



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**MODELO DE DECISÃO PARA A SELEÇÃO DE FORNECEDOR
EM UMA INDÚSTRIA DE ALIMENTOS BASEADO NO MÉTODO
MULTICRITÉRIO PROMETHEE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO
POR

JULIANA REGUEIRA ABATH
Orientador: Adiel Teixeira de Almeida, PhD

RECIFE, DEZEMBRO/2010

A119m

Abath, Juliana Regueira

Modelo de decisão para a seleção de fornecedor em uma indústria de alimentos baseado no método multicritério PROMETHEE / Juliana Regueira Abath. – Recife: O Autor, 2010.
vi, 47 f.; il., figs., tabs.

TCC (Graduação) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Curso de Engenharia de Produção, 2010.

Inclui Referências Bibliográficas.

1. Engenharia de Produção. 2. Multicritério. 3. Fornecedor.
4. Terceirização. 5. Modelo de Apoio a Decisão. 6.
PROMETHEE. I. Título.

UFPE

658.5

BCTG/2010-240

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos que colaboraram e me apoiaram no desenvolvimento desse trabalho e na conclusão do curso.

Agradeço aos meus pais, Ana Célia e Eduardo, que desde cedo investiram na minha educação.

Ao meu irmão Eduardo e minha irmã Luísa pela ajuda e união em todos os momentos.

A minha avó, Lygia, por acreditar no meu potencial.

Aos meus colegas de turma, pela amizade e companheirismo durante todo o período do curso.

Ao professor Adiel Almeida pela orientação não só neste trabalho, mas também durante todo o período de iniciação científica.

RESUMO

A terceirização é uma importante ferramenta que vem sendo muito abordada na literatura atualmente. Contratar o fornecimento de serviços ou produtos de outras empresas, contudo, é um processo que envolve várias decisões a serem tomadas, como o que e quanto terceirizar, quando terceirizar, e quem fornecerá o serviço. Cada uma dessas decisões possui uma série de aspectos a serem considerados e objetivos, muitas vezes, conflitantes, se tornando, portanto, complexa. Para fornecer auxílio aos decisores quanto a essas decisões, são propostos modelos de apoio a decisão. Dentre os modelos de apoio a decisão, os métodos multicritérios são aplicados para resolver os problemas com uma mais de uma alternativa de decisão e uma série de objetivos conflitantes entre si, como no problema de seleção de fornecedor. Na literatura, pode-se encontrar vários desses modelos multicritérios como o SMART, PROMETHEE, ELECTRE, AHP, MACHBETH, entre outros. Este trabalho apresenta um modelo de apoio a decisão para um problema típico de seleção de fornecedor que utiliza o método multicritério PROMETHEE II para obter um conjunto de relações entre os fornecedores considerados, o qual permite a visualização de uma ordem das melhores alternativas, de acordo com os critérios estabelecidos.

Palavras chave: multicritério, fornecedor, terceirização, modelo de apoio a decisão, PROMETHEE.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Justificativa e Relevância	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Metodologia.....	2
1.4 Organização do Trabalho.....	3
2. BASE CONCEITUAL.....	4
2.1 A Terceirização e os seus Diferentes Aspectos.....	4
2.2 A Terceirização e a Seleção de Fornecedor.....	5
2.3 Métodos Multicritérios.....	11
2.4 Os Métodos PROMETHEE I e II.....	13
3. CONSTRUÇÃO DO MODELO.....	19
4. APLICAÇÃO NUMÉRICA E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE.....	33
5. CONCLUSÃO.....	42
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:Matriz de consequências.....	13
Tabela 3.1: Exemplos de critérios de qualidade, entrega e custos	20
Tabela 3.2: Matriz de consequências com estados da natureza.....	23
Tabela 3.3: Resumo das características do problema em estudo.....	27
Tabela 3.4: Outros modelos de estruturação do problema de decisão.....	32
Tabela 4.1: Matriz de consequências.....	33
Tabela 4.2: Informações sobre os critérios utilizados.....	33
Tabela 4.3: Valores das diferenças de desempenho para as comparações com a alternativa A.....	35
Tabela 4.4: Valores das funções de preferência das comparações com a alternativa A.....	36
Tabela 4.5: Índices de Preferência para as comparações com a alternativa A.....	36
Tabela 4.6: Índices de preferência e fluxos positivos e negativos para todas as alternativas.....	38
Tabela 4.7: Fluxos líquidos das alternativas.....	38
Tabela 4.8: Ordenação das melhores alternativas.....	38
Tabela 4.9: Resultados para variações nos pesos dos critérios.....	39
Tabela 4.10: Resumo do comportamento dos critérios.....	41

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1: Representação gráfica das funções de preferência.....	16
Figura 2.2: Representação gráfica das relações de sobreclassificação.....	18
Figura 3.1: Esquema de exemplos de métodos compensatórios e não compensatórios.....	25
Figura 3.2: Resumo das etapas da modelagem do problema.....	30
Figura 4.1: Fluxo das relações de sobreclassificação.....	38

1. INTRODUÇÃO

A terceirização é uma importante ferramenta que vem sendo muito abordada na literatura atualmente. Contratar o fornecimento de serviços ou produtos de outras empresas, contudo, é um processo que envolve várias decisões a serem tomadas: o que, como, quanto e quando terceirizar e, ainda, quem fornecerá o serviço. Cada uma dessas decisões possui uma série de aspectos a serem considerados e objetivos muitas vezes, conflitantes, tornando-se, portanto, complexa.

O foco principal deste trabalho reside no problema onde uma empresa precisa selecionar um fornecedor dentre várias opções presentes no mercado, sendo necessário julgá-los de acordo com diferentes critérios e objetivos. Tais critérios e objetivos são, na maioria das vezes, conflitantes tornando o processo de decisão complexo.

Visando fornecer suporte aos decisores nas tomadas de decisões, vários modelos de apoio a decisão são propostos na literatura, tanto de base conceitual como baseados em métodos matemáticos. Na literatura podem-se encontrar vários modelos matemáticos baseados em métodos multicritérios, tais como o SMART, PROMETHEE, ELECTRE, AHP, MACHBETH, entre outros. Os modelos multicritérios são utilizados para resolver os problemas com uma grande quantidade de alternativas de decisão e uma série de objetivos conflitantes entre si, aplicando-se, portanto, ao problema de seleção de fornecedor.

1.1. Justificativa e Relevância

Atualmente, muitas empresas têm se utilizado de relações de terceirização em busca de, entre outros benefícios, aumentar sua competitividade e sua lucratividade, além de poderem voltar sua atenção para as partes mais essenciais do negócio (BURDON *et al*, 2005). Segundo Quélin *et al* (2003) através da terceirização, a empresa pode obter vantagens como a redução de custos operacionais, a possibilidade de se focar nas partes mais essenciais do negócio, a redução do capital investido, o acesso a recursos externos, o aumento da qualidade, a transformação de custos fixos em variáveis e um maior controle dos departamentos internos.

Devido a sua crescente utilização e importância nos negócios das organizações, esse é um tema que vem sendo bastante abordado em estudos, sob diferentes aspectos.

Para conseguir obter os melhores resultados a partir do uso desta ferramenta, contudo, antes de terceirizar um produto ou serviço, a empresa necessita avaliar suas condições e, com base nelas, decidir quanto a uma série de questões a respeito do problema. Tendo em vista que tais decisões nem sempre são simples, é de grande importância o estudo sobre o tema assim como o desenvolvimento de sistemas que apoiem estas tomadas de decisão, de maneira a maximizar os benefícios e minimizar os prejuízos no processo.

1.2 Objetivo

O propósito deste estudo é analisar o problema de seleção de fornecedor nas atividades de terceirização, assim como verificar o auxílio que os modelos multicritério de apoio a decisão (MCDA) oferecem aos decisores para tratarem de problemas multicritérios como esse. Para tal, o problema de seleção de fornecedores sob a consideração de vários critérios objetivos será modelado, utilizando-se o método multicritério PROMETHEE II (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*).

1.3 Metodologia

O método utilizado na pesquisa será o método dedutivo com finalidade aplicada. O Objetivo da pesquisa é descritiva, pois busca conhecer e explicar as relações entre critérios escolhidos para julgar os fornecedores e as empresas que devem ser selecionadas da melhor maneira a se ajustarem aos objetivos. Os dados conceituais da pesquisa, sobre terceirização e seleção de fornecedores serão obtidos através de pesquisa bibliográfica e será utilizada uma modelagem para solucionar o problema. Este trabalho será de natureza quantitativa, pois medirá as variáveis de pesquisa (variáveis de performance dos fornecedores).

A modelagem será feita através da aplicação de um método multicritério a ser escolhido, que terá como produto a ordenação das melhores opções de fornecedores, de acordo com os objetivos definidos previamente.

A complexidade das decisões tomadas se devem, na seleção de fornecedores, a grande quantidade de alternativas disponíveis e ao conflito entre os vários aspectos utilizados para julgá-los. Os modelos multicritérios foram desenvolvidos para lidar com esses tipos de problema.

A partir da aplicação do modelo, um conjunto de relações de sobreclassificação entre os fornecedores considerados serão obtidos, o qual permitirá a visualização de uma ordem das melhores alternativas.

1.4 Organização do Trabalho

Este trabalho está estruturado em 5 capítulos. O primeiro capítulo consiste na introdução, onde são apresentados a justificativa e relevância do mesmo, o objetivo e a metodologia a serem utilizados.

No segundo capítulo será apresentada a fundamentação teórica do trabalho, com uma revisão bibliográfica sobre a terceirização de uma maneira geral, a seleção de fornecedor, os métodos multicritérios e o método PROMETHEE II.

O terceiro capítulo modela um problema típico de seleção de fornecedor com enfoque multicritério. Dados numéricos são utilizados no capítulo seguinte, onde o modelo é aplicado e, posteriormente, é feita uma análise de sensibilidade dos resultados.

O quinto e último capítulo apresenta as conclusões do trabalho.

2. BASE CONCEITUAL

2.1 A Terceirização e os seus Diferentes Aspectos

Segundo Belcourt (2006), terceirização é definida como a contratação por uma organização de uma outra organização para o fornecimento produtos ou serviços a uma maior atividade ou função. É uma ferramenta que exerce grande influência nas operações de uma empresa e que envolve uma série de decisões por parte dos gestores. Para Araz *et al* (2007) as atividades de terceirização são extremamente importantes dentro das operações de uma empresa que ficam mais dependentes do desempenho de seus fornecedores. Através da terceirização, a empresa pode obter vantagens como a redução de custos operacionais, a possibilidade de se focar nas partes mais essenciais do negócio, a redução do capital investido, o acesso a recursos externos, o aumento da qualidade, a transformação de custos fixos em variáveis e um maior controle dos departamentos internos (QUÉLIN *et al*, 2003). Devido a esta importância da terceirização, este é um tema que vem sendo frequentemente estudado na literatura sobre diferentes aspectos.

Florin *et al* (2005) apresenta relações entre a decisão terceirização da tecnologia de informação em curto e em longo prazo e explora os efeitos da reestruturação dos eventos que frequentemente acompanham esta decisão. Conclui-se que a terceirização do sistema de informação está positivamente relacionada com os retornos anormais à curto prazo, enquanto que os retornos a longo prazo ficam negativos quando seguidos por uma reestruturação organizacional vinda da terceirização do mesmo.

A terceirização de sistemas de informação de empresas de pequeno a médio porte é estudada por Rohde (2004), explorando não só que empresas diferentes terceirizaram, mas também as nuances de seus acordos. Concluiu-se que as empresas de pequeno porte tendem a terceirizar com pouca confiança do ponto de vista legal, enquanto que as de médio porte costumam usar iniciativas mais planejadas, com um parecer jurídico mais frequente.

Quélin *et al* (2003) estuda as motivações e os riscos da terceirização no caso de empresas de manufatura européia, evidenciando quatro tópicos: (1) preocupações com negócios principais e redução de custos estão interligados, (2) melhorias na qualidade e especialidades são expectativas específicas das empresas de terceirização, (3) economia de custos operacional deve ser balanceada com os custos e com monitoramento de fornecedores e (4) o objetivo de melhoria na flexibilidade surge como um problema distinto.

Walker *et al* (2006) considera o que se pode ser feito para administrar mercados desbalanceados (fornecedores demais ou de menos), causados pelas decisões de se terceirizar serem

tomadas a nível local, que prejudicam tanto fornecedores quanto clientes. É tomado como exemplo o caso da *English National Health* (Saúde Nacional Inglesa).

Mol (2005) aborda o fato de a empresa ser intensiva em pesquisa e desenvolvimento (P&D) ser tradicionalmente visto como um impedimento à terceirização, como era o caso das empresas de manufatura dos anos 1990. Mostrando que ser intensivo em P&D se tornou um fator positivo para mudanças em níveis da terceirização, confirma-se a necessidade de mudança para uma visão relacional entre terceirização e P&D.

Mccarthy *et al* (2004) expõe a terceirização e os benefícios para a organização se rearranjar e reduzir os custos de transação dos produtos e serviços. Também se considerou de que maneira os benefícios econômicos da terceirização afetam na contribuição da organização no produto interno bruto do setor.

Offodile *et al* (2002) apresenta estratégias para empresas de manufatura de pequeno porte (SME - *small manufacturing enterprises*) conseguirem manter e ganhar produtividade, num ambiente de pressão para fabricarem produtos de boa qualidade, rapidamente, econômicos e com altos níveis de aceitabilidade.

Mol *et al* (2005) testou as decisões chaves da terceirização usando dados de um questionário aplicado em 200 empresas holandesas. A partir de tais dados concluíram que a maioria da terceirização internacional é intra-regional e que é uma consequência da habilidade da empresa em escolher o fornecedor.

2.2 A Terceirização e a Seleção de Fornecedor

Antes de terceirizar um produto ou serviço, contudo, a empresa necessita avaliar suas condições e, com base nelas, decidir uma série de questões a respeito do problema. Primeiramente é necessário decidir se irá terceirizar ou não e quais, quando e quanto aquela operação será terceirizado.

Uma decisão típica, foco de estudo deste trabalho, é a de seleção da empresa que fornecerá o serviço desejado (seleção de contratos). Saen (2010) define a seleção do fornecedor como o processo onde os fornecedores são revistos, avaliados e escolhidos para fazer parte da cadeia de suprimentos de uma organização.

Este é um problema que envolve, na maioria dos casos, uma certa quantidade de empresas disponíveis no mercado para fornecer o serviço dos quais o gestor precisará escolher um, ou alguns deles. Os critérios de escolha dos fornecedores são, muitas vezes, conflitantes.

O processo de seleção de fornecedor é de extrema importância, principalmente, para organizações que gastam grande percentual de sua receita de vendas em suprimento de partes e

materiais e cujos custos de materiais representam uma grande porção dos custos totais. O processo de seleção de fornecedor pode representar oportunidade de redução dos custos de compra e de aumento da competitividade, além de reduzir os riscos, maximizar o valor agregado da compra e construir fortes relações de longo prazo entre fornecedores e compradores (SANAYEI, 2010; CHENA *et al* 2006 *apud* SANAYEI 2010). Sanayei *et al* (2010) coloca que devido a sua importância estratégica, incertezas e riscos envolvidos no processo, frequentemente tomadores de decisão de outras áreas da organização, além de compras, são envolvidos no processo de seleção de fornecedor.

Amin *et al* (2009) também destaca a importância do fornecedor devido a grande influência que gerenciamento da cadeia de suprimentos possui na estratégia e na geração de valor para os clientes. Segundo Kahraman *et al* 2003 *apud* Amin *et al* (2009), o objetivo da seleção de fornecedor é identificar o fornecedor com maior potencial de atingir os objetivos da empresa a um custo aceitável.

O aumento da complexidade dos produtos e serviços, os ciclos de vida mais curtos dos produtos, a globalização e as melhorias na logística fez com que as organizações se tornassem cada vez mais dependentes de seus fornecedores (DE BOER *et al*, 2001 *apud* MICHELI *et al*, 2009). Nesse contexto, o gerenciamento de riscos da cadeia de suprimentos se tornou essencial e a seleção do fornecedor passou a ser a atividade mais importante na terceirização.

Lee *et al* (2001) *apud* Gencer *et al* (2007) apontam a importância dos fornecedores colocando que em média 60% dos custos dos bens vendidos provem dos produtos e serviços terceirizados e que 50% dos defeitos de qualidade tem sua origem no material comprado.

A crescente tendência da terceirização está deixando as tomadas de decisões na cadeia de suprimentos cada vez mais complexa e sujeita a riscos na qualidade do produto e de atrasos na entrega (WU *et al*, 2010). Segundo Wu *et al* (2010), o processo de seleção do fornecedor por sua natureza envolve o balanço entre vários critérios e a presença de fatores quantitativos e qualitativos. A complexidade desse problema vem sendo bastante tratada na literatura, onde são propostos diversos modelos de apoio a decisão de seleção de fornecedor.

Ho *et al* (2010) coloca que, atualmente, a gestão de suprimentos busca por poucos, mas, confiáveis fornecedores, estabelecendo assim relações de longo prazo. Por este motivo, ao longo do tempo, a seleção de fornecedor passou a envolver não apenas os custos de cada um deles mas uma série de critérios qualitativos e quantitativos. Ho *et al* (2010) apresenta uma vasta revisão da literatura neste campo de estudo buscando identificar quais são, atualmente, as abordagens mais utilizadas, os critérios para os quais se dá mais atenção e se há alguma inadequação nas abordagens.

Dentro desse campo de estudo, Almeida (2007) apresenta os resultados de uma pesquisa de modelos de decisão multicritério para o problema de seleção do fornecedor, fazendo uso de função utilidade com o método ELECTRE. O problema consiste em escolher o melhor fornecedor, considerando vários critérios. A formulação do problema visa responder o seguinte questionamento: Quais tipos de serviços podem ser terceirizados. O tomador de decisão deve escolher a melhor alternativa com base no método multicritério.

Burdon *et al* (2005) estuda a terceirização da EFM (Engineering and Facilities Management), os seus os objetivos esperados e os realmente obtidos, tendo como base os contratos de terceirização de 26 empresas. Os contratos mais bem sucedidos são correlacionados com os profissionais mais bem sucedidos. Os fatores de sucesso são agrupados em quatro grupos, onde um deles é a escolha do estilo do contrato e de administração. Também são tidos como fatores de sucesso as relações de gerência, a inovação na administração e a administração da mão de obra.

Wadhwa *et al* (2007) modela o problema de seleção do fornecedor como um problema de otimização multi-objetivo onde um ou mais clientes fazem vários pedidos de produtos a diferentes fornecedores. Wadhwa *et al* (2007) apresenta vários métodos de otimização multi-objetivo, para resolver o problema de seleção do fornecedor. Esses métodos incluem *weighted objective*, programação de objetivos (*goal programming*) e programação de acordos (*compromise programming*).

Ainda para o problema de seleção do fornecedor, Ernest *et al* (2007) considera, além da distribuição do tempo de entrega (LT- *lead time*), a distribuição da demanda por unidade de tempo (DPUT- *distribution of demand per unit time*), para a tomada de uma ótima decisão. Estes autores apresentam uma regra simples para a seleção do fornecedor baseada no coeficiente de variação (CV) para a distribuição do DPUT. Caso o CV seja reduzido deve-se escolher o fornecedor cuja variância no tempo de entrega é pequeno. Mas se o CV for grande, deve-se escolher o fornecedor cuja média no tempo de entrega é pequeno.

Tendo como caso o sistema de suporte a decisão da terceirização de operações na empresa Honeywell Consumer Products, em Hong Kong, Choy *et al* (2005) descreve um sistema baseado no conhecimento de seleção e avaliação do fornecedor. Neste sistema, o desempenho do fornecedor é constantemente atualizado de forma automática, retendo, categorizando, recuperando e controlando as informações sobre os fornecedores. Um sistema de suporte a decisão de sistema de informação CBR (*case-based reasoning*), o CSSSES (*case-based supplier selection and evaluation system*) é apresentado para a terceirização de operações onde os fornecedores são categorizados de acordo com sua competitividade de mercado, visando estabelecer relações colaborativas cliente-fornecedor.

Segundo Liston *et al* (2007), os contratos de terceirização são rapidamente incorporados, sem o completo entendimento dos custos em que acarretarão. Também é apresentada uma maneira de desenvolver ferramentas baseadas em simulação de eventos discretos para dar suporte a empresas de terceirização nos custos de contratação. Simulações são descritas para diferentes cenários de custos do contrato.

Araz *et al* (2007) utilizam uma metodologia multicritério de tomada de decisão para a gerência da terceirização, desenvolvendo-se um sistema através do uso do FGP (*fuzzy goal programming*). Em uma primeira fase foram determinados os critérios de avaliação e os objetivos, avaliando as terceirizações existentes na empresa através do PROMETHEE (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*). Em uma segunda fase, o modelo desenvolvido seleciona os fornecedores mais adequados à situação e às quantidades de serviços alocadas a estes. Os resultados são arquivados e comparados com a atual situação da companhia.

Amid *et al* (2006) aplica a teoria *fuzzy* para resolver o problema multicritério de seleção de fornecedor devido ao fato de as informações não serem precisas e os valores dos critérios e restrições serem expressos em termos vagos. Um modelo *fuzzy* multiobjetivo é desenvolvido para tratar do problema de seleção do fornecedor onde diferentes pesos são considerados para diferentes critérios.

Keskin *et al* (2010) propõe o uso de uma nova ferramenta para a avaliação e seleção do fornecedor baseado em redes neurais *fuzzy* ART's (*Adaptive Resonance Theory*). A técnica ART é baseada em redes neurais e é usada, basicamente, para problemas de classificação. O modelo não só seleciona os fornecedores mais apropriados mas também os divide em grupos de acordo com os critérios escolhidos.

Shu *et al* (2009) destaca a importância da qualidade dos componentes ou serviços terceirizados devido a sua influência direta na qualidade do produto final, que vem se tornando uma prioridade estratégica no ambiente competitivo. Shu *et al* (2009) estuda um modelo para seleção de fornecedor baseado na qualidade utilizando a teoria de conjunto *fuzzy* (*fuzzy set theory*) para tratar dos dados qualitativos e imprecisos.

Sananey *et al* (2010) utiliza um modelo baseado no método VIKOR (método multicritério de otimização e solução comprometida). Esse método foi recentemente desenvolvido em Opricovic (1998) e Opricovic *et al* (2002) para tratar de problemas de decisão multiobjetivo com critérios conflitantes e de unidades diferentes. Sananey *et al* (2010) também faz uso, assim como Shu *et al* (2009), da teoria de conjunto *fuzzy* (*fuzzy set theory*) e valores lingüísticos para tratar da incerteza e dos fatores qualitativos.

Wu *et al* (2010) é um modelo de programação multi objetivo *fuzzy* (*fuzzy multi-objective programming*- FMOP) de seleção do fornecedor para o gerenciamento do risco de terceirização na cadeia de suprimentos. São considerados tanto critérios quantitativos como custo, qualidade e logística, caracterizados com dados históricos, quanto critérios qualitativo tais como fatores do ambiente econômico e valor do fornecedor.

Kara (2010) utiliza um modelo integrado de duas fases para a seleção de fornecedor. Após uma fase inicial de pesquisa, os potenciais fornecedores são ordenados e agrupados, em ambientes incertos e com informações qualitativas através do uso do método *fuzzy TOPSIS* (*technique for order performance by similarity to ideal solution*). Os fornecedores do melhor grupo são então escolhidos com base em um método de programação estocástica de dois níveis. A avaliação dos fornecedores ocorrem em um ambiente de dados qualitativos e de demanda incerta.

Che *et al* (2008) trata do problema de seleção de fornecedores, quando capacidades são limitadas, em empresas que produzem mais de um tipo de produto e, devido a grande demanda, desejam terceirizar as partes comuns e não comuns de seu processo, garantindo a maior qualidade, menor tempo e custo. Primeiramente é levantada a lista de materiais e é desenvolvido um modelo matemático de otimização para a relação entre as várias partes. Tal relação é usada posteriormente para a seleção dos fornecedores das partes comuns e não comuns. Um algoritmo genérico é utilizado para resolver o modelo matemático de otimização na seleção de fornecedor, considerando suas respectivas capacidades produtivas.

Micheli *et al* (2009) propõe uma abordagem de seleção de fornecedor baseada em uma análise do risco-eficiência (*risk-efficiency-based supplier selection – REBaSS*) com o objetivo de reduzir o risco da cadeia de suprimentos. Essa abordagem pode ser considerada como uma aplicação da abordagem de custo total de posse (TCO - *total cost of ownership*) que fornece apoio a tomada de decisão de seleção de fornecedor.

Amin *et al* (2009) propõe um modelo integrado para a gestão do fornecedor que combina critérios quantitativos e qualitativos ao mesmo tempo que leva em consideração a posição competitiva, o desempenho atual e a visão dos clientes. Na primeira fase, um modelo QFD (*quality function deployment*) é integrado a um modelo qualitativo para selecionar os melhores provedores de serviço de internet. Em uma segunda etapa, os provedores de serviço de internet selecionados são avaliados segundo um algoritmo novel. A avaliação subjetiva ganha destaque no processo de seleção e avaliação utilizando-se números *fuzzy* triangulares.

Gencer *et al* (2007) faz uso do ANP (*analytic network process*) para desenvolver um modelo de seleção de fornecedor considerando a avaliação das relações entre os critérios de escolha numa sistemática de *feedback*.

Demistas *et al* (2008) coloca que para realizar suas atividades uma empresa precisa trabalhar com diferentes fornecedores cujo desempenho é afetado por diversos fatores tangíveis e intangíveis, muitas vezes conflitantes. Assim como Gencer *et al* (2007), Demistas *et al* (2008) faz o uso de um ANP (*analytic network process*) porém combinado com a programação linear inteira mista multi objetivo (MOMILP - *multi-objective mixed integer linear programming*) para escolher os melhores fornecedores e definir a quantidade ótima a ser demandada a cada um deles.

Lung Ng (2008) faz uso de um modelo de programação linear para a solução desse mesmo problema. O modelo permite a participação do tomador de decisão na ordenação da importância relativa dos critérios. Adjunto ao modelo também é estudada uma técnica de transformação que permita a solução do mesmo sem a otimização.

Sawik (2010) trata do problema de seleção do fornecedor e alocação de pedidos em um ambiente de manufatura por encomenda que precisa produzir produtos diferentes para atender as diferentes necessidades de seus clientes. Os critérios utilizados são a qualidade, o preço e a confiabilidade do tempo de entrega. Um modelo de programação inteira também é utilizado por Sawik (2010) para problemas com um ou mais critérios em um ambiente com ou sem descontos. O modelo leva em considerações riscos operacionais através da utilização de restrições de risco associados a incerteza da qualidade e confiabilidade de seus fornecedores.

Chen (2010) estuda o problema de seleção e avaliação de fornecedor com uma visão não só na empresa contratante, mas, da arquitetura integrada de toda a cadeia de suprimentos. Os critérios e indicadores para esse problema são definidos a partir da estratégia competitiva da empresa, definida previamente a partir de uma análise SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, threats* – forças, fraquezas, oportunidades e ameaças). Os potenciais fornecedores são identificados através de uma análise envoltória de dados (DEA-*data envelopment analysis*). Por fim, os potenciais fornecedores são ordenados utilizando-se o método de decisão multicritério TOPSIS (*Technique for order preference by similarity to ideal solution*).

Saen (2010) também faz uso de um modelo baseado no método de análise por envoltória de dados (DEA) para a escolha dos fornecedores. Em sua formulação original, as unidades de tomada de decisão podem livremente escolher os pesos e valores de entrada (*input*) e saída (*output*) de maneira a maximizar sua eficiência. Contudo, essa flexibilidade se torna uma desvantagem para o problema tratado, pois, os fornecedores podem atribuir peso zero aos critérios onde possuem piores desempenhos e por tal motivo os pesos dos inputs e outputs serão impostos previamente. Além disso Saen (2010) também considera em seu modelo fatores que possuem duplas funções, tanto de *input* como de *output*.

2.3 Métodos Multicritérios

Almeida (2010) descreve um problema multicritério como uma situação onde o decisor precisa escolher entre algumas alternativas visando alcançar mais de um objetivo, que são muitas vezes conflitantes entre si, para obter a melhor consequência possível. Esses objetivos, também chamados de critérios, são representados por variáveis que permitem a avaliação de cada alternativa. Nesses problemas, o decisor precisa estabelecer quais são os seus objetivos e definir como irá mensurá-los, através do uso de múltiplos critérios (ALMEIDA, 2002).

A qualidade e o custo de um produto ou serviço, por exemplo, são frequentemente considerados como critérios conflitantes. Normalmente, um produto de maior qualidade possui um maior custo e um produto de menor custo possui qualidade inferior. Porém, o que se deseja é a máxima qualidade e o custo mínimo, gerando assim uma maior complexidade na tomada de decisão.

A complexidade das decisões tomadas se deve a grande quantidade de alternativas disponíveis e o conflito entre os vários critérios utilizados. Os modelos multicritérios são desenvolvidos para estudar e representar esse tipo de problema. Marakas (1998) *apud* Gomes *et al* (2006) descreve os sistemas de apoio a decisão como um sistema sob controle de um ou mais decisores que dá suporte às atividades de tomada de decisão por meio de um conjunto organizado de ferramentas.

Gomes *et al* (2006) destaca cinco pontos de vantagens que a utilização do apoio multicritério a decisão apresenta:

- Utiliza uma abordagem mais abrangente e realista dos problemas complexos de decisão, considerando uma diversidade maior de fatores, não só qualitativos, mas, também quantitativos;
- Promove e facilita a comunicação entre os envolvidos no processo;
- Explicita as preferências do decisor, permitindo maior organização e transparência, aumentando, consequentemente, sua credibilidade;
- Propicia maior compreensão dos envolvidos das diversas dimensões do problema. O modelo também permite ser aprimorado ao longo do tempo;
- Agrega valor à informação, pois, além de permitir o tratamento de problemas complexos agrega clareza e transparência à tomada de decisão.

A modelagem desses problemas normalmente envolvem métodos multicritérios de apoio a decisão (MCDA). Como exemplos de MCDA podemos citar o PROMETHEE, o ELECTRE, o MAUT, SMART, AHP, MACHBETH, entre outros. Segundo Almeida (2002), “os métodos multicritérios têm sido desenvolvidos para apoiar e conduzir os decisores na avaliação e escolha das alternativas de ação”.

Almeida (2010) coloca que caso sejam envolvidas incertezas no comportamento de alguma variável, tem-se um problema probabilístico. Caso as consequências das variáveis sejam conhecidas com certeza, tem-se um problema determinístico.

O processo de tomada de decisão pode envolver um grupo de decisores ou, em casos mais simples, apenas um decisor. Nesse processo também podem estar envolvidos analistas ou facilitadores, que são responsáveis por fornecer um apoio na metodologia, clientes, que são intermediários entre o decisor e o analista, e especialistas, que são profissionais com conhecimento aprofundado no objeto de estudo (ALMEIDA, 2010).

Existem várias maneiras de se classificar os métodos MCDA. Um delas é dividi-los em dois grupos: os problemas multicritérios de alternativas discreto, que envolve alternativas discretas, e os problemas multicritério de otimização, que seriam os métodos de programação matemática, com um conjunto de alternativas contínuas (WALLENIOUS *et al*, 2008 *apud* ALMEIDA, 2010).

Outra maneira de classificar os métodos MCDA é o proposto por Roy, 1996 e Vincke, 1992 *apud* Almeida, 2010:

- Métodos de critério único de síntese, que constituem os métodos que consolidam todos os atributos em apenas um objetivo. Como exemplo desses métodos podemos citar o MAUT (*Multi-Attribute Utility Theory*), SMARTS, AHP (*Analytic Hierarchy Process*) e MACBETH;
- Métodos de sobreclassificação, que estabelecem relações de superação ou prevalência entre as alternativas, como os métodos da família ELECTRE e PROMETHEE;
- Métodos interativos que podem ser associados a problemas discretos ou contínuos, como a programação linear multiobjetivo (PLMO).

Um outro conjunto de métodos MCDA que merece destaque por ser frequentemente tratado na literatura são os métodos de lógica *Fuzzy*. Os métodos baseados na lógica fuzzy se aplicam a problemas onde não há clareza nas informações, isto é, há uma imprecisão devido a dificuldade do decisor de exprimir sua preferência de forma completa (ALMEIDA, 2010).

Para uma melhor visualização dos problemas determinísticos com alternativas discretas utiliza-se a matriz de consequências. Considerando-se que têm-se um conjunto de quatro alternativas (a1, a2, a3 e a4) para serem escolhidas com base em 3 critérios (c1, c2 e c3). Primeiro, deve-se fazer uma análise intra-critério para cada alternativa em cada um dos critérios (ALMEIDA, 2010). Isto é, para cada uma das alternativas *i* observa-se o seu desempenho no critério c1, c2 e c3 separadamente, obtendo um valor para cada uma dessas consequências (vi1, vi2 e vi3). Com esses valores constrói-se a matriz de consequências como mostrada a seguir (tabela 2.1).

	c1	c2	c3
a1	v11	v12	v13
a2	v21	v22	v23
a3	v31	v32	v33
a4	v41	v42	v43

Tabela 2.1: Matriz de consequências

A partir desses valores, será necessário fazer uma avaliação inter-critério, observando a combinação dos diferentes critérios. Esta segunda etapa é feita através da escolha de um método MCDA.

Para selecionar o método mais adequado para a resolução do problema, é importante identificar qual o tipo de problemática que está se analisando. Roy, 1996 *apud* Almeida, 2010 apresenta quatro grupos nos quais o problema pode se enquadrar de acordo com o resultado pretendido:

- Problemática $P\alpha$ (problemática de escolha), onde deseja-se escolher uma ou um conjunto de alternativas no espaço de ações;
- Problemática $P\beta$ (problemática de classificação), onde o objetivo é classificar as alternativas em categorias previamente definidas;
- Problemática $P\gamma$ (problemática de ordenação), cuja finalidade é obter uma ordem das ações;
- Problemática $P\delta$ (problemática de descrição), que procura descrever as ações e suas consequências.

2.4 Os Métodos PROMETHEE I e II

O PROMETHEE (*preference ranking organization method for enrichment evaluations*) foi proposto por Brans (1986, *apud* WANG *et al* 2007) e é aplicado em problemas com um número finito de alternativas a serem ordenadas, considerando os critérios conflitantes (GOUMAS *et al*, 2000 *apud* WANG *et al*, 2007).

Esse método trabalha construindo relações de sobreclassificação entre as alternativas do problema. Através da comparação aos pares das alternativas, o método estabelece se uma alternativa é pelo menos tão boa quanto a outra. Essas relações são posteriormente exploradas para fornecer os resultados. A relação de sobreclassificação entre duas alternativas ocorre quando há razões claras que justifiquem a preferência estrita ou preferência fraca por uma das alternativas. Entende-se por preferência fraca a relação onde há uma relação de preferência estrita ou indiferença entre as alternativas (GOMES *et al*, 2006).

O método PROMETHEE possibilita a relação de incomparabilidade entre as alternativas e é considerado um método não compensatório.

Para cada par de alternativa, o método calcula as diferenças entre os valores das consequências das alternativas (a e b) para cada critério (i):

$$g_i(a) - g_i(b)$$

Esses valores normalmente estão apresentados na matriz de consequências do problema.

Para cada uma dessas diferenças, são estabelecidos valores de preferência entre zero e um, que vão variar de acordo com a função de preferência escolhida ($F(g_i(a)-g_i(b))$). Essas funções de preferência devem ser escolhidas pelo decisor para cada critério de maneira a exprimir a intensidade da preferência da relação. Essas funções podem ser (ALMEIDA, 2010):

- Critério Usual: $F_j(a,b) = 1$ se $g_j(a) - g_j(b) > 0$

$$F_j(a,b) = 0 \text{ se } g_j(a) - g_j(b) \leq 0$$

- Quase Critério: $F_j(a,b) = 1$ se $g_j(a) - g_j(b) > q$

$$F_j(a,b) = 0 \text{ se } g_j(a) - g_j(b) \leq q$$

- Limiar de Preferência: $F_j(a,b) = 1$ se $g_j(a) - g_j(b) > p$

$$F_j(a,b) = \frac{|g_j(a) - g_j(b)|}{p} \text{ se } g_j(a) - g_j(b) \leq q$$

$$F_j(a,b) = 0 \text{ se } g_j(a) - g_j(b) \leq q$$

- Pseudo Critério: $F_j(a,b) = 0$ se $g_j(a) - g_j(b) \leq q$

$$F_j(a,b) = 0,5 \text{ se } q < |g_j(a) - g_j(b)| \leq p$$

$$F_j(a,b) = 1 \text{ se } |g_j(a) - g_j(b)| > p$$

- Área de Indiferença $F_j(a,b) = 1$ se $|g_j(a) - g_j(b)| \leq q$

$$F_j(a,b) = \frac{|g_j(a) - g_j(b)| - q}{p - q} \quad \text{se } q < |g_j(a) - g_j(b)| \leq p$$

$$F_j(a,b) = 1 \quad \text{se } |g_j(a) - g_j(b)| > p$$

- Critério Gaussiano: $F_j(a,b) = 1 - e^{-d^2/2\sigma^2}$

Onde q e p são, respectivamente, os limiares de preferência e de indiferença. A função de preferência procura estabelecer o quanto uma determinada alternativa é preferível à outra. Esse grau de preferência é expressa por um valor entre zero e um, onde zero significa que não há preferência e um indica uma preferência completa (CAVALLARO, 2009).

A representação gráfica de cada um desses critérios pode ser visualizada na figura 2.1.

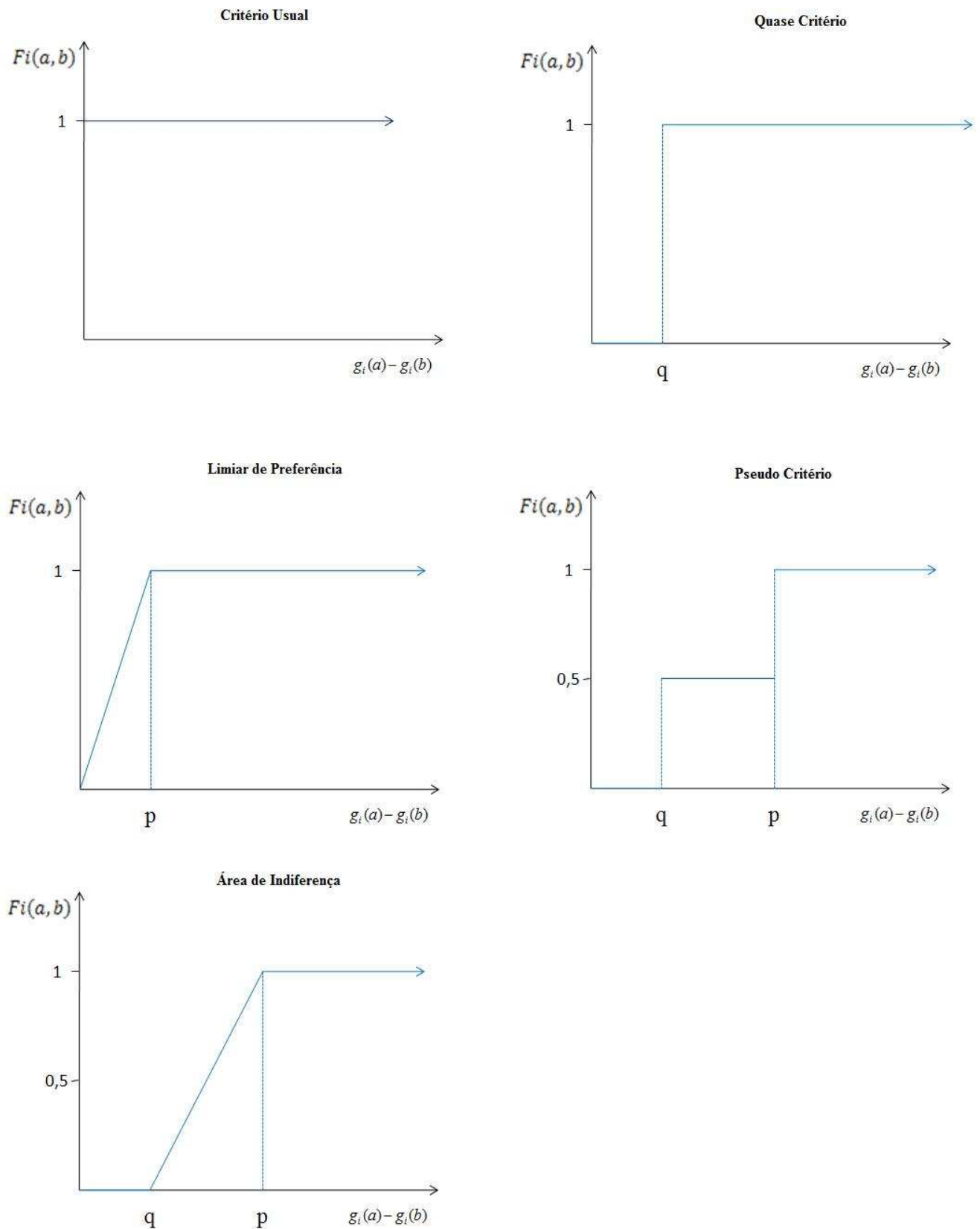


Figura 2.1: Representação gráfica das funções de preferência

A etapa seguinte consiste em determinar o índice de preferência (π) para cada par de alternativa, em cada critério, somando-se os valores de preferência ponderadas pelos valores dos pesos (w_j , que devem somar um), para cada par de alternativas:

$$\pi(a, b) = \sum_{j=1}^n w_j F_j(a, b) \qquad \sum_{j=1}^n w_j = 1$$

A partir desses índices de preferência, pode-se calcular os fluxos de dominância positivos (ϕ^+) e negativos (ϕ^-) para cada alternativa:

$$\phi^+(a) = \sum \frac{\pi(a, b)}{n-1} \qquad \phi^-(a) = \sum \frac{\pi(b, a)}{n-1}$$

Os fluxos positivos representam o quanto a alternativa domina as demais, enquanto que o fluxo negativo é a medida de quando esta alternativa é dominada pelas outras.

O método PROMETHEE I estabelece que uma determinada alternativa domina a outra se:

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \quad \text{e} \quad \phi^-(a) < \phi^-(b)$$

ou:

$$\phi^+(a) > \phi^+(b) \quad \text{e} \quad \phi^-(a) = \phi^-(b)$$

ou:

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \quad \text{e} \quad \phi^-(a) < \phi^-(b)$$

Uma alternativa é indiferente a outra se:

$$\phi^+(a) = \phi^+(b) \quad \text{e} \quad \phi^-(a) = \phi^-(b)$$

Em todos os outros casos, as alternativas são ditas incomparáveis.

No caso do método PROMETHEE II é calculado um fluxo líquido, que é a diferença entre os fluxos positivos e negativos de cada alternativa:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

Uma alternativa é preferível a outra se seu fluxo líquido for maior que o fluxo líquido da segunda. As alternativas são indiferentes se seus fluxos líquidos forem iguais.

A diferença mais marcante entre o método PROMETHEE I e PROMETHEE II é que o primeiro permite relações de incomparabilidade e o segundo não. Contudo, deve-se observar que no segundo método pode ocorrer alguma relação de incomparabilidade que deveria ser analisada detalhadamente e não seja considerada (ALMEIDA, 2010).

Para o melhor entendimento da relação de ordenação final, pode-se observar as relações de sobreclassificação em um esquema de grafos. O arco que sai da alternativa *a* e chega na alternativa *b* mostra que a primeira alternativa sobreclassifica a segunda. Da mesma maneira, os arcos que chegam em uma determinada alternativa partem das demais alternativas que a sobreclassificam. Os arcos que estão nos dois sentidos representam as relações de indiferença e a ausência de arcos indica a incomparabilidade. Um exemplo de representação gráfica das relações de sobreclassificação pode ser visualizado na figura 2.2.

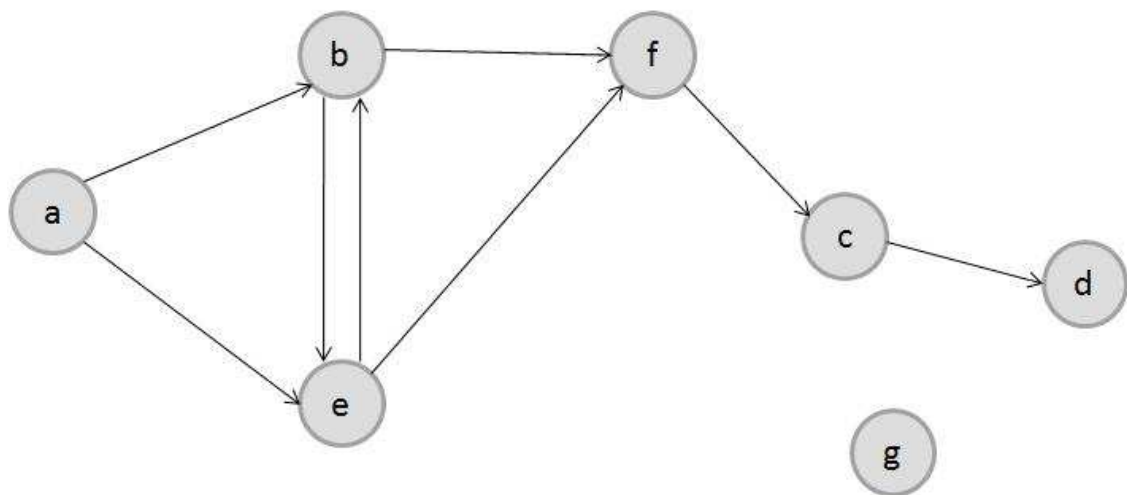


Figura 2.2: Representação gráfica das relações de sobreclassificação

Na representação gráfica apresentada, podemos observar, por exemplo, que a alternativa *a* sobreclassifica as alternativas *b* e *e*, as alternativas *b* e *e* são indiferentes e a alternativa *g* é incomparável às demais.

3. CONSTRUÇÃO DO MODELO

Considere o problema de uma indústria de alimentos que, devido a expansão de seus negócios e ao crescimento de sua participação no mercado decidiu por terceirizar a fabricação das embalagens dos seus produtos. A necessidade de terceirizar essa atividade ficou evidente, pois apesar de ser um componente importante do produto final, a fabricação das embalagens não faz parte da parcela principal do negócio. O problema reside, contudo, em decidir qual fornecedor ou quais fornecedores são os melhores para fornecer as embalagens para os seus produtos, isto é aqueles que mais se adequam aos objetivos da empresa.

Primeiramente deve-se identificar quem são os atores envolvidos no processo. Nos processos de decisão em grupo, as preferências de cada indivíduo devem ser combinadas para se chegar a uma decisão grupal. Nesse tipo de problema, é essencial que as variáveis de decisão sejam bem detalhadas para o perfeito entendimento de todos os membros do grupo. Da mesma maneira, as alternativas do problema devem ser do conhecimento de todos e os critérios devem ser apresentados com clareza. Durante o processo de decisão, todos do grupo devem interagir de maneira a haver um intercâmbio de decisões e de propostas aceitáveis, onde naturalmente terão que ocorrer concessões. É importante que a decisão final do grupo seja objetiva, mesmo que haja divergências entre os membros do grupo durante a avaliação da decisão (GOMES *et al*, 2006).

No problema tratado neste trabalho supõe-se que a decisão é de responsabilidade apenas do gerente da fábrica, não sendo portanto o caso de uma tomada de decisão em grupo. Além do gerente também está envolvido no processo um facilitador que é responsável por obter as informações e preferências do gerentes, aplicá-la no modelo de decisão e fornecer os resultados para que a decisão possa ser tomada com base neles.

Na etapa seguinte o gerente deve identificar quais são os objetivos desejados. Ho *et al* (2010) apresenta os critérios mais utilizados pelos tomadores de decisão nos problemas de seleção de fornecedor, entre os quais estão: qualidade, entrega, preço ou custo, capacidade de manufatura, serviço, gestão, tecnologia, pesquisa e desenvolvimento, finanças, responsabilidade, reputação, relacionamento, risco e segurança e meio ambiente. Ho *et al* (2010) observou que cerca de 87,18% dos estudos presentes na literatura consideram qualidade como critério, 82,05% incluem entrega em seus objetivos e 80,77% possuem o atributo custo/preço em seu problema. Diversos critérios de qualidade, entrega e custo/preço podem ser observados na tabela 3.1 (HO *et al*, 2010).

Qualidade	Entrega	Custo
• Partes aceitáveis por milhão; • Programa de melhoria contínua; • Programa <i>six sigma</i> ou programa de qualidade total; • Documentação e auditoria interna; • Controle e inspeção; • Implantação do sistema ISO de qualidade; • Não conformidades do material do sistema de controle; • Porcentagem de produtos não rejeitados em inspeções de qualidade.	• Adequação dos tempos de entrega; • Cumprimento da data acordada; • Grau de proximidade; • Condições de entrega; • Cumprimento da entrega; • Tempo de entrega; • Erros na entrega; • Confiabilidade na entrega; • Distância; • Entregas no prazo.	• Competitividade dos custos; • Capacidade de redução dos custos; • Esforços para a redução dos custos; • Custo direto; • Custos de logística; • Custo de manufatura; • Custo da unidade; • Custo da ordem; • Preço do produto; • Custo total de transferência.

Tabela 3.1: Exemplo de critérios de qualidade, entrega e custos

Como se pode observar, existem inúmeros critérios que podem ser adotados para selecionar o fornecedor. A escolha desses critérios deve estar de acordo com as características da organização contratante e seus objetivos estratégicos.

No problema em estudo, o tomador de decisão definiu que serão abordados os objetivos de qualidade, entrega e custos. A qualidade foi escolhida por ser um fator crítico nas embalagens. Embalagens falhas ou não conformes podem prejudicar a qualidade do produto final e, conseqüentemente, a imagem da empresa frente aos seus clientes. Além disso, qualidade dos produtos é um dos objetivos presentes na missão e nos valores da empresa. A entrega também se tornou um atributo essencial, pois visto que possui uma gama variada de produtos e deseja manter seu estoque de matérias primas o mais baixo possível, a programação de produção feita exige bastante flexibilidade. Para fazer uma programação flexível com baixo nível de estoques, o ideal é que a matéria prima seja entregue em lotes menores e com mais frequência, exigindo de seus fornecedores entregas rápidas e confiáveis. Por fim, o objetivo de custos foi escolhido pelo fato de a empresa buscar reduzir seus custos para que o produto final possua um preço acessível a toda a população, objetivo também presente em sua missão.

Com os objetivos identificados, precisa-se estabelecer os critérios para cada um deles, isto é, definir como na prática esses objetivos serão medidos. Segundo Almeida (2010), os critérios referem-se ao grau em que os objetivos são atingidos. Keeney (1992) *apud* Almeida (2010) classifica esses critérios em três categorias: os atributos naturais, os atributos construídos e os atributos *Proxy*. Os atributos naturais são aqueles que possuem uma interpretação única e clara para todos, como por exemplo o preço. Os atributos construídos são normalmente utilizados quando os índices de medida são subjetivos, onde são estabelecidas escalas qualitativas para medir o objetivo. Quando não é viável utilizar nenhum dos dois últimos tipos de critérios, procura-se definir os chamados atributos *Proxy*, que consistem em medidas mais indiretas do objetivo.

Por serem de mais fácil interpretação deve-se, sempre que possível, procurar estabelecer atributos naturais para os objetivos, e é isso que o tomador de decisão, com suporte do analista, procura fazer. Para medir a qualidade das embalagens, as empresas que estiverem participando do processo seletivo deverão enviar amostras para que sejam efetuados testes. Depois que uma determinada quantidade representativa de produtos forem embaladas com as respectivas amostras serão realizados testes de qualidade para verificar se os produtos estão de fato bem vedados. Essa é a característica mais importante das embalagens, pois produtos mal fechados apresentam o risco de perda da textura e sabor característicos e até mesmo contaminação dos alimentos. O objetivo qualidade será medido pelo percentual de embalagens não conformes. Tal medida é satisfatória pois envolve não só a qualidade intrínseca das embalagens mas também a sua adaptação às máquinas embaladoras da empresa.

O objetivo de entrega será medido pelo critério do tempo que os fornecedores levam para disponibilizar os itens demandados. Supondo que no caso em estudo todos os potenciais fornecedores não apresentam problemas de confiabilidade, nem atrasos, a medida do tempo também chamado *lead-time* é suficiente para representar o objetivo.

O critério de custo é o que pode ser mais facilmente identificado. Será medido o preço de um quilo de embalagem. Para maior simplificação do problema, considera-se que os fornecedores não oferecem descontos por quantidade demandada, fator que na prática pode acontecer.

A etapa seguinte consiste na análise do caso para identificar a problemática e as alternativas do problema, isto é, a maneira como se deseja que o modelo exponha os resultados e quem são as empresas que deverão ser consideradas no processo de seleção de fornecedor. Ambas as ações estão interligadas.

Deve-se definir se serão feitos contratos com apenas um fornecedor ou se mais de uma empresa será selecionada para a atividade. Trabalhar com apenas uma fonte de fornecimento possui as vantagens de a qualidade ser potencialmente melhor, as relações entre a empresa contratada e a

empresa contratante serem mais fortes e duráveis, maior comprometimento e esforço de ambas as partes devido à dependência mútua de ambas as organizações, melhor comunicação e cooperação mais fácil no desenvolvimento de novos produtos. Já no caso de se ter mais de uma fonte de fornecimento tem-se as vantagens de os preços poderem ser mais baixos devido a relação de concorrência que se estabelece entre as empresas contratadas, a confiabilidade é maior, pois, pode-se facilmente mudar de fornecedor caso ocorram falhas no fornecimento e a empresa contratante terá várias fontes de conhecimento e especialização disponíveis.

Quando se opta por selecionar apenas um único fornecedor, resta apenas uma decisão a ser tomada, de quem será esse fornecedor. No caso de se ter mais de um fornecedor precisa-se decidir quanto a quem serão esses fornecedores e quais as quantidades que serão alocadas a cada um deles.

Apesar das vantagens de se ter vários fornecedores, para a empresa do caso em estudo a melhor opção é trabalhar com apenas uma fonte. A principal razão, além das vantagens que esse tipo de fornecimento traz, é que as máquinas precisam de pequenos ajustes para se adequar a cada tipo de embalagem. No Caso de se trabalharem com mais de um tipo de embalagem, que naturalmente teriam características diferentes, ajustes frequentes teriam que ser feitos nos equipamentos, acarretando em desperdícios de tempo para a troca de tipo de embalagem e, conseqüentemente, contribuindo para diminuir a eficiência da produção. Além disso, um possível erro de comunicação que não informasse a troca de embalagem ou de qual fornecedor a embalagem é proveniente poderia levar produção de produtos não conformes ou até mesmo problemas nos equipamentos devido a falta de compatibilidade entre as máquinas e as embalagens utilizadas.

Na identificação das alternativas, faz-se um levantamento das empresas fornecedoras de embalagens a nível nacional, por meio de pesquisas e através de *benchmarking* em outras empresas. Após entrar em contato com esses potenciais fornecedores, as empresas interessadas enviarão uma proposta a ser considerada no processo de seleção.

Antes de se iniciar o processo de seleção propriamente dito, as propostas recebidas passam por uma pré-avaliação eliminatória. No problema em estudo, o requisito eliminador é a capacidade produtiva. Como a empresa contratante deseja trabalhar com apenas um fornecedor, aquelas empresas que não possuem capacidade de atender a toda demanda nos prazos acordados não serão consideradas no processo de seleção.

Com relação a problemática envolvida, o decisor concluiu que o processo deve resultar em uma ordem dos fornecedores que mais estão adequados à empresa. Apesar de apenas um fornecedor ser escolhido, a ordenação fornece informações mais completas do processo seletivo que podem ser utilizadas nas fases posteriores do processo de contratação. Por exemplo, caso seja descoberto algum ponto de divergência na fase final de contratação que impossibilite o fornecimento pela

empresa selecionada, não será necessário realizar um novo processo para escolher outro fornecedor, sendo suficiente escolher a segunda melhor empresa do *ranking* obtido pelo modelo. Pode-se concluir, portanto, que a problemática é de ordenação ($P\gamma$).

Caso sejam identificados fatores influentes no problema que não estejam sob o controle do decisor, será necessário o uso de uma abordagem probabilística. Esse tipo de problema envolve incertezas no processo decisório e esses fatores são chamados de estados da natureza. Cada alternativa do problema possui uma consequência que depende do estado da natureza (RAIFFA, 1968 *apud* ALMEIDA, 2010; BERGER, 1985 *apud* ALMEIDA, 2010; KEENEY e RAIFFA, 1976 *apud* ALMEIDA 2010; SOUZA, 2002 *apud* ALMEIDA, 2010). Uma melhor visualização das alternativas e suas respectivas consequências (P) em cada estado da natureza pode ser visualizada em uma matriz de decisão com estados da natureza (θ), como na tabela 3.2 abaixo.

Alternativas	Estados da Natureza			
	$\theta 1$	$\theta 2$	$\theta 3$	$\theta 4$
a1	P11	P12	P13	P14
a2	P21	P22	P23	P24
a3	P31	P32	P33	P34
a4	P41	P42	P43	P44

Tabela 3.2: Matriz de consequências com estados da natureza

Em problemas probabilísticos, caso não se tenha nenhuma informação sobre os estados da natureza (decisão sob incerteza), deve-se utilizar uma abordagem MinMax ou Laplace. Caso, através de apoio de um especialista consiga-se informações a priori na forma de probabilidades da ocorrência dos estados da natureza (decisão sob risco), pode-se aplicar um procedimento Bayesiano (ALMEIDA, 2010).

Nos problemas multicritérios probabilísticos, cada consequência terá mais de uma dimensão.

Como no problema em estudo não há a presença de fatores incertos (estados na natureza), trata-se de um problema determinístico e a abordagem envolvendo teoria da decisão não é aplicável. Esse é um dos motivos pelo qual a participação de especialistas não é essencial para o processo.

A etapa seguinte consiste na modelagem das preferências do decisor através de uma avaliação intra-critério e inter-critério, como já mencionado anteriormente. É nesta etapa que será escolhida o método a ser utilizado para a solução do problema.

Primeiramente, o decisor precisa definir qual a racionalidade que será utilizada, se será compensatória ou não compensatória. Os chamados métodos compensatórios são aqueles onde a

avaliação de uma alternativa considera os *trade-offs* entre os critérios. Na prática, isso significa que o desempenho ruim de uma determinada alternativa em um critério pode ser compensada por um desempenho superior em outro critério, isto é, as vantagens contrabalançam as desvantagens da alternativa. Essa compensação depende do grau de importância dos critérios. Nos métodos compensatórios há uma interação entre os desempenhos de cada alternativa nos vários critérios, como ocorrem nos métodos de agregação por meio de um critério único de síntese (ALMEIDA, 2010).

Já nos métodos não compensatórios não há *trade-offs* entre os critérios e um péssimo desempenho de uma alternativa em um critério não será contrabalanceada por um excelente desempenho em outro critério. A relação de preferência depende apenas do desempenho em cada critério e não da interação entre eles. Fishburn (1976) *apud* Almeida (2010) apresenta uma definição formal para procedimentos não-compensatórios:

“Uma relação binária P é não compensatória quando as preferências entre x e y dependem apenas dos subconjuntos de critérios que favorecem x e y . Neste caso, a relação de preferência entre x e y não depende das diferenças de preferências entre os vários níveis em cada critério.” (Página 36)

O desempenho de uma alternativa nos métodos compensatórios dependerão do grau de importância relativa entre os critérios. Exemplos de métodos compensatórios e não-compensatórios são apresentados no esquema abaixo (figura 3.1).

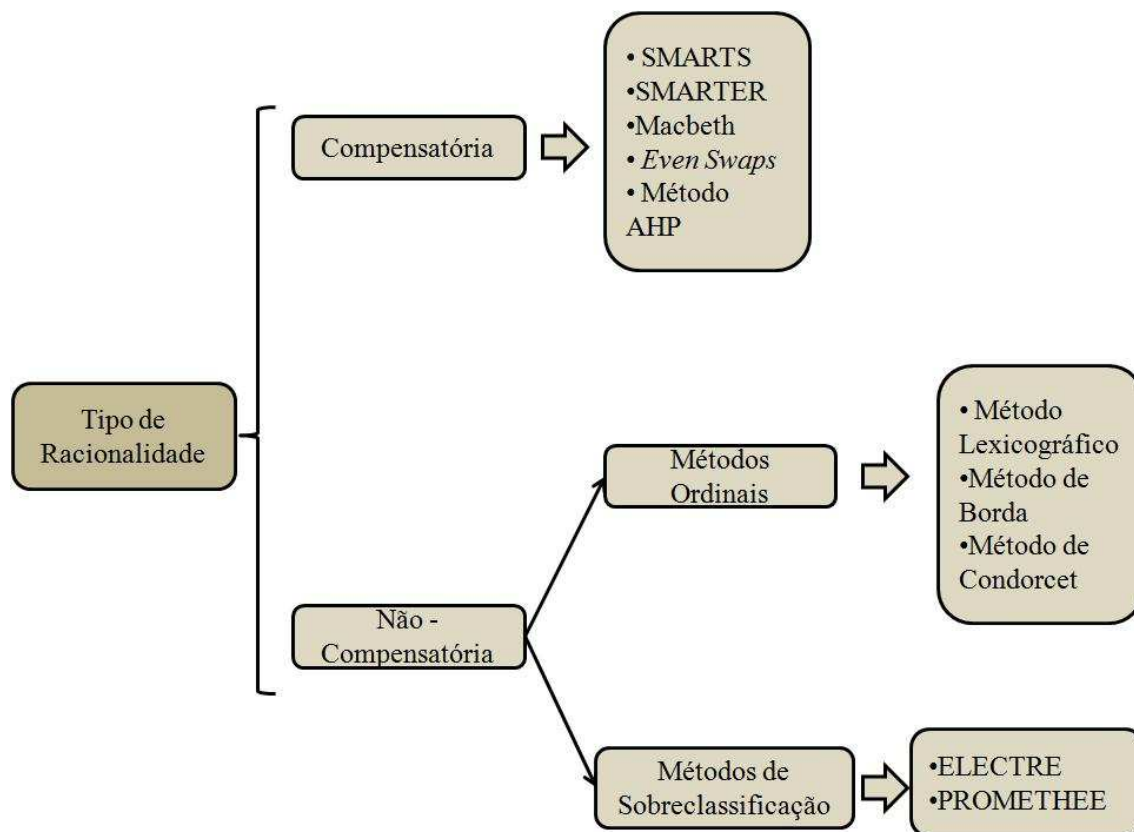


Figura 3.1: Esquema de exemplos de métodos compensatórios e não compensatórios.

Vale ressaltar que, para alguns autores (MUNDA, 2008 *apud* ALMEIDA, 2010), existem métodos de sobreclassificação que são considerados como semi-compensatórios, pois apesar de não trabalhar com critério único de síntese, levam em consideração informações sobre o nível de desempenho das alternativas nos critérios. No entanto, outros autores discordam disto (ALMEIDA, 2010), visto que nestes métodos não há nenhuma compensação entre os critérios.

Os métodos compensatórios como o MAUT (teoria da utilidade multiatributo), apresentam as vantagens de possuírem um protocolo bem estruturado e uma sólida estrutura axiomática, sendo bastante adequados para problemas que envolvem incertezas (ALENCAR *et al*, 2010; BRITO *et al*, 2009 *apud* ALMEIDA, 2010). Gomes *et al* (2006) apresenta algumas características que favorecem a utilização de métodos não compensatórios como:

- A existência de critérios qualitativos;
- A natureza heterogênea dos critérios no que diz respeito das escalas e unidades;
- A compensação de perda em um critério que representa o ganho em outro critério é complexa e está relacionada a sistemas de valores que nem sempre são considerados na modelagem;
- Necessidade de utilização de pseudocritérios.

No processo de seleção de fornecedor de embalagens, chegou-se a conclusão de que métodos não-compensatórios seriam mais adequados, pois os *trade-offs* entre os critérios não se

aplicam neste caso. Além disso, observa-se que o problema em estudo possui a segunda e a terceira das características apresentadas acima. Por exemplo, caso a seleção do fornecedor de embalagem fosse feita com base em um método compensatório poderia acontecer de um determinado fornecedor com excelentes tempos de entrega e custos muito baixos porém com qualidade ruim fosse escolhido. De nada adiantaria ter um fornecimento de embalagens com os melhores desempenhos em entrega e custos cujas embalagens não exerçam sua função de maneira satisfatória, comprometendo a qualidade do produto final. Da mesma maneira, não seria nada interessante trabalhar com uma empresa cuja qualidade é a melhor do mercado porém os custos são extremamente altos, acarretando na necessidade de aumentar o preço do produto final ou diminuir a margem de lucros.

Na fase de avaliação intra-critério, a empresa irá avaliar o desempenho de cada potencial fornecedor nos critérios escolhidos. Na prática isso significa obter, junto a cada alternativa de decisão, a quantidade de dias necessários para que o pedido seja entregue e quanto a empresa precisará pagar por quilo de embalagem demandada. Além disso, como já foi mencionado anteriormente, uma quantidade considerável de amostras deverá ser solicitada com as quais serão realizadas testes e para verificar o percentual de embalagens não conformes. Todas essas informações deverão ser dispostas em uma matriz de consequências, como foi mostrada anteriormente na aplicação numérica do problema.

Na etapa de avaliação inter-critério é feita uma combinação entre os critérios que permitirá a comparação entre as alternativas. No caso de métodos compensatórios, essa agregação seria feita através de um valor global para cada alternativa, enquanto que nos métodos não-compensatórios, como o problema estudado, um procedimento que permita a comparação de cada alternativa é utilizado.

A tabela 3.3 apresenta um resumo das características definidas, até o momento, para o problema de seleção de fornecedor de embalagens.

Problema de Seleção de Fornecedor	
Atores	Único decisor com apoio de um analista.
Objetivos	• Qualidade • Entrega • Custo
Crítérios	• Percