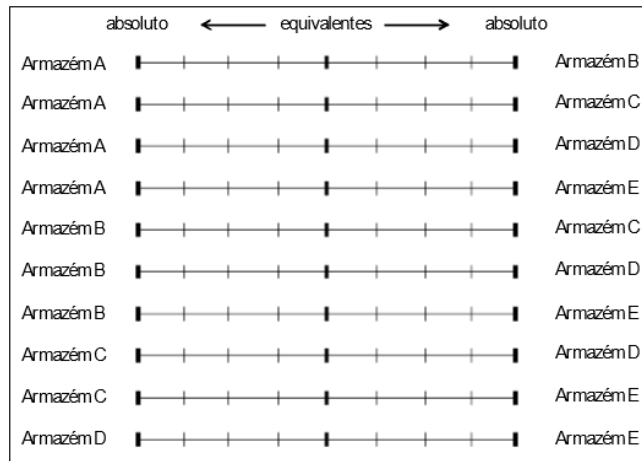


Figura 12 – Questionário de Sato

Fonte: SATO (2005)

O estudo do processo de decisão pelo método AHP pode ser dividido em estruturação hierárquica do problema de decisão e modelagem do método propriamente dito.

5.3 - Modelagem do método

Segundo GOMES *et al.* (2004), considerando-se os critérios E_i, E_j, \dots, E_n , que contribuem para consecução de um dado objetivo, a metodologia se fundamenta em uma comparação de importância relativa entre os pares de critérios, sempre atribuindo maior peso ao critério que é classificado mais importante hierarquicamente.

Para cada nível da hierarquia é realizada uma comparação de todos os critérios aos pares, à luz de cada um dos elementos ligados a camada superior da hierarquia, em seguida são comparadas os subcritérios e as alternativas, gerando matrizes específicas e uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao finalizar o método.

Enquanto no primeiro nível se comparam os critérios entre si uma só vez, por haver só um elemento no nível imediatamente acima, descendo um nível, compara-se analogamente cada alternativa com todas as outras, em relação a cada critério. Em problemas maiores pode haver vários níveis de critérios, subcritérios e assim por diante. Nestes casos as comparações são feitas da mesma maneira, sempre em relação ao nível acima, até que se chegue à comparação das alternativas, que estão sempre no nível mais baixo (WOLF, 2008).

GOMES *et al.* (2004) afirmam que as comparações paritárias deverão ser feitas com base em questionamentos aos decisores (especialistas), que seguirão normas preestabelecidas para a atribuição de valores, por meio de uma escala semântica de julgamento. Dessa forma, cada especialista construirá uma matriz de decisão quadrada A para cada um dos critérios e alternativas comparados, representado pela Equação 5.1.

$$A = [a_{ij}]_{n \times n} \quad (5.1)$$

Para formalizar a notação, cada matriz A de julgamento $n \times n$, relacionando i com as linhas e j com as colunas, com i e $j = 1, 2, \dots, n$.

Onde a_{ij} representa a importância relativa ou valor da alternativa E_i em relação a alternativa E_j , de modo que $a_{ij} > 1$ se, E_i for mais importante que E_j , sendo n o número de elementos do nível analisado.

Essas matrizes são denominadas quadradas pois as alternativas são comparadas par a par. Outra característica importante sobre as matrizes é a dominância, que representa o número de vezes que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais. A matriz dominante também é conhecida como matriz de decisão.

Esses resultados representam valores numéricos das atribuições verbais dadas pelo decisor a cada comparação. Os resultados parciais de A , dentro de cada alternativa denominam-se $v_i(a_j), j = 1 \dots n$, que significa o valor de impacto da alternativa j em relação à alternativa i . Onde n corresponde ao número de alternativas ou elementos comparados.

Esse procedimento dá origem a várias matrizes de comparação. Nestes casos as comparações são feitas da mesma maneira, sempre em relação ao nível acima, até que se chegue à comparação das alternativas, que estão sempre no nível mais baixo. Cada comparação, com valores atribuídos a todos os pares, gera uma matriz de avaliação $n \times n$ (WOLF, 2008), conforme matriz representada na Figura 13.

$$\begin{array}{ccc} & E_i & E_j & E_n \\ \begin{array}{l} E_i \\ E_j \\ E_n \end{array} & \begin{bmatrix} 1 & a_1 & a_2 \\ 1/a_1 & 1 & a_3 \\ 1/a_2 & 1/a_3 & 1 \end{bmatrix} & & \end{array}$$

Figura 13 – Exemplo de matriz de comparação paritária das alternativas

Fonte: Adaptado de WOLF (2008)

5.4 - Metodologias para obtenção do vetor prioridade

Após a modelagem deve-se normalizar a matriz. POMEROL e BARBA-ROMERO (2000) apresentam quatro principais métodos de normalização, que estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 - Principais métodos do vetor normalização

	Procedimento 1	Procedimento 2	Procedimento 3	Procedimento 4
Definições	$v_i = a_i / \max a_i$	$v_i = \frac{a_i - \min. a_i}{\max. a_i - \min. a_i}$	$v_i = \frac{a_i}{\sum_i a_i}$	$v_i = \frac{a_i}{(\sum_i a_i^2)^{1/2}}$
Vetor Normalizado	$0 < v_i \leq 1$	$0 \leq v_i \leq 1$	$0 < v_i < 1$	$0 < v_i < 1$
Módulo v	Variável	Variável	Variável	1
Conservação da proporcionalidade	Sim	Não	Sim	Sim
Interpretação	% do máx a_i	% do range $\max. a_i - \min. a_i$	% do total $\sum_i a_i$	i – <i>nésimo</i> componente do vetor unitário

Fonte: POMEROL e BARBA-ROMERO (2000)

O terceiro procedimento é especialmente usado no método AHP. Ele oferece as mesmas vantagens do primeiro procedimento, fornecendo valores menores e mais concentrados. O vetor normalizado é obtido dividindo-se cada um dos resultados denominados $v_i(a_j), j = 1 \dots n$, pelo somatório da respectiva coluna. Segundo POMEROL e BARBA-ROMERO (2000) e GOMES *et al.* (2004) este é o procedimento mais utilizado para normalização, pois é simples de interpretar e respeita a regra proporcionalidade da matriz.

Os resultados normalizados estão representados por meio da Equação 5.2.

$$\sum_{i=1}^n v_i(A_j) = 1 \quad j = 1, \dots, n \quad (5.2)$$

A Equação 5.3 apresenta cada parte desse somatório, que consiste em:

$$v_i(A_j) = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad j = 1, \dots, n \quad (5.3)$$

O vetor prioridade da alternativa i em relação a cada critério, denominado C_k , é obtido por meio da média aritmética dos resultados normalizados de cada comparação pelo número de comparações efetuadas, e são expressados pela Equação 5.4.

$$v(A_i) = \sum_{j=1}^n v_i(A_j) / n \quad i = 1, \dots, n \quad (5.4)$$

Na sequência, depois de obter o vetor prioridade ou de impacto das alternativas, sob cada critério C_k , continua-se com o cálculo do vetor prioridade a nível de critérios. Nesse caso, após a modelagem por meio da avaliação par a par dos critérios, os resultados são normalizados por meio da Equação 5.5.

$$\sum_{i=1}^m w_i(C_j) = 1 \quad j = 1, \dots, m \quad (5.5)$$

Onde $w_i(C_j), j = 1 \dots m$, significa o valor de impacto do critério j em relação ao critério i , e m corresponde ao número de critérios de um mesmo nível comparado.

O vetor prioridade do critério j , obtido por meio da média aritmética dos resultados normalizados de cada comparação pelo número de comparações efetuada, é expressado pela Equação 5.6.

$$w(C_i) = \sum_{j=1}^m w_i \frac{(C_j)}{m} \quad i = 1, \dots, m \quad (5.6)$$

A Equação 5.7 demonstra a função aditiva, para gerar os valores finais das alternativas e obter uma ordenação global.

$$(5.7)$$

$$\int (A_j) = \sum_{i=1}^m w(C_i)v_i(A_j) \quad j = 1, \dots, n$$

Desta maneira, obtém-se uma ordenação global por meio de uma função global de valor.

5.5 - Medida de inconsistência

Mesmo que se imagine que só a lógica ou o pensamento científico devam ser usados numa decisão, na prática a opinião diante da solução de problemas ou tomada de decisões envolve muito mais intuição e outras características emocionais do que propriamente a lógica (WOLF, 2008).

Como consequência desta característica humana e da incapacidade de enxergar todos os detalhes de uma decisão complexa de forma holística no momento das comparações, assume-se algum grau de inconsistência nos julgamentos (WOLF, 2008).

Em relação à medida da inconsistência, a matriz A , formada com valores a_{ij} obtidos da comparação par a par é recíproca tal que, $a_{ji} = 1/a_{ij}$, na qual, se os juízos fossem perfeitos, em todas as comparações seria possível verificar que $a_{ji}a_{jk} = a_{ik}$ para qualquer i, j, k . Portanto, segundo esse procedimento, a matriz A seria consistente (GOMES *et al.*, 2004).

O vetor prioridade deve satisfazer a relação $Ax = cx$, onde $c > 0$ e constante, para satisfazer essa relação. Para satisfazer a esta relação, o vetor deve ser um múltiplo positivo do autovetor principal de A , e c deve ser o autovalor máximo de A (Saaty, 2003). Na teoria, a utilização da representação $Ax = cx$ significa a representação de matrizes quase consistentes. Por uma matriz quase consistente entende-se uma matriz $A = (a_{ij})$ que é uma pequena perturbação de uma matriz consistente $W = (w_i/w_j)$, e tem um autovetor x , que é uma pequena perturbação do autovetor w da matriz consistente (SAATY, 2003). WOLF (2008), comenta que é usual a relação $Ax = cx$ do cálculo do autovetor e do autovalor ser representada por $A_w = \lambda_{max}w$, sendo A a matriz de valores e w o vetor de prioridades, demonstrada pela Equação 5.8 para obtenção o autovetor:

$$\lambda_{max} = 1/n \sum_{i=1}^n w_i \frac{A_{wi}}{w_i} \quad (5.8)$$

Onde λ_{max} é o autovalor máximo correspondente.

Se, caso os juízos emitidos pelos decisores forem perfeitamente consistentes, têm-se λ_{max} (autovetor) = n e $a_{ij} = w_i/w_j$, e nesse caso λ_{max} se iguala à n , onde n é a ordem da matriz, ou ainda o número de alternativas). O desvio de λ_{max} em relação à n é então o que possibilita calcular a razão de inconsistência dos julgamentos, onde quanto mais próximo, maior a consistência (SAATY, 2003).

5.6 - Análise de Consistência

SAATY (1980) observou que pequenas variações em a_{ij} implicam pequenas variações em λ_{max} , em que o desvio do autovetor em relação à n , é considerado uma consistência. Como resultado, concluiu que λ_{max} permite avaliar a proximidade da escala desenvolvida por Saaty com a escala de razões ou quocientes que seria usada se a matriz A fosse totalmente consistente.

SAATY (1980) propõe para o cálculo do Índice de Consistência (IC), a avaliação do grau de inconsistência da matriz de julgamentos paritários, pela Equação 5.9.

$$IC = (\lambda_{max} - n)/(n - 1), \text{ onde } n \text{ é a ordem da matriz.} \quad (5.9)$$

A matriz será consistente se o IC tiver um valor menor do que 0,1, porém SAATY (1990) destaca que a inconsistência possa ser inerente ao comportamento humano. A razão de consistência *por* Saaty é obtida pela Equação 5.10 (GOMES *et al.*, 2004):

$$RC = IC/IR \quad (5.10)$$

Onde IR é um índice aleatório, calculado para matrizes quadradas de ordem n . Este índice varia de acordo com a ordem da matriz desejada (número de alternativas). Alguns valores são demonstrados na Tabela 14 (GOMES *et al.*, 2004).

Tabela 14 - Índices de inconsistência aleatória para até sete alternativas

N	2	3	4	5	6	7
IR	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32

Fonte: SAATY (1980)

Quanto maior for o RC maior será a inconsistência, sendo considerada aceitável para um valor menor ou igual a 0,10 (GOMES *et al.*, 2004). Se o índice de consistência excede 0,10 os julgamentos não são confiáveis e o teste não é válido (SAATY, 1980).

5.7 – Considerações finais do capítulo

Neste capítulo o método AHP foi apresentado e aprofundado em cada um de seus elementos principais a fim de proporcionar entendimento necessário para a sua aplicação.

Apresentou a matriz de decisão quadrada A , como resultado das comparações paritárias que cada especialista efetuou para cada um dos critérios e alternativas, e a seguir desenvolveu a metodologia para a obtenção do vetor prioridade e aplicação da análise de consistência.

O Capítulo 6 apresenta a metodologia de apoio multicritério à decisão, descrito na Figura 10. A partir deste entendimento, aplica o método frente ao problema de pesquisa apresentado no Capítulo 1.

6 - APLICAÇÃO DO MÉTODO

A sequência de atividades utilizadas na metodologia desenvolvidas neste trabalho baseou-se nas fases para o processo de apoio multicritério à decisão descritas por GOODWIN e WRIGHT (2004) e MONTIBELLER e FRANCO (2007), e representadas na Figura 10.

Como parte do desenvolvimento foram realizados levantamentos bibliográficos e pesquisa de campo, com o objetivo de proporcionar maior entendimento dos conceitos acerca do problema. Como resultado, foi possível conhecer uma seleção de métodos de apoio multicritério à decisão, e entendimento teórico para o desenvolvimento das demais etapas.

A pesquisa de campo foi orientada pelas informações obtidas da pesquisa bibliográfica, e teve como finalidade ratificar as variáveis de decisão (critérios e alternativas) que deveriam ser usadas na aplicação proposta. Foi possível identificar as variáveis a serem consideradas na escolha do modo de transporte de vacinas importadas para o mercado brasileiro, a partir dos laboratórios públicos nacionais dos laboratórios privados transnacionais.

Após todo o entendimento teórico foi possível eleger o método AHP para o desenvolvimento da pesquisa, a fim de conhecer as preferências dos especialistas que atuam em diferentes seguimentos da cadeia de frio farmacêutica. A justificativa para a seleção do método AHP encontra-se na seção 4.4.

Com a definição das premissas exigidas pelo AHP, foi possível estabelecer o objetivo a ser atingido e variáveis de decisão (critérios e alternativas), utilizados para a construção da árvore de decisão. Nesta fase participaram especialistas da cadeia de frio farmacêutica por meio de reuniões e entrevistas.

6.1 - Universo da pesquisa e amostra

O universo da pesquisa ou população é a totalidade de indivíduos que possuem características comuns definidas para um determinado estudo (SILVA e MENEZES, 2001). Neste trabalho, o universo objeto da pesquisa refere-se aos especialistas envolvidos na cadeia de frio farmacêutica. São profissionais de laboratórios públicos nacionais, privados transnacionais, e Ministério da Saúde, com responsabilidade sobre gestão da cadeia de frio de vacinas.

A parte do universo ou população que, selecionada de acordo com base em regras definidas, está envolvida diretamente no desenvolvimento da pesquisa é definida como

amostra, podendo ser classificada como probabilística e não-probabilística (SILVA e MENEZES, 2001). A amostra definida para este trabalho refere-se aos especialistas que participaram respondendo o questionário com as avaliações par a par do problema de pesquisa apresentado.

A amostra selecionada tem um perfil não probabilístico, pelo fato da metodologia recorrer aos especialistas para avaliação e julgamento das preferências dos critérios e alternativas apresentados.

As etapas da metodologia elencadas foram aplicadas em conjunto aos tomadores de decisão no universo identificado, representados na Tabela 15.

Tabela 15 - Amostra - tomadores de decisão

Decisor	Segmento de Atuação	Origem	Atuação
1	Público	Laboratório X ⁽¹⁾	Produção e importação
2	Público	Laboratório X	Produção e importação
3	Público	Laboratório X	Produção e importação
4	Público	Ministério da Saúde	Armazenagem e distribuição
5	Público	Ministério da Saúde	Armazenagem e distribuição
6	Público	Ministério da Saúde	Armazenagem e distribuição
7	Público	Ministério da Saúde	Armazenagem e distribuição
8	Privado	Laboratório Y ⁽¹⁾	Produção, importação, armazenagem e distribuição
9	Privado	Laboratório Y	Produção, importação, armazenagem e distribuição
10	Privado	Laboratório Y	Produção, importação, armazenagem e distribuição
11	Privado	Laboratório Y	Produção, importação, armazenagem e distribuição
12	Privado	Laboratório W ⁽¹⁾	Produção, importação, armazenagem e distribuição
13	Privado	Laboratório Z ⁽¹⁾	Produção, importação, armazenagem e distribuição
14	Privado	Laboratório Z	Produção, importação, armazenagem e distribuição

Nota: (1) Os nomes dos laboratórios não foram informados por questões de confidencialidade.

Fonte: elaboração própria

Para o desenvolvimento inicial da metodologia, caracterizado pelas etapas 1 (entendimento do problema), 2 (definição dos objetivos) e 3 (identificação dos critérios e alternativas relevantes para o problema de decisão), foi utilizada parte da amostra trabalhada ao longo da metodologia, devido à dificuldade de identificação e cooptação dos recursos. Nesta etapa, contribuíram na discussão do problema apresentado os decisores 1, 5, 6, 7 e 9.

Em seguida, estão apresentados os resultados obtidos em cada uma das etapas consideradas para o estudo.

6.2 - Entendimento do problema (Etapa 1)

Foram realizadas reuniões e entrevistas com os tomadores de decisão, de forma individualizada com base na origem destes decisores, com o propósito de discutir mais detalhes quanto ao problema apresentado, relacionado ao modo de transporte e forma de acondicionamento para a importação de vacinas ao mercado brasileiro.

Adicional ao problema de pesquisa, foi abordado o paradigma da cadeia de frio farmacêutica, conforme destacado por CARVALHO JR e MACEDO (2010), que relata a importância do nível de serviço no transporte, com práticas que assegurem a preservação da qualidade e eficácia do produto, a um menor custo possível, para permitir uma discussão dos especialistas sobre o modo de transporte da rede de suprimentos para importação de vacinas.

Como resultado destas entrevistas, foram detectados como principais preocupações dos especialistas as seguintes premissas: conservação do frio, tempo de deslocamento, custo, validação da solução e manipulação da carga em trânsito.

Nesta etapa pode-se destacar a preocupação dos decisores com aspectos distintos, que para efeito de classificação e desenvolvimento deste trabalho, denomina-se como critérios: 1) aspectos operacionais do transporte; e 2) aspectos específicos da cadeia de frio.

6.3 - Definição dos objetivos (Etapa 2)

Com base na pesquisa bibliográfica efetuada, foi possível identificar e relacionar critérios referentes ao gerenciamento do transporte e gerenciamento da cadeia de frio, representados na Tabela 16. Apresentados e discutidos com os decisores, por meio da técnica *brainstorming*, pode-se obter uma consolidação dos critérios relevantes para o

processo de avaliação do modo de transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro, caracterizado como objetivo principal do problema de pesquisa.

A técnica *brainstorming* facilita os analistas e decisores no estudo e estruturação dos problemas. É aplicada para melhor entendimento do universo de uma situação por meio da coleta de opiniões, informações e sugestões dos participantes, identificando problemas existentes e encontrando soluções criativas para o problema identificado (GOMES e GOMES, 2014).

Nesta etapa foi possível identificar a maior atenção dos decisores em relação aos critérios associados a nível de serviço, sendo mais representativos em quantidade que os associados a custos na seleção final. BOWERSOX *et al.* (2014) afirmam que qualquer nível de serviço logístico pode ser realizado se uma empresa estiver disposta a aplicar os recursos necessários, a qual deve desenvolver e implementar uma competência logística geral que satisfaça às expectativas dos clientes com um custo total realista. Acrescentam que a administração das compensações entre custo e serviço, exige a adoção de estratégias que permitam estimar o custo operacional necessário para atingir níveis alternativos de serviços.

NOVAES (2001) comenta que no conceito moderno da gestão da cadeia de suprimento, como decorrência da forte competição entre as empresas, passou-se a buscar a redução de custos em todos os níveis de forma sistemática, onde a satisfação destes dois objetivos é considerada como um padrão mínimo adequado para uma empresa atuar no mercado globalizado. Dessa forma, empresas que ainda não conseguiram implantar uma cadeia de suprimento com um nível de serviço adequado, ou apresentam custos acima da prática do seu setor, dificilmente conseguirão atuar de forma integrada e com sucesso na cadeia de suprimento otimizada.

Tabela 16 - Critérios para o gerenciamento do transporte e cadeia de frio farmacêutica apresentados no *brainstorming*

Critério	Conceito	Fonte
Confiabilidade	Definido como a capacidade de entregar o pedido no prazo acordado e de forma constante, sem erros e perdas.	Gunasekapan (2004) e Bowersox <i>et al.</i> (2014).
Tempo	Definido como o tempo médio do percurso de um frete entre a origem e destino, ou decorrido na movimentação.	Ballou (2004); Gunasekapan (2004) e Bowersox <i>et al.</i> (2014).
Disponibilidade	Refere-se a facilidade de prover serviços de transporte aos clientes a qualquer localidade.	Gunasekapan (2004) e Bowersox <i>et al.</i> (2014).
Capacidade	Definida como a possibilidade de um determinado modo de transporte atender a qualquer requerimento relacionado ao tamanho da carga.	Bowersox, 2014.
Custo do transporte	Avaliado em relação ao custo total das variáveis que formam o serviço de transporte: valor cobrado para movimentação de bens, taxas de embarque, seguro e preparação da carga.	Ballou (2004) e Gunasekapan (2004).
Custo total	Considera o custo do transporte e custo dos estoques. Os modos de transporte mais rápidos são preferidos para produtos com uma alta relação valor-peso, para os quais a redução dos estoques é importante, enquanto os modos mais econômicos são preferidos para produtos com uma pequena relação valor-peso, para os quais a redução no custo do transporte é importante.	Chopra e Meindl (2011).
Existência de sistema de rastreamento nas entregas	Este item visa identificar se o prestador de serviço é capaz de permitir um monitoramento do serviço e fornecer informações sobre a entrega das cargas.	Taylor (2001) e Carvalho Jr e Macedo (2010).
Utilização de técnicas de consolidação/fracionamento	São técnicas utilizadas no transporte de carga. A manipulação da carga em pontos intermediários entre a origem e destino infere riscos ao processo que o prestador de serviço deve ser capaz de manter sob controle.	Macedo e Garcia (2007) e Rodriguez <i>et al.</i> (2011).
Observação de regularidade nas entregas	Este item visa identificar se o transportador é capaz de identificar irregularidades que por ventura possam ocorrer durante a prestação do serviço e aplicar ações contingenciais para solucionar os problemas.	Taylor (2001) e Carvalho Jr e Macedo (2010).
Utilização de equipamentos para controle de temperatura	Consiste no uso de instrumentos para o monitoramento da temperatura do compartimento de carga do caminhão durante o trânsito.	Taylor (2001) e Carvalho Jr e Macedo (2010).

Tabela 16 - Critérios para o gerenciamento do transporte e cadeia de frio farmacêutica apresentados no *brainstorming* (continuação)

Critério	Conceito	Fonte
Integridade da cadeia de frio	Consiste em manter a condição refrigerada requerida para o transporte do produto, desde a sua origem até o destino final.	Carvalho Jr e Macedo (2010) e Rodriguez <i>et al.</i> (2011).
Qualificação e validação da solução	Significa a qualificação térmica do veículo refrigerado ou embalagem refrigerada, utilizado no transporte e armazenagem dentro da cadeia de frio.	Taylor (2001); Carvalho Jr e Macedo (2010) e Sofrigan (2013)
Quantidade de produto despachado	Impacta a volumetria da carga a ser despachada e utilização do espaço disponível para transporte.	Sofrigan (2013).
Conhecimento da tolerância aceitável	Esta análise permite o conhecimento da variação aceitável de temperatura dos produtos durante o transporte.	Sofrigan (2013).
Impacto no meio ambiente	Esta análise integra todos os sistemas, todos os materiais e toda a energia aplicada para a solução durante o seu ciclo de vida.	Sofrigan (2013).

Fonte: elaboração própria

6.4 - Identificação dos critérios, subcritérios e alternativas relevantes para o problema de decisão (Etapa 3)

Cabe ressaltar que, cada subcritério e conceito foi apresentado e discutido com os decisores. Buscou-se um entendimento comum, de forma não estruturada nas entrevistas, sobre qual conjunto de subcritérios deveriam ser priorizados em relação ao objetivo geral, relacionado a definição do modo de transporte e forma de acondicionamento para a importação de vacinas ao mercado brasileiro. Com base na preferência dos decisores, a relação consolidada dos subcritérios que melhor atende ao problema de pesquisa está representado na Tabela 17, incluindo um padrão de codificação que será utilizado como referência em outras tabelas.

Os critérios e subcritérios selecionados atendem as propriedades definidas por KEENEY e RAIFA (1976), pois não apresentaram redundância, permitem estruturação hierárquica e análise de forma isolada, permitem que as preferências e suas compensações possam ser claramente elucidadas e apresentam abrangência para o objetivo que se propõe analisar.

Tabela 17 - Critérios e subcritérios definidos para o processo de avaliação do modo de transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro

Código	Critério	Código	Subcritério
C1	Aspectos operacionais do transporte	SC1	Custo do Transporte
		SC2	Custo total
		SC3	Confiabilidade
		SC4	Tempo
		SC5	Disponibilidade
		SC6	Capacidade
C2	Aspectos específicos da cadeia de frio	SC7	Qualificação e validação da solução
		SC8	Utilização de técnicas de consolidação/fracionamento
		SC9	Quantidade de produto despachado
		SC10	Integridade da cadeia de frio

Fonte: elaboração própria

Como parte do *brainstorming* realizado com os especialistas, as discussões buscaram a definição das alternativas para o problema de pesquisa. As definições foram obtidas das discussões a partir dos modelos de rede de suprimento de vacinas ao mercado brasileiro realizado por dois laboratórios privados, caracterizados pelo uso do modo de transporte aéreo combinado com o modo rodoviário, mas com diferentes formas de acondicionamento da carga. Um deles utiliza o conceito de armazenagem passiva, com uso de embalagem térmica para a conservação do frio, enquanto o segundo utiliza o conceito de armazenagem ativa, com uso de contêiner aéreo ou *envirotainer*.

A alternativa referente ao modo marítimo com uso de contêiner refrigerado combinado com rodoviário, baseou-se na operação que um dos laboratórios privados mantêm para suprimento de vacinas, da fábrica localizada na Europa, ao mercado norte americano.

Neste momento, considerou-se as seguintes alternativas para o processo de decisão: 1) modo aéreo com uso de embalagem refrigerada, 2) modo aéreo como uso de contêiner aéreo ou *envirotainer*, 3) modo marítimo com uso de contêiner refrigerado. A Tabela 18 apresenta o padrão de codificação adotado para as alternativas.

Tabela 18 - Padrão de codificação adotado para as alternativas

Código	Alternativa
A1	Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas
A2	Modo aéreo com uso de <i>enviroteiner</i>
A3	Modo marítimo com uso de contêiner <i>reefer</i>

Fonte: elaboração própria

6.5 - Definição do método de modelagem das preferências e avaliação das compensações de valor (Etapa 4)

Baseado nos argumentos descritos na Seção 4.4, o trabalho apresenta a AHP como método de apoio multicritério a decisão a ser empregado no seu desenvolvimento.

6.6 - Avaliação de cada alternativa (Etapa 5)

A partir dos critérios e alternativas selecionados foi elaborado a estrutura hierárquica para o problema de pesquisa, representada na Figura 14. A hierarquia configurada representa uma situação na qual se deseja escolher o modo de transporte para a rede de suprimento de vacinas ao mercado brasileiro.

Nesta fase foi elaborado um questionário para as análises par a par com os especialistas, utilizando a escala verbal de Saaty, com base na estrutura hierárquica apresentada, e disposto no Apêndice 1.

Os questionários foram respondidos por 14 especialistas, sendo todos considerados válidos após a análise de consistência do julgamento dos decisores, apresentando valores abaixo de 0,1 no resultado do vetor prioridade global das alternativas, conforme disposto na Tabela 21.

Os especialistas são profissionais com especialização e atuação na cadeia de frio farmacêutica, provenientes de diferentes setores caracterizado pelos seguintes grupos: laboratório público nacional, laboratório privado transnacional, CENADI - Ministério da Saúde, conforme Tabela 15.

O preenchimento das matrizes pelo tomador de decisão, foi efetuada com o suporte do analista em reuniões presenciais. As avaliações foram transformadas em valores da escala de Saaty e introduzidos como dados de entrada no *software Expert Choice 11* (*Expert Choice, Inc, 1982 – 2004*).

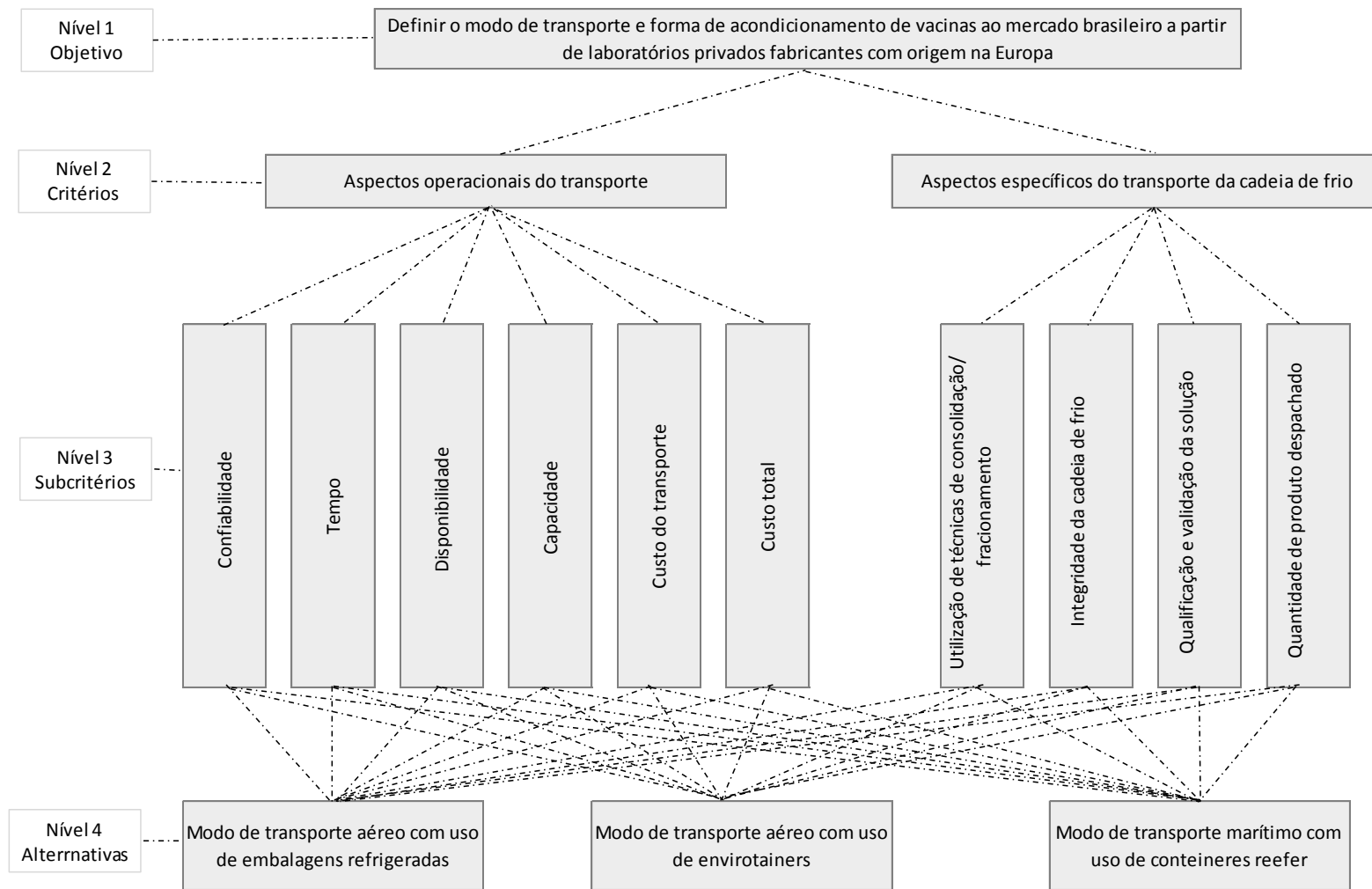


Figura 14 – Estrutura hierárquica do problema de pesquisa
 Fonte: elaboração própria

Os julgamentos realizados pelos diferentes decisores apresentam-se no Capítulo 7, onde serão apresentados e discutidos os resultados.

6.7 - Análise de sensibilidade para validação do modelo e soluções (Etapa 6)

A análise de sensibilidade se inicia abordando as melhorias que cada alternativa deveria ter, em cada indicador, para aumentar o desempenho e ser preferível em relação aos demais. Valores selecionados de variáveis são alterados de forma a observar qual será o comportamento dos resultados do modelo (TAHA, 2008).

A análise de sensibilidade foi realizada de forma a se verificar quais as alterações de peso dado aos subcritérios tornam a alternativa com menor custo em transporte preferível, e desta forma sinalizar quais são os critérios importantes para estabelecimento de um maior nível de confiança e desenvolvimento para o modo de transporte para importação de vacinas ao mercado brasileiro a um menor custo possível.

As análises realizadas, a partir do resultado global dos avaliadores, apresentam-se no Capítulo 7, onde serão apresentados e discutidos os resultados.

6.8 - Fazer uma decisão provisional e recomendações (Etapa 7)

Nesta seção o trabalho apresentará a recomendação da alternativa a ser selecionada, e as avaliações e oportunidades que devem contribuir para sustentar o processo de mudança de decisão, para a alternativa com o menor custo de transporte. As respectivas considerações serão apresentadas no Capítulo 8 do trabalho.

6.9 – Considerações finais do capítulo

Neste capítulo foi desenvolvido a metodologia de apoio multicritério à decisão, aplicado ao problema de pesquisa definido, referente ao transporte de produtos farmacêuticos termossensíveis importados ao mercado brasileiro.

Muitos são os métodos de auxílio multicritério existentes que podem ser aplicadas ao processo de escolha do modo de transporte de produtos termossensíveis ao mercado brasileiro. O método AHP foi escolhido em especial devido a facilidade e objetividade do seu uso, sendo melhor ajustável a dificuldade de acesso e indisponibilidade de tempo dos decisores.

Foi demonstrado a hierarquia de decisão para o problema objeto do trabalho e as avaliações par a par por meio do uso de questionário com base no AHP. O questionário

foi apresentado aos especialistas com um material informativo para esclarecimento dos critérios e metodologia utilizada, o qual teve como objetivo facilitar o entendimento dos especialistas ao problema e proporcionar avaliações com maior consistência.

A modelagem dos dados foi efetuada com uso do *Expert Choice*, tornando as avaliações para a determinação do vetor prioridade global e análise de sensibilidade para a validação dos julgamentos, simples e imediatas.

O Capítulo 7 apresenta os resultados e discussões para demonstrar que o objetivo definido no problema de pesquisa foi atendido.

7 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

O Apêndice II apresenta as matrizes de decisão por especialista como resultado das comparações par a par efetuadas. Com isso, os julgamentos realizados pelos diferentes decisores apresentam-se normalizados nas Tabelas 19, 20 e 21.

A Tabela 19 dispõe o resultado do vetor prioridade de cada subcritério avaliado sob o aspecto operacional do transporte.

Tabela 19 - Vetor prioridade dos subcritérios sob o aspecto operacional do transporte

Decisores	Subcritérios					
	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6
1	0,029	0,068	0,399	0,319	0,148	0,038
2	0,060	0,042	0,218	0,112	0,538	0,03
3	0,020	0,049	0,316	0,204	0,185	0,226
4	0,029	0,046	0,332	0,353	0,132	0,108
5	0,020	0,039	0,493	0,252	0,100	0,095
6	0,026	0,048	0,336	0,405	0,102	0,082
7	0,038	0,07	0,292	0,463	0,051	0,086
8	0,016	0,034	0,567	0,25	0,082	0,051
9	0,041	0,076	0,329	0,142	0,156	0,256
10	0,038	0,082	0,478	0,261	0,123	0,018
11	0,036	0,07	0,412	0,165	0,165	0,151
12	0,029	0,053	0,391	0,134	0,209	0,184
13	0,063	0,063	0,273	0,333	0,224	0,043
14	0,053	0,119	0,485	0,186	0,131	0,026

Fonte: elaboração própria

Os resultados obtidos demonstram que o subcritério SC3 (confiabilidade) teve maior preferência dos decisores 1, 3, 5, 8, 9, 10, 11, 12 e 14, que significa uma maior representatividade na preferência global dos decisores, englobando a preferência dos

especialistas de ambos os grupos avaliados, representados pelos segmentos de empresas públicas e privadas.

Seguiu-se o subcritério SC4 (tempo), com 4 eventos representados pela preferência dos decisores 4, 5, 6 e 13, com maior concentração de decisores no grupo representado pelo segmento público. A Figura 15 apresenta os resultados discutidos de forma gráfica.

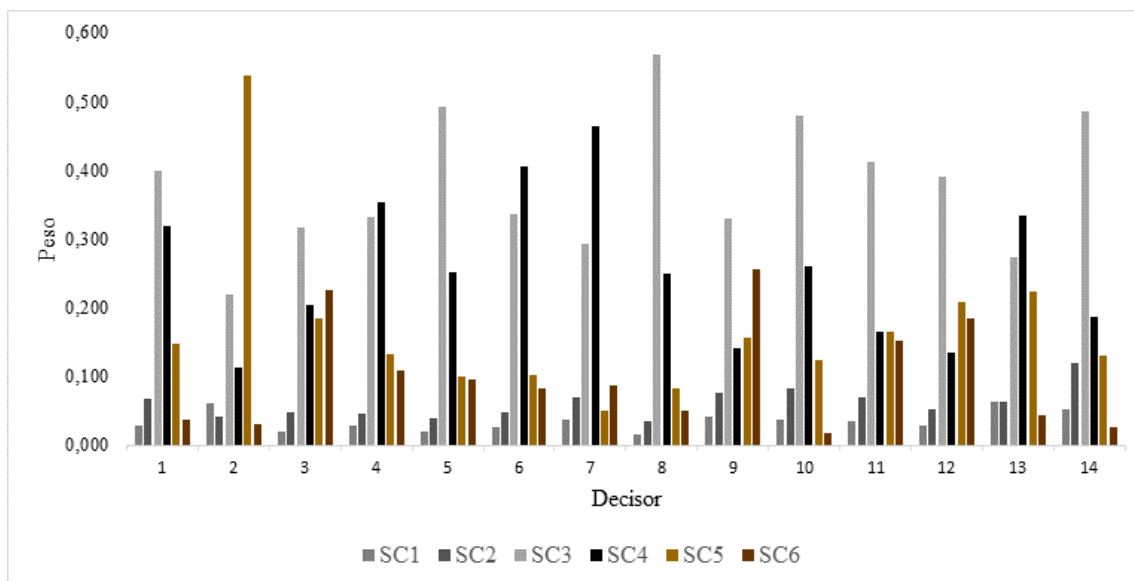


Figura 15 - Vetor prioridade dos subcritérios referentes a aspectos operacionais do transporte

Fonte: elaboração própria

A Tabela 20 dispõe o resultado do vetor prioridade de cada subcritério avaliado sob o aspecto específico da cadeia de frio.

Os resultados obtidos demonstram que o subcritério SC10 (integridade da cadeia de frio) teve maior preferência dos decisores 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13 e 14, que significa uma maior representatividade na preferência global dos decisores, englobando a preferência dos especialistas de ambos os grupos avaliados, representados pelos segmentos de empresas públicas e privadas.

Seguiu-se o subcritério SC7 (qualificação e validação da solução) com 3 eventos representados pela preferência dos decisores 1, 3 e 7, com maior concentração de decisores no grupo representado pelo segmento público.

Tabela 20 - Vetor prioridade de cada subcritério avaliado sob o aspecto específico da cadeia de frio.

Decisores	Subcritérios			
	SC7	SC8	SC9	SC10
1	0,487	0,114	0,038	0,361
2	0,483	0,064	0,072	0,380
3	0,200	0,200	0,200	0,400
4	0,204	0,07	0,074	0,652
5	0,052	0,210	0,210	0,528
6	0,406	0,044	0,082	0,467
7	0,564	0,052	0,055	0,329
8	0,250	0,250	0,250	0,250
9	0,132	0,447	0,038	0,383
10	0,215	0,215	0,039	0,531
11	0,324	0,056	0,049	0,571
12	0,060	0,060	0,140	0,740
13	0,360	0,120	0,106	0,413
14	0,267	0,127	0,040	0,566

Fonte: elaboração própria

A Figura 16 apresenta os resultados discutidos de forma gráfica.

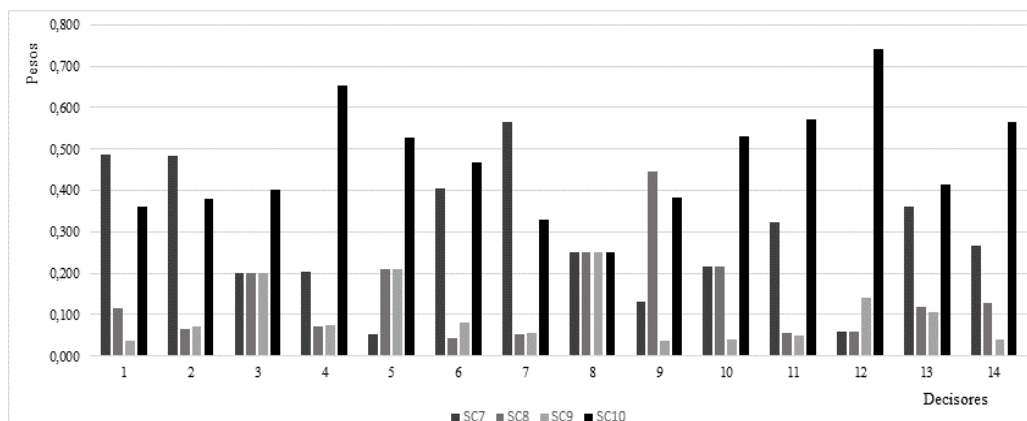


Figura 16 - Vetor prioridade dos subcritérios referentes a específicos da cadeia de frio

Fonte: elaboração própria

A Tabela 21 dispõe o resultado do vetor prioridade global das alternativas e o valor de inconsistência do julgamento dos decisores.

Tabela 21 - Vetor prioridade global das alternativas

Decisores	Subcritérios			
	A1	A2	A3	RC
1	0,311	0,449	0,24	0,08
2	0,421	0,363	0,215	0,05
3	0,320	0,625	0,056	0,09
4	0,399	0,505	0,096	0,04
5	0,357	0,578	0,064	0,08
6	0,401	0,534	0,064	0,09
7	0,519	0,416	0,065	0,05
8	0,810	0,099	0,091	0,04
9	0,178	0,422	0,400	0,08
10	0,634	0,280	0,086	0,07
11	0,344	0,592	0,064	0,07
12	0,309	0,634	0,058	0,08
13	0,487	0,407	0,106	0,07
14	0,278	0,651	0,071	0,09

Fonte: elaboração própria

O resultado combinado das matrizes de decisão, com base nos pesos estabelecidos pelos especialistas, corresponde a alternativa A2 (modo aéreo com uso de enviroteiner), e apresenta-se representado na Figura 17.

Overall Inconsistency = .01



Figura 17 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas

Fonte: elaboração própria

Analisados individualmente, os resultados obtidos demonstram que a alternativa A2 (modo aéreo com uso de *enviroteiner*) teve maior peso global após os julgamentos dos decisores 1, 3, 4, 5, 6, 9, 11, 12 e 14. Seguiu-se a alternativa A1 (modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas) com 5 eventos representados pela preferência dos decisores 2, 7, 8, 10 e 13. A Figura 18 apresenta os resultados discutidos da Tabela 20 de forma gráfica.

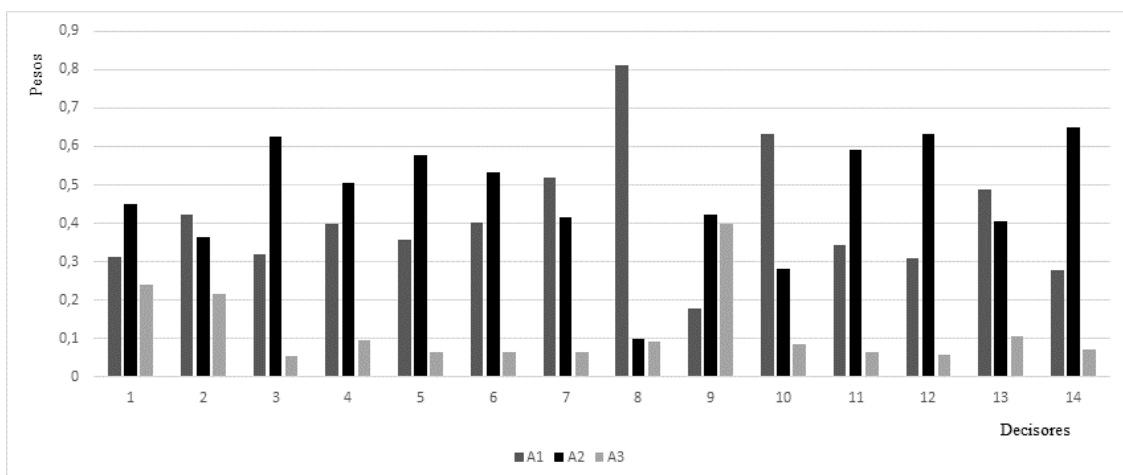


Figura 18 – Vetor de prioridade global das alternativas por decisor

Fonte: elaboração própria

Cabe destacar que as prioridades das alternativas também variam em relação à combinação de resultados por grupo de especialistas agrupados por segmentos institucionais, ou seja: setor público e setor privado. A comparação das informações encontra-se representadas nas Figuras 19 e 20.



Figura 19 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas – segmento público
Fonte: elaboração própria

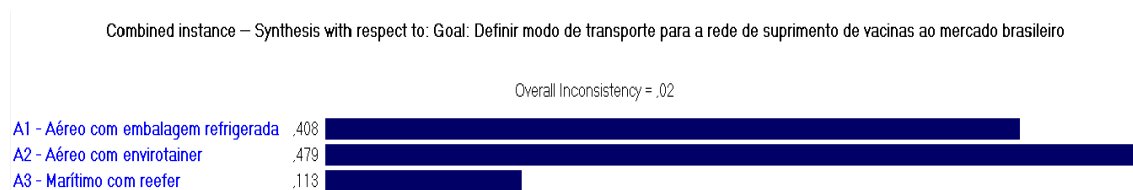


Figura 20 - Resultados Combinados das prioridades de alternativas – segmento privado
Fonte: elaboração própria

A primeira observação a ser ressaltada, refere-se a ao fato dos resultados avaliados de forma combinada, individualmente por decisor ou agrupando-se os decisores por segmento institucional, demonstram uma mesma tendência de preferências, desta forma, proporcionando o mesmo *ranking* de preferências para as alternativas, conforme apresentado na Tabela 22.

Tabela 22 – Ranking de preferência das alternativas

Alternativas	Ranking de preferência da população pesquisada		
	Individual	Segmento público	Segmento privado
A1	2°	2°	2°
A2	1°	1°	1°
A3	3°	3°	3°

Fonte: elaboração própria

A preferência pelo modo aéreo com uso de *enviroteiner*, apresenta-se de forma combinada com as influências dos decisores, expressadas de forma mais representativa pelos subcritérios confiabilidade, tempo, integridade da cadeia de frio e qualificação e validação da solução. Este conjunto de características, assumido como relevantes para a definição do modo de transporte para o problema de pesquisa apresentado, está coerente com a preferência de alternativa apontado pelos decisores. Suportam esta opção o conhecimento e experiências que os decisores possuem acerca do modelo.

A preferência pelo modo aéreo justifica-se pelo menor tempo de deslocamento e pelo alto valor agregado por unidade que as vacinas possuem, minimizando os fatores de risco que contribuiriam para a “quebra da cadeia de frio” durante o transporte, o que representaria uma grande perda financeira para os laboratórios e impacto em estratégias de saúde pública (vacinação), no âmbito público. BOWERSOX *et al.* (2014) e BALLOU (2006) comentam que o modo aéreo é o mais adequado para produtos com maior valor agregado e prioridade, ainda que seja o modo de transporte de custo elevado e com restrição de capacidade.

O contêiner refrigerado aéreo se caracteriza por ser uma solução que proporciona o acondicionamento ativo da carga, pois tem capacidade própria de gerar e manter o frio, conferindo maior confiabilidade quando comparado com embalagens refrigeradas. Esta alternativa baseia-se em acondicionamento passivo, e confere risco de perda da integridade do frio por influência de erros operacionais durante a movimentação da carga no transporte.

Os contêineres refrigerados aéreos fornecidos pela fabricante *Enviroteiner* possuem estudos de qualificação térmica que atendem à cadeia de frio. Desta forma apresentam-se em destaque frente aos contêineres refrigerados marítimos, que possuem uso mais generalizado no transporte de alimentos e não têm esta especificidade da cadeia de frio farmacêutica atendida.

Nas comparações efetuadas, a baixa importância ou peso dados aos subcritérios custo do transporte e custo total, estão coerentes com a preferência da alternativa. Ainda que o trabalho não apresente dados quantitativos referentes aos custos de transporte e custo total da rede de suprimento, os especialistas referiam-se ao modo aéreo com uso do *enviroteiner* como aquele com maior influência no custo.

Considerando os resultados da Tabela 20, a alternativa com menor peso nos julgamentos de forma global foi o modo marítimo com uso de contêiner refrigerado, sendo efetivamente desconsiderado como uma alternativa confiável pela maioria do grupo de especialistas. Em contrapartida, o decisor 9 foi o que melhor pontuou esta alternativa, ficando em 2º posição com peso igual 0,400, quase empatado com a 1º opção, representado pelo modo de transporte aéreo com uso de *enviroteiner*, com peso igual a 0,422. Este decisor atua em um laboratório privado fabricante de vacinas, em um importante cargo estratégico na diretoria de *supply chain*.

7.1 – Análise de sensibilidade

Considerando os resultados combinados do desempenho inicial das alternativas, apresentados na Figura 21, com o uso do *software Expert Choice*, foram desenvolvidos cenários de variação dos pesos dos subcritérios utilizados para hierarquização das alternativas. Essas variações permitem avaliar o quanto a hierarquização estabelecida no julgamento inicial pelos especialistas mudaria, caso os pesos fossem alterados.

Com o propósito de definir a abrangência dos experimentos com o *software Expert Choice* na análise de sensibilidade do problema de pesquisa, na sequência do trabalho serão tratados os seguintes cenários:

- 1- Quais condições permitem uma inversão das prioridades na hierarquização das alternativas, onde o modo de transporte contribua com um menor “custo de transporte” e ao mesmo tempo preserve os requerimentos técnicos de qualidade?
- 2- Quais condições permitem uma inversão das prioridades na hierarquização das alternativas, onde o modo de transporte contribua com um menor “custo total” e ao mesmo tempo preserve os requerimentos técnicos de qualidade?

A fim de permitir comparações nas avaliações de análise de sensibilidade, a Figura 21 apresenta a disposição inicial do desempenho das alternativas.

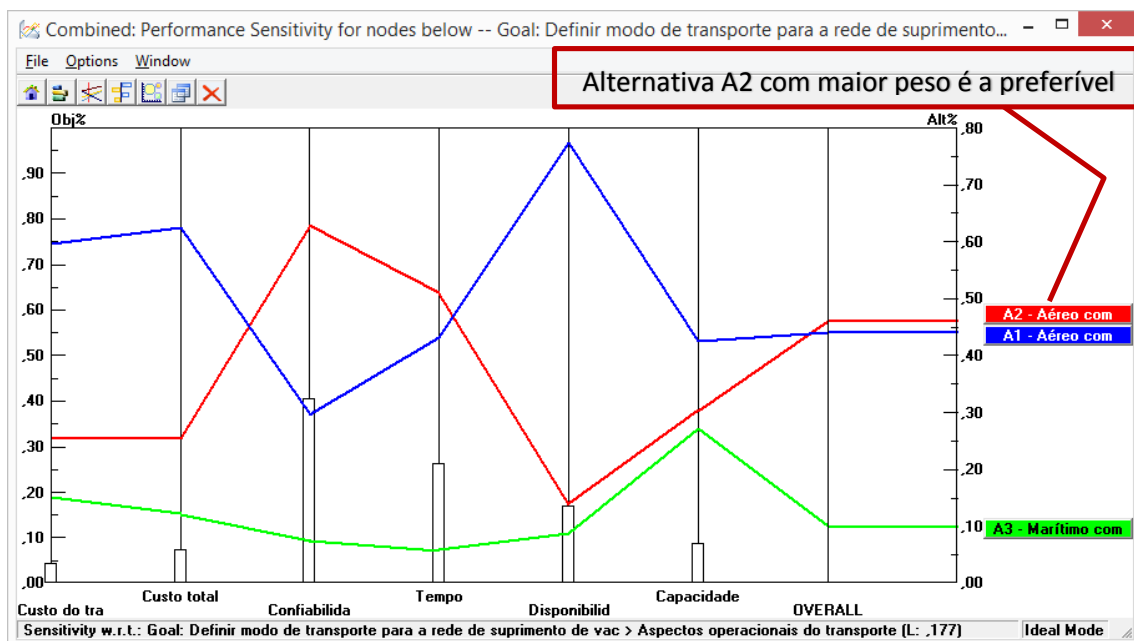


Figura 21 - Desempenho inicial das alternativas – combinação global

Fonte: *Expert Choice*

A Figura 21 apresenta três curvas que representam o peso combinado dos decisores para cada um dos critérios relacionados aos aspectos operacionais do transporte. Destaca-se o desempenho da alternativa A2, que na avaliação final aparece como preferível.

Cenário 1 – Alteração do peso do subcritério custo do transporte

Uma alteração da importância do subcritério “custo do transporte”, aumentando-se o peso a partir do valor 0,10, proporcionaria a mudança da decisão do modo aéreo com *enviroteiner* para aéreo com uso de embalagem refrigerada. Essa inversão de prioridades na hierarquização das alternativas está apresentada na Figura 22.

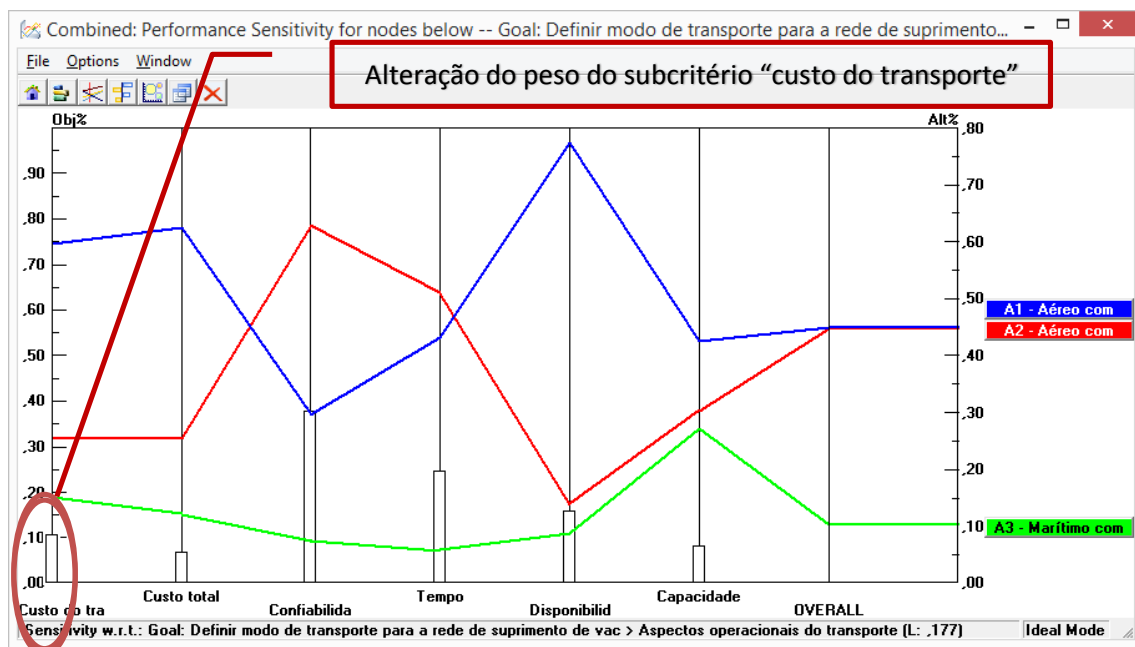


Figura 22 - Análise de sensibilidade baseado “custo do transporte” – análise dos pesos

Fonte: *Expert Choice*

Sob nenhuma condição, uma alteração de importância do subcritério “custo de transporte” provocaria uma inversão das prioridades na hierarquização das alternativas, tornando o modo de transporte marítimo com *reefer* preferível. A Figura 23 demonstra o comportamento desta alternativa na análise de sensibilidade. A ausência de pontos de interseção da curva que representa alternativa do modo marítimo com as demais, que indicariam valores a partir do qual haveria a inversão das hierarquias, corrobora a análise.

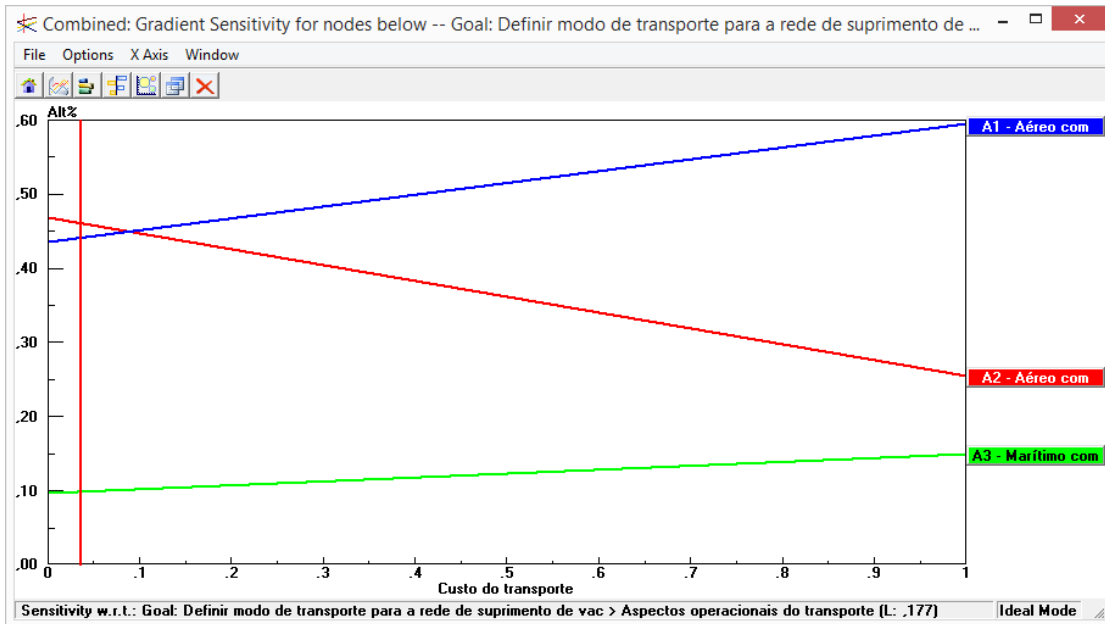


Figura 23 - Análise de sensibilidade baseado “custo do transporte” – ponto de inversão

Fonte: *Expert Choice*

Cenário 2 – Alteração do peso do subcritério “custo total da rede de suprimento”

Uma alteração da importância do critério custo total da rede de suprimento, aumentando-se o peso a partir do valor 0,13, proporcionaria a mudança da decisão do modo aéreo com enviroteiner para aéreo com uso de embalagem refrigerada. A Figura 24 apresenta a inversão das prioridades na hierarquização das alternativas.

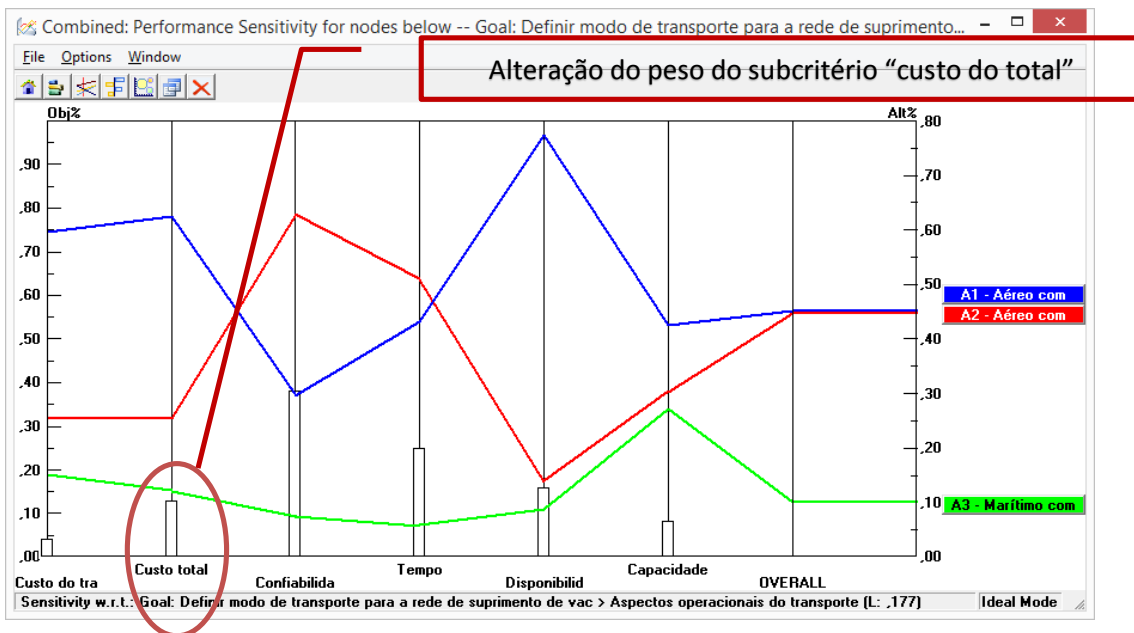


Figura 24 - Análise de sensibilidade baseado custo total – análise dos pesos

Fonte: *Expert Choice*

Novamente percebe-se que sob nenhuma condição, uma alteração de importância do subcritério avaliado provocaria uma inversão das prioridades na hierarquização das alternativas, tornando o modo de transporte marítimo com *reefer* preferível. A Figura 25 demonstra o comportamento desta alternativa na análise de sensibilidade.

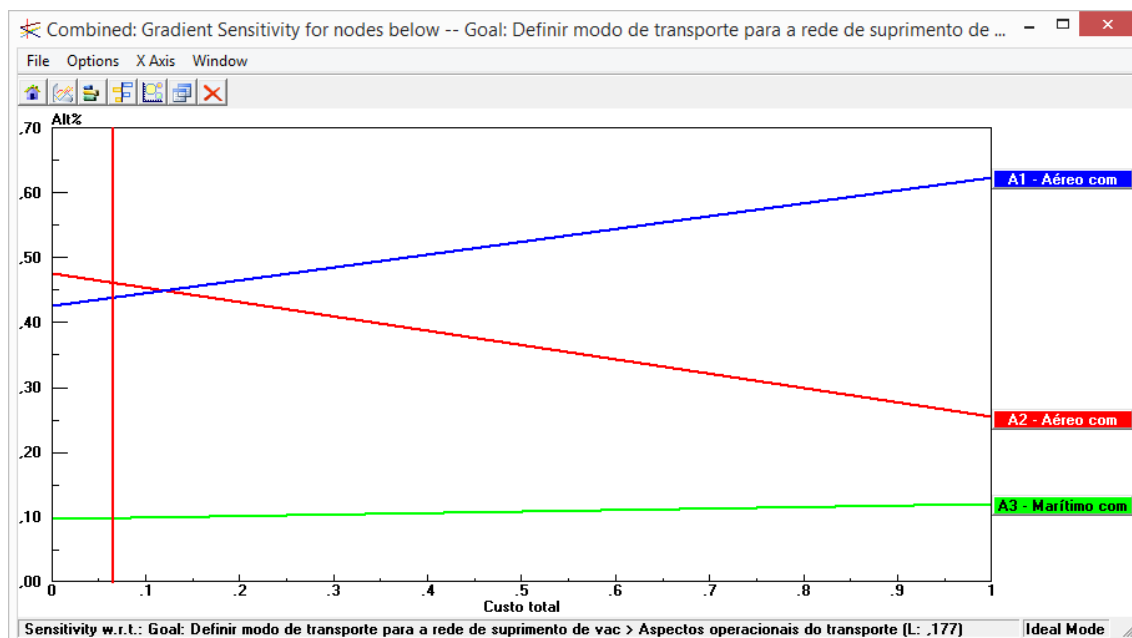


Figura 25 - Análise de sensibilidade baseado custo total – ponto de inversão

Fonte: *Expert Choice*

O resultado combinado demonstra que os decisores têm preferências por critérios que conferem maior segurança na cadeia de frio, ainda que o custo no transporte represente a maior parte do custo logístico total, conforme CARVALHO JR e MACEDO (2011). Ficou demonstrado que o modo de transporte aéreo com uso de embalagens refrigeradas é sensível a variação dos subcritérios associados a custos, passando a preferência dos decisores com incrementos de peso associado a custo de transporte e custo total da rede de suprimento.

7.2 – Considerações finais do capítulo

Neste Capítulo foi demonstrado o resultado da modelagem dos dados pelo uso do AHP, e a preferência dos decisores por critérios que poderiam orientar as suas decisões para a definição do transporte de vacinas na rede de suprimento ao mercado brasileiro.

Os resultados combinados avaliados demonstram uma mesma tendência de preferências, proporcionando o mesmo *ranking* de preferências para as alternativas, onde o modo de transporte aéreo com uso de *enviroteiner* é o preferível.

Por meio da análise de sensibilidade foi possível confirmar que o modo de transporte aéreo com uso de embalagens refrigeradas é sensível a variação dos subcritérios associados a custos, passando a preferência dos decisores.

A análise de sensibilidade ainda possibilitou o entendimento que, sob nenhuma condição, o modo de transporte marítimo com *reefer* tornaria-se o preferível.

8 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização do AHP ajudou aos decisores a pensar de forma mais clara acerca das decisões complexas, envolvendo a definição do modo de transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro.

A preferência pelo modo aéreo com uso de *enviroteiner*, apresenta-se com maior peso atribuído aos subcritérios confiabilidade, tempo, integridade da cadeia de frio e qualificação e validação da solução. Assim, o objetivo principal deste trabalho foi atingido, uma vez que a avaliação do problema com uma abordagem multicritério, pelo uso do AHP, permitiu identificar que diferentes agentes participantes da rede de suprimento de vacinas ao mercado nacional, possuem uma tendência comum nas preferências.

O resultado da análise de sensibilidade demonstra que se os decisores tomarem uma maior preferência pelos subcritérios relacionados a custos, em compensação àqueles associados a cadeia de frio, favorecem a inversão das prioridades na hierarquização das alternativas.

Considerando que o custo enquanto medida de desempenho logístico sinaliza o entendimento quanto menor melhor, a alternativa representada pelo modo aéreo com uso de embalagem refrigerada, identificada como preferência após a análise de sensibilidade, apresenta-se como a alternativa válida para responder a hipótese do trabalho, representado pelo paradigma da gestão atual da cadeia de frio farmacêutica, que se expressa na relação entre a implementação de práticas com padrões de qualidade apropriados durante todas as etapas do transporte, a um custo operacional competitivo.

Conforme apresentado no Capítulo 4, o processo de decisão é influenciado pelo conhecimento e experiências que os especialistas possuem acerca do problema e das alternativas. Neste sentido, as oportunidades para sustentar este processo de mudança de decisão, no sentido de consolidar o uso do modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas na importação de vacinas ao mercado brasileiro, devem ser entendidas e desenvolvidas.

A discussão teórica demonstrou que o modo de transporte aéreo com uso de embalagens refrigeradas tem características que inferem risco a cadeia de frio farmacêutica, destacando-se a execução de atividades de consolidação e fracionamento da carga e o uso de acondicionamento passivo como principais aspectos, que se não estiverem adequadamente gerenciados, favorecem a “quebra da cadeia de frio”. Neste sentido, qualquer estratégia para a permitir a preferência desta alternativa exigirá que o

decisor obtenha uma visão holística e conhecimento maior do processo em análise, destacando-se: mapeamento da rede de suprimento, fatores de riscos envolvidos, desenvolvimento de embalagens, estudos de qualificação térmica, entendimento de dados de estabilidade e estresse dos produtos.

Desta forma, fica demonstrado que o segundo objetivo do trabalho foi atingido, uma vez que por meio da análise de sensibilidade foi possível perceber que o modo de transporte aéreo com embalagens refrigeradas é sensível a alterações de peso atribuído aos subcritérios relacionados a custos.

Dessa forma, o presente estudo contribui no sentido de apoiar o processo de tomada de decisão, pelo uso do método AHP e sua sistemática de desenvolvimento, gerando maior conhecimento acerca do problema.

Outras hierarquias podem ser utilizadas para uso do AHP na cadeia de frio farmacêutica, contribuindo para o desenvolvimento de processos de transporte seguros a custos competitivos.

Neste sentido, a baixa preferência dos decisores pelo modo marítimo com uso de contêiner *reefer*, demonstrando a falta de confiança neste modo de transporte para o problema de pesquisa apresentado, destaca-se como uma oportunidade para o desenvolvimento de novas pesquisas, a fim de se identificar quais os critérios e alternativas poderiam provocar recomendações para que este modo de transporte seja o preferível no suprimento de vacinas ao mercado brasileiro.

Neste contexto, o entendimento dos fatores que poderiam tornar um ambiente favorável ao uso desta alternativa de transporte para a importação de vacinas ao mercado brasileiro, em um processo de tomada de decisão, pode ser entendido baseado no trabalho de RODRIGUE (2013). Neste trabalho, o autor afirma que a América do Norte e Europa são os dois maiores mercados que compartilham a distribuição de mercadorias conteineirizadas pelo modo marítimo, ligando-os aos fluxos comerciais globais. A fim de garantir a eficiência e segurança desta operação uma série de aspectos foram considerados: limitações ligadas às capacidades de infra-estrutura em nós (portos marítimos, aeroportos e terminais intermodais) e *links* (corredores ferroviários, vias navegáveis, etc) nas redes de transportes, geografia de consumo e produção, políticas do governo e órgão regulador, características e capacidade de nós e *links*, e nível de serviço de prestadores de serviços globais de logística e transportes.

OLIVEIRA (2005) destaca fatores de risco associados a logística portuária para produtos farmacêuticos, onde destaca restrições envolvendo infraestrutura de

armazenagem, equipamentos para a movimentação de cargas, serviços alfandegários insuficiência de pessoal e qualificação técnica dos recursos. Desta forma, corrobora com RODRIGUE (2013) quanto as questões apresentadas para o desenvolvimento do modo de transporte marítimo.

Por fim, ressalta-se a importância das reuniões presenciais para a obtenção de resultados do AHP consistentes, onde foi possível contextualizar o problema de pesquisa e detalhar os critérios e alternativas apresentados.

9 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTAQ - Agência Nacional de Transporte Aquaviário, 2011, *Anuário Estatístico Aquaviário* 2011. Disponível em: <<http://www.antaq.gov.br/portal/anuarios/anuario2011/body/index.htm>>. Acessado em 12/03/2015.

ARANDA, C.M.S.S.; MORAES, J.C.M., 2006, *Rede de frio para a conservação de vacinas em unidades públicas do Município de São Paulo: conhecimento e prática*. Revista Brasileira de Epidemiologia. 9(2):172-85.

BALLOU, R. H., 2006, *Gerenciamento da cadeia de suprimentos/ logística empresarial*. Bookman, Porto Alegre.

BANA E COSTA, C., 1988, *Introdução Geral às Abordagens de Apoio à Tomada de Decisão*. Investigação Operacional, v.8, n.1, p.117-139.

BANA E COSTA, C. A., 1992, *Structuration, Construction et Exploitation d'un Modèle Multicritère d'Aide à la Décision*. Tese de Doutorado. Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, Portugal.

BANA E COSTA, C., 2003, *Três Convicções Fundamentais na Prática do Apoio à Decisão*. Revista Pesquisa Operacional, vol.13, n.1.

BELTON, V.; STEWART, T. J., 2002, *Multiple criteria decision analysis: an integrated approach*. Kluwer Academic. Boston.

BERTOLLO, M., 2014, *O Circuito Produtivo da Vacina e os alcances Globais e Nacionais da Produção, Distribuição e Imunização: o Caso da Pandemia a H1N1*. Geografia em Questão. v.07, N. 01, pág.140-156

BISHARA, R.H., 2006, *Cold Chain Management: an Essential Component of the Global Pharmaceutical Supply Chain*. American Pharmaceutical Review.

BOGATAJ, M.; BOGATAJ, L.; VODOPIVEC, R., 2005, *Stability of Perishable Goods in Cold Logistics Chains*. International Journal of Production Economics, 93-94.

BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J.; COOPER, M. B. e BOWERSOX, J. C., 2014, *Gestão da logística de suprimentos*. AMGH, Porto Alegre.

BRANS, J. P., MARESCHAL, B. E VINCKE, P., 1984, *Promethee: A new family of outranking methods in multicriteria analysis*, Operational Research 84: 477-490.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITARIA. 1998. *PORTARIA Nº 802, DE 8 DE OUTUBRO DE 1998*. Disponível em:< <http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/legis/portaria.htm>>. Acessado em: 15/03/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE. 1976. *LEI N.º 6.360, DE 23 DE SETEMBRO DE 1976*. Disponível em:< <http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/legis/leis.htm>>. Acessado em: 15/03/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITARIA. 1998. *RESOLUÇÃO - RE Nº 1, DE 29 DE JULHO DE 2005*. Disponível em:< <http://www.anvisa.gov.br/medicamentos/legis/resolucao.htm>>. Acessado em: 15/03/2014.

BRASIL. MINISTÉRIO DA SAÚDE, SECRETARIA DE VIGILÂNCIA SANITARIA. 1998. *RESOLUÇÃO RDC Nº 17, DE 16 DE ABRIL DE 2010*. Disponível em:<http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2010/res0017_16_04_2010.html>. Acessado em: 15/03/2014.

CAMPOS, V. R., 2011, *Modelo de apoio à decisão multicritério para priorização de projetos de saneamento*. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. EESC/USP. São Carlos.

CARVALHO JR, S. e MACEDO, S. H. M., 2010, *Logística Farmacêutica Comentada*. Medfarma, São Paulo.

CERVO, A. L.; BERVIAN, P. A., 2002, *Metodologia Científica*. 5. ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo.

CRAVEIRO, J. L.; ANTUNES, O., FREIRE, P.; OLIVEIRA, F.; ALMEIDA, I. D.; SANCHO, F., 2012, *Comunidades urbanas na orla costeira: a metodologia multicritério AHP (Analytic Hierarchy Process) para a construção de um índice de vulnerabilidade social face à ação marítima*. 2º Congresso Ibero Americano. Lisboa.

CRF – Conselho Regional de Farmácia do Estado de São Paulo, 2013, *Distribuição e Transporte*. Revista do Farmacêutico, 112, Jul-Ago 2013. Disponível em <<http://portal.crfsp.org.br/revistas/294-revista-do-farmacutico/revista-112/4633-revista-do-farmacutico-112-distribuicao-e-transporte.html>>. Acessado em: 15/03/2014.

COYLE, W.; HALL, W.; BALLENGER, N., 2001, *Transportation technology and the rising share of U.S. perishable food trade*. U.S. Department of Agriculture. *Changing Structure of Global Food Consumption and Trade*. Agriculture and Trade Report WRS-01. Washington, USA.

CHOPRA S.; MEINDL P., 2011, *Gestão da Cadeia de Suprimentos*. 4º ed. Pearson Prentice Hall. São Paulo.

DUTTA, S.; SENGUPTA, M.; ROUT, S.K. e DAS, S.K., 2010, *Importance of Cold Chain Management in Stability of Farmaceutical Product*. International Journal of Pharma. Research & Development – On line (IJPRD).

FRENCH, S., 2006, *Decision Theory: An Introduction to the Mathematics of Rationality*. London: John Wiley & Sons.

GADELHA, C.A.G.; QUENTAL, C.; FIALHO, B.C., 2003, *Saúde e Inovação: uma abordagem sistêmica das indústrias de saúde*. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, 19(1): 47-59.

GADELHA, C.A.G.; TEMPORÃO, J.G., 1999, *A Indústria de Vacinas no Brasil: desafios e perspectivas*. BNDES. Rio de Janeiro.

GOODWIN, P.; WRIGHT, G., 2004, *Decision analysis for management judgment*. Chichester. Wiley.

GOMES, L. F. A. M.; ARAYA, M. C. G. e CARIGNANO, C., 2004, *Tomada de Decisões em Cenários Complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão*. São Paulo: Pioneira Thomson Learning.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, F. S. C., 2014, *Tomada de Decisão Gerencial: enfoque multicritério*. Editora Atlas. São Paulo.

GUNASEKARAN, A.; PATEL, C. e MCGAUGHEY, R. E., 2004, *A framework for supply chain performance measurement*. International Journal of Production Economics, Cambridge, v. 87, n. 3, p. 333-347.

HARKER, P.; VARGAS, L. G., 1987, *The theory of ratio scale estimation: Saaty's analytic hierarchy process*. Management Science, v. 33, n. 11, p. 1383-1403.

HEAP, R., 2006, *Cold chain performance issue now and the future*. IIR Bulletin, n. 2006-4, 2006.

IATA, 2007, *Perishable Cargo Regulations*. 7th ed. Air Transport Association, Montreal.

ICH, 2003, *Guidance for Industry Q1A(R2) Stability Testing of New Drug Substances and Products*. Disponível em <<http://www.fda.gov/downloads/regulatoryinformation/guidances/ucm128204.pdf>>. Acessado em: 15/03/2014.

IIR, 2003, *Refrigerated Transport: Progressive Achieved and Challenges to be Melt*. IIR 16th informatory note on refrigeration technologies. Disponível em <http://www.iifiir.org/ClientBookLine/recherche/executerRechercheprogress.asp?INSTANCE=EXPLOITATION&PORTAL_ID=&TRI=TRI_DATE_DESC&STAXON=<AXON=>>. Acessado em: 15/03/2014.

JAMES, S.J.; JAMES, C.; EVANS, J.A., 2006, *Modelling of a Food Transportation System – a Review*. International Journal of Refrigeration, 29, pp.947-957.

KEENEY, R.L., 1982, *Decision Analysis: An Overview: Operations Research*, v.30, n.5, p. 803-838.

KEENEY, R. L., 1992, *Value-Focused Thinking: A Path to Creative Decision-Making*, Harvard University Press.

KEENEY, R. L.; RAIFA, H., 1976, *Decisions With Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. John Wiley & Sons. USA.

KEENEY, R. L.; RAIFFA, Howard., 2003, *Decisions with Multiple Objectives: Preferences and Value Tradeoffs*. New York: John Wiley & Sons.

KENDAL, A.P.; SNYDER, R.; GARRISON, P.J., 1997, *Validation of cold chain procedures suitable for distribution of vaccines public health programs in the USA*. Vaccine, Vol. 15, No. 12/13, pp. 1459-1465.

KLEINDORFER, P. R., 2001, *Decision making in complex environments: new tools for a new age*. Wharton on making decisions. New York: John Wiley & Sons, p. 115-129.

MARREIROS, M.G.C., 2008, *Agentes de Apoio à Argumentação e Decisão em Grupo*, Tese de Doutorado, Universidade do Minho, Cidade do Porto, Portugal.

MINISTÉRIO DA SAÚDE – M.S., 2003, *Programa nacional de imunizações: 30 anos. Série C Projetos, Programas e Relatórios*. Disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/livro_30_anos_pni.pdf>. Acessado em 30/03/2015.

MACEDO, S. H. M. e GARCIA, T. R. L., 2007, *Influência da Temperatura sobre o Transporte de Medicamentos por Modo Rodoviário*. *Infarma – Informativo Profissional do Conselho Federal de Farmácia*, Vol. 19 (3/4), 7.

MILLER, G. A., 1956. *The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information*. *Psychological Review*, 63, 81–97.

MONTANARI, R., 2008, *Cold chain tracking: a managerial perspective*. *Trends in food science & technology*, n.19.

MONTIBELLER *et al.*, 2009, *Structuring resource allocation decisions: A framework for building multi-criteria portfolio models with area-grouped options*. *European Journal of Operational Research*, v. 199, n. 3, p. 846-856.

MONTIBELLER, G.; FRANCO, L. A., 2007, *Decision and risk analysis for the evaluation of strategic options*. *Supporting strategy: frameworks, methods and models*. Chichester: Wiley, 2007. p. 251-284.

NEVES FILHO, L.C., 1997, *Refrigeração e Alimentos – Apostila do Curso Engenharia de Alimentos*. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo.

NOVAES, A. G., 2001, *Logística e gerenciamento da cadeia de distribuição*. Campus, Rio de Janeiro.

OLIVEIRA, M. G. R., 2005, *Avaliação dos Pontos Críticos na Armazenagem e Transporte de Produtos Farmacêuticos em Áreas de Portos, Aeroportos, Fronteiras e Recintos Alfandegados*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

POMEROL, J.C.; BARBA-ROMERO, S., 2000, *Multicriterion decision in management: principles and practices*. Boston: Kluwer Academic Press.

REIS, C.; PIERONI, J.P.; SOUZA, J.O.B., 2010, *Biotechnologia para saúde no Brasil*. BNDES Setorial 32, p. 193-230.

ROCHA, C.M.V., 2001, *Manual da Rede de Frio*. Fundação Nacional de Saúde, Ministério da Saúde.

RODRIGUE, J.P., 2006, *Transport and Globalization*. Disponível em <http://people.hofstra.edu/jean-paul_rodrigue/jpr_publications.html> Acesso em: 28/03/2015.

RODRIGUEZ, V.; AMORRORTU, I. e ÁLVAREZ, M.J., 2011, *Setting Parameters in the Cold Chain*. *Tecnura*, Vol. 15, n°30, July-December.

ROY, B., 1985, *Méthodologie Multicritère D'Aide à la Décision*. *Economica*.

ROY, B. E BOUYSSOU, D., 1993, *Aide Multicritère à la Décision*. Méthodes et Cas. Paris.

ROY, B., 1996, *Multicriteria methodology for decision aiding*. Netherland: Kluwer academy publisher.

ROY, B.; VANDERPOOTEN, D., 1996, *The European School of MCDA: Emergence, Basic Features and Current Works*. Journal of Multi-Criteria Decision Analysis, vol. 5, p. 22-38.

SAATY, T. L., 1980, *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill.

SAATY, T. L., 1990, *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*. European Journal of Operational Research 48 (1990) 9-26.

SAATY, T. L., 2003, *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*. European Journal of Operational Research 145, 85–9.

SAATY, T., 2009, *Extending the Measurement of Tangibles to Intangibles*. International Journal of Information Technology & Decision Making. Vol. 8, n.º1, pp.7-27.

SAATY, T.; PENIWAIT, K.; SHANG, J. S., 2007, *The analytic hierarchic process and human resource allocation: Half the story*. Mathematical and Computer Modeling, v. 46, p. 1041-1053.

SOFIGRAM, 2013, *Refrigerated vehicles or refrigerated packaging?* Disponível em: < <http://www.coldchainiq.com/packaging-shipping-systems/white-papers/refrigerated-vehicles-or-refrigerated-packaging>>. Acessado em: 20/11/2013.

SATO, Y., 2005, *Questionnaire Design for Survey Research: Employing Weighting Method*. Disponível em: < http://www.isahp.org/2005Proceedings/Papers/SatoY_QuestionnairesInAHPSurveys.pdf>. Acessado em: 15/04/15.

SILVA, E. L. e MENEZES, E. M., 2001, *Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação*. 3. ed. rev. atual. Florianópolis: Laboratório de Ensino a Distância da UFSC, 121p

TAHA, H. A., 2008, *Pesquisa operacional: uma visão geral*. Prentice Hall, 8ª edição, São Paulo.

TAYLOR, J. *Recommendations on the control and monitoring of storage and transportation temperatures of medicinal products*. The Pharmaceutical Journal, Vol. 267, 28 July 2001.

TASSOU, S.A.; DE LILLE, G. e GE, Y.T., 2009, *Food Transport Refrigeration – approaches to reduce energy consumption and enviromental impact of road transport*. Appl Therm Eng, 29 pp. 1467-1477.

TEMPORÃO, J.G., 2002, *O Complexo Industrial da Saúde: pública e privada na produção e consumo de vacinas no Brasil*. Tese de Doutorado, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

TEMPORÃO, J.G., 2003, *O mercado privado de vacinas no Brasil: a mercantilização no espaço da prevenção*. Caderno Saúde Pública. Rio de Janeiro. 19(5):1323-1339.

TSOUKIÀS, A., 2008, *From decision theory to decision aiding methodology*. European Journal of Operational Research, v. 187, n. 1, p. 138-161.

UK P&I CLUB, 2012, *Reefers Matters*. Disponível em: <<http://www.ukpandi.com/knowledge/article/reefer-matters-lp-news-supplement-5184>>. Acessado em 15/03/14.

VINCKE, P., 1992, *Multicriteria Decision-aid*. New York: John Wiley.

VINCKE, P., 2000, *Basic Concepts of Preference Modelling*. In: *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*, Springer-Verlag, p.101-118.

WARD, B., 1996, *The Food Safety Imperative for Blast Chilli*. Foodservice Equipment & Supplies Specialist, 49(7), p.46.

WEBER, M., 1987, *Decision making with incomplete information*. European Journal of Operational Research (50): 2-18.

WHO, 2009, *Stability testing of active pharmaceutical ingredients and finished pharmaceutical product*. WHO Technical Report Series, No. 953. Disponível em: <[shttp://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICHProducts/Guidelines/Quality/Q1F/Stability_Guideline_WHO.pdf](http://www.ich.org/fileadmin/Public_Web_Site/ICHProducts/Guidelines/Quality/Q1F/Stability_Guideline_WHO.pdf)>. Acessado em: 15/03/2014.

WINTERFELDT, D. V.; EDWARDS, W., 1986, *Decision Analysis and Behavioral Research*. Cambridge University Press. New York.

WOLFF, C. S., 2008, *O método AHP – revisão conceitual e proposta de simplificação*. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Brasil.

ZHANG, L., 2007, *Cold Chain Management*. MSc Thesis. Cranfield University. Bedfordshire; England.

APÊNDICE I

Questionário para avaliação da rede de suprimento de produtos farmacêuticos
termossensíveis pelo uso da AHP

Tabela 23– Avaliação dos critérios

Critério	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Critério
Atributos do transporte sob o aspecto operacional																		Atributos do transporte sob o aspecto específico da cadeia de frio

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 24 – Avaliação do subcritério custo do transporte

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Custo do transporte																		Custo total da rede de suprimento
Custo do transporte																		Confiabilidade
Custo do transporte																		Tempo
Custo do transporte																		Disponibilidade
Custo do transporte																		Capacidade

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 25 - Avaliação do subcritério custo total da rede de suprimento

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Custo total da rede de suprimento																		Confiabilidade
Custo total da rede de suprimento																		Tempo
Custo total da rede de suprimento																		Disponibilidade
Custo total da rede de suprimento																		Capacidade

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 26 - Avaliação do subcritério confiabilidade

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Confiabilidade																		Tempo
Confiabilidade																		Disponibilidade
Confiabilidade																		Capacidade

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 27 - Avaliação do subcritério tempo

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Tempo																		Disponibilidade
Tempo																		Capacidade

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 28 - Avaliação do subcritério disponibilidade

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Disponibilidade																		Capacidade

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 29 - Avaliação do subcritério qualificação e validação da solução

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Qualificação e validação da solução																		Utilização de técnicas de consolidação/ fracionamento
Qualificação e validação da solução																		Quantidade de produto despachado
Qualificação e validação da solução																		Integridade da cadeia de frio

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 30 - Avaliação do subcritério utilização de técnicas de consolidação/fracionamento

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Utilização de técnicas de consolidação/fracionamento																		Quantidade de produto despachado
Utilização de técnicas de consolidação/fracionamento																		Integridade da cadeia de frio

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 31 - Avaliação do subcritério quantidade de produto despachado

Atributos	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Atributos
Quantidade de produto despachado																		Integridade da cadeia de frio

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Seguindo o mesmo raciocínio, compare par-a-par as alternativas sob a luz de cada subcritério, conforme apresentado nas tabelas 32 a 41.

Tabela 32– Avaliação das alternativas pelo critério custo do transporte

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 33 – Avaliação das alternativas pelo critério custo total da rede de suprimentos

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 34 – Avaliação das alternativas pelo critério confiabilidade

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 35 – Avaliação das alternativas pelo critério tempo

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 36 – Avaliação das alternativas pelo critério disponibilidade

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 37– Avaliação das alternativas pelo critério capacidade

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 38 – Avaliação das alternativas pelo critério qualificação e validação da solução

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 39 – Avaliação das alternativas pelo critério utilização de técnicas de consolidação e fracionamento

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 40 – Avaliação das alternativas pelo critério quantidade de produto despachado

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

Tabela 41 – Avaliação das alternativas pelo critério integridade da cadeia de frio

Alternativas	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Alternativas
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo aéreo com uso de <i>envirotainer</i>
Modo aéreo com uso de embalagens refrigeradas																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>
Modo aéreo com uso de <i>envirotaineres</i>																		Modo marítimo com uso de contêineres <i>reefers</i>

Fonte: Adaptado de SATO (2005)

APÊNDICE II

Resultado dos julgamentos para a par dos decisores

Tabela 42 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 1

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/7										
C2		1										
SC1			1	1/8	1/8	1/7	1/6	1				
SC2				1	1/7	1/7	1/5	1				
SC3					1	1	7	7				
SC4						1	3	9				
SC5							1	5				
SC6								1				
SC7									1	8	8	1
SC8										1	5	1/3
SC9											1	1/9
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 43 - Avaliação das alternativas pelo decisor 1

SC1	SC2	SC3																																																
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1</td><td>5</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>4</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1	5	A2		1	4	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>7</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1	8	A2		1	7	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1/6</td><td>3</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1/6	3	A2		1	8	A3			1
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1	5																																															
A2		1	4																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1	8																																															
A2		1	7																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1/6	3																																															
A2		1	8																																															
A3			1																																															
SC4	SC5	SC6																																																
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1	8	A2		1	8	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>6</td><td>7</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	6	7	A2		1	1	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1/8</td><td>3</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1/8	3	A2		1	8	A3			1
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1	8																																															
A2		1	8																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	6	7																																															
A2		1	1																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1/8	3																																															
A2		1	8																																															
A3			1																																															
SC7	SC8	SC9																																																
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>8</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1	8	A2		1	8	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1/8</td><td>1/8</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>2</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1/8	1/8	A2		1	2	A3			1	<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>8</td><td>7</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>3</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	8	7	A2		1	3	A3			1
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1	8																																															
A2		1	8																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1/8	1/8																																															
A2		1	2																																															
A3			1																																															
	A1	A2	A3																																															
A1	1	8	7																																															
A2		1	3																																															
A3			1																																															
SC10																																																		
<table border="1" style="width: 100%;"><thead><tr><th></th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th></tr></thead><tbody><tr><th>A1</th><td>1</td><td>1/8</td><td>1/8</td></tr><tr><th>A2</th><td></td><td>1</td><td>1/2</td></tr><tr><th>A3</th><td></td><td></td><td>1</td></tr></tbody></table>		A1	A2	A3	A1	1	1/8	1/8	A2		1	1/2	A3			1																																		
	A1	A2	A3																																															
A1	1	1/8	1/8																																															
A2		1	1/2																																															
A3			1																																															

Fonte: Elaboração própria

Tabela 44 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 2

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/8										
C2		1										
SC1			1	1	1/5	1/5	1/7	6				
SC2				1	1/5	1/2	1/8	1				
SC3					1	5	1/7	6				
SC4						1	1/7	6				
SC5							1	7				
SC6								1				
SC7									1	8	8	1
SC8										1	1	1/6
SC9											1	1/4
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 45 - Avaliação das alternativas pelo decisor 2

SC1			
	A1	A2	A3
A1	1	6	5
A2		1	3
A3			1

SC2			
	A1	A2	A3
A1	1	5	6
A2		1	3
A3			1

SC3			
	A1	A2	A3
A1	1	1/6	5
A2		1	8
A3			1

SC4			
	A1	A2	A3
A1	1	1	6
A2		1	8
A3			1

SC5			
	A1	A2	A3
A1	1	7	7
A2		1	3
A3			1

SC6			
	A1	A2	A3
A1	1	3	1/2
A2		1	1/2
A3			1

SC7			
	A1	A2	A3
A1	1	1	3
A2		1	5
A3			1

SC8			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	3
A2		1	5
A3			1

SC9			
	A1	A2	A3
A1	1	1	1/4
A2		1	1/7
A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	3	1
A2		1	1
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 46 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 3

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/9										
C2		1										
SC1			1	1/9	1/9	1/8	1/8	1/9				
SC2				1	1/9	1/8	1/9	1/8				
SC3					1	2	2	2				
SC4						1	2	1/2				
SC5							1	1/2				
SC6								1				
SC7									1	1	1	1/2
SC8										1	1	1/2
SC9											1	1/2
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 47 - Avaliação das alternativas pelo decisor 3

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	7	8	A1	1	8	8	A1	1	1/8	6
A2		1	4	A2		1	4	A2		1	8
A3			1	A3			1	A3			1

SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	7	9	A1	1	7	9
A2		1	9	A2		1	2	A2		1	3
A3			1	A3			1	A3			1

SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/2	9	A1	1	1/8	3	A1	1	1	7
A2		1	9	A2		1	8	A2		1	7
A3			1	A3			1	A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/8	9
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 48 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 4

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/6										
C2		1										
SC1			1	1/3	1/9	1/9	1/4	1/4				
SC2				1	1/7	1/7	1/4	1/4				
SC3					1	1	2	5				
SC4						1	3	5				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	4	3	1/5
SC8										1	1	1/7
SC9											1	1/7
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 49 - Avaliação das alternativas pelo decisor 4

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	3	9	A1	1	3	9	A1	1	1	9
A2		1	9	A2		1	9	A2		1	9
A3			1	A3			1	A3			1

SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	9	9	A1	1	1/3	1/9
A2		1	9	A2		1	1	A2		1	1/9
A3			1	A3			1	A3			1

SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	1	5	A1	1	1/3	1/9
A2		1	9	A2		1	5	A2		1	1/9
A3			1	A3			1	A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/2	9
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 50 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 5

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/3										
C2		1										
SC1			1	1/7	1/8	1/9	1/8	1/5				
SC2				1	1/9	1/9	1/7	1/7				
SC3					1	5	8	6				
SC4						1	5	5				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	1/5	1/5	1/7
SC8										1	1	1/3
SC9											1	1/3
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 51 - Avaliação das alternativas pelo decisor 5

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	3	5	A1	1	1	9	A1	1	3	9
A2		1	4	A2		1	6	A2		1	7
A3			1	A3			1	A3			1

SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/3	9	A1	1	5	7	A1	1	1	7
A2		1	9	A2		1	3	A2		1	9
A3			1	A3			1	A3			1

SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/3	5	A1	1	1/7	3	A1	1	3	9
A2		1	7	A2		1	9	A2		1	5
A3			1	A3			1	A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/6	3
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 52 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 6

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/3										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/8	1/8	1/5	1/3				
SC2				1	1/8	1/8	1/5	1/3				
SC3					1	1/2	6	6				
SC4						1	6	5				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	7	6	1
SC8										1	1/3	1/9
SC9											1	1/8
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 53 - Avaliação das alternativas pelo decisor 6

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	7	7	A1	1	1/9	9
A2		1	9	A2		1	7	A2		1	9
A3			1	A3			1	A3			1
SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	8	8	A1	1	8	1/7
A2		1	9	A2		1	8	A2		1	1/4
A3			1	A3			1	A3			1
SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	8	A1	1	1/7	7	A1	1	1	8
A2		1	8	A2		1	7	A2		1	8
A3			1	A3			1	A3			1
SC10											
	A1	A2	A3								
A1	1	1/3	9								
A2		1	9								
A3			1								

Fonte: Elaboração própria

Tabela 54 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 7

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/7										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/7	1/8	1	1/2				
SC2				1	1/7	1/8	1	1/2				
SC3					1	1/3	5	5				
SC4						1	7	5				
SC5							1	1/2				
SC6								1				
SC7									1	8	7	3
SC8										1	1	1/8
SC9											1	1/8
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 55 - Avaliação das alternativas pelo decisor 7

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	9	9	A1	1	9	9	A1	1	3	7
A2		1	3	A2		1	4	A2		1	7
A3			1	A3			1	A3			1

SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	9	1	A1	1	3	5
A2		1	9	A2		1	1	A2		1	5
A3			1	A3			1	A3			1

SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	3	7	A1	1	3	5
A2		1	9	A2		1	5	A2		1	5
A3			1	A3			1	A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	2	5
A2		1	5
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 56 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 8

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/9										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/9	1/9	1/9	1/9				
SC2				1	1/9	1/9	1/8	1				
SC3					1	9	9	9				
SC4						1	9	9				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	1	1	1
SC8										1	1	1
SC9											1	1
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 57 - Avaliação das alternativas pelo decisor 8

SC1			
	A1	A2	A3
A1	1	9	1
A2		1	1/8
A3			1

SC2			
	A1	A2	A3
A1	1	7	1
A2		1	1/7
A3			1

SC3			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	9
A3			1

SC4			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	9
A3			1

SC5			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	1
A3			1

SC6			
	A1	A2	A3
A1	1	9	1
A2		1	1
A3			1

SC7			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	1
A3			1

SC8			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	1
A3			1

SC9			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	1
A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	9	9
A2		1	1
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 58 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 9

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/7	1/5	1/3	1/3				
SC2				1	1/5	1/3	1/3	1/5				
SC3					1	3	3	1				
SC4						1	1	1/3				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	1/5	5	1/3
SC8										1	9	1
SC9											1	1/9
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 59 - Avaliação das alternativas pelo decisor 9

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	6	1/6	A1	1	6	1/6	A1	1	1/9	1/5
A2		1	1/6	A2		1	1/6	A2		1	3
A3			1	A3			1	A3			1
SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1	9	A1	1	5	8	A1	1	1	1/9
A2		1	9	A2		1	5	A2		1	1/9
A3			1	A3			1	A3			1
SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/9	1/9	A1	1	1/5	1/9	A1	1	3	9
A2		1	5	A2		1	1/7	A2		1	9
A3			1	A3			1	A3			1
SC10											
	A1	A2	A3								
A1	1	1/9	1/5								
A2		1	5								
A3			1								

Fonte: Elaboração própria

Tabela 60 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 10

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/6										
C2		1										
SC1			1	1/7	1/6	1/6	1/5	5				
SC2				1	1/6	1/5	1/5	7				
SC3					1	6	6	9				
SC4						1	7	9				
SC5							1	9				
SC6								1				
SC7									1	1	7	1/3
SC8										1	7	1/3
SC9											1	1/9
SC10												1

Tabela 61 - Avaliação das alternativas pelo decisor 10

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	5	1/3	A1	1	7	4	A1	1	1	9
A2		1	1/8	A2		1	1	A2		1	9
A3			1	A3			1	A3			1

SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	1/3	9	A1	1	5	9	A1	1	3	3
A2		1	9	A2		1	1	A2		1	3
A3			1	A3			1	A3			1

SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	3	9	A1	1	5	9	A1	1	5	5
A2		1	7	A2		1	3	A2		1	3
A3			1	A3			1	A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	3	5
A2		1	3
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 62 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 11

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/9										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/5	1/5	1/5	1/4				
SC2				1	1/5	1/4	1/4	1/4				
SC3					1	3	3	5				
SC4						1	1	1				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	7	9	1/3
SC8										1	7	1/7
SC9											1	1/9
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 63 - Avaliação das alternativas pelo decisor 11

SC1			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	5
A2		1	7
A3			1

SC2			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	5
A2		1	7
A3			1

SC3			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	7
A3			1

SC4			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	7
A3			1

SC5			
	A1	A2	A3
A1	1	5	7
A2		1	3
A3			1

SC6			
	A1	A2	A3
A1	1	1	5
A2		1	5
A3			1

SC7			
	A1	A2	A3
A1	1	1	7
A2		1	7
A3			1

SC8			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	4
A2		1	7
A3			1

SC9			
	A1	A2	A3
A1	1	2	7
A2		1	7
A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/5	5
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 64 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 12

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/2										
C2		1										
SC1			1	1/5	1/7	1/5	1/7	1/5				
SC2				1	1/7	1/5	1/7	1/5				
SC3					1	3	3	3				
SC4						1	1/2	1/2				
SC5							1	1				
SC6								1				
SC7									1	1	1/3	1/9
SC8										1	1/3	1/9
SC9											1	1/9
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 65 - Avaliação das alternativas pelo decisor 12

SC1			
	A1	A2	A3
A1	1	1/7	3
A2		1	7
A3			1

SC2			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	3
A2		1	7
A3			1

SC3			
	A1	A2	A3
A1	1	1/9	3
A2		1	9
A3			1

SC4			
	A1	A2	A3
A1	1	1/7	3
A2		1	9
A3			1

SC5			
	A1	A2	A3
A1	1	7	7
A2		1	3
A3			1

SC6			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	7
A3			1

SC7			
	A1	A2	A3
A1	1	1	7
A2		1	9
A3			1

SC8			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	8
A3			1

SC9			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	8
A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	8
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 66 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 13

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/3										
C2		1										
SC1			1	1	1/5	1/5	1/5	3				
SC2				1	1/5	1/5	1/5	3				
SC3					1	1/3	3	3				
SC4						1	1	5				
SC5							1	5				
SC6								1				
SC7									1	3	3	1
SC8										1	1	1/3
SC9											1	1/5
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 67 - Avaliação das alternativas pelo decisor 13

SC1				SC2				SC3			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	7	7	A1	1	7	7	A1	1	1/7	3
A2		1	1	A2		1	1	A2		1	7
A3			1	A3			1	A3			1
SC4				SC5				SC6			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	3	9	A1	1	5	5	A1	1	3	1/7
A2		1	7	A2		1	1/3	A2		1	1/7
A3			1	A3			1	A3			1
SC7				SC8				SC9			
	A1	A2	A3		A1	A2	A3		A1	A2	A3
A1	1	3	5	A1	1	3	5	A1	1	3	5
A2		1	3	A2		1	3	A2		1	3
A3			1	A3			1	A3			1
SC10											
	A1	A2	A3								
A1	1	1/5	5								
A2		1	5								
A3			1								

Fonte: Elaboração própria

Tabela 68 - Avaliação dos critérios e subcritérios pelo decisor 14

	C1	C2	SC1	SC2	SC3	SC4	SC5	SC6	SC7	SC8	SC9	SC10
C1	1	1/4										
C2		1										
SC1			1	1/7	1/7	1/3	1/3	5				
SC2				1	1/7	1/3	1/3	7				
SC3					1	5	5	7				
SC4						1	3	5				
SC5							1	5				
SC6								1				
SC7									1	3	7	1/3
SC8										1	5	1/5
SC9											1	1/9
SC10												1

Fonte: Elaboração própria

Tabela 69 - Avaliação das alternativas pelo decisor 14

SC1			
	A1	A2	A3
A1	1	5	5
A2		1	3
A3			1

SC2			
	A1	A2	A3
A1	1	5	5
A2		1	3
A3			1

SC3			
	A1	A2	A3
A1	1	1/5	3
A2		1	5
A3			1

SC4			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	7
A2		1	7
A3			1

SC5			
	A1	A2	A3
A1	1	7	7
A2		1	3
A3			1

SC6			
	A1	A2	A3
A1	1	3	3
A2		1	3
A3			1

SC7			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	5
A2		1	7
A3			1

SC8			
	A1	A2	A3
A1	1	1/3	3
A2		1	7
A3			1

SC9			
	A1	A2	A3
A1	1	3	7
A2		1	5
A3			1

SC10			
	A1	A2	A3
A1	1	1/5	5
A2		1	9
A3			1

Fonte: Elaboração própria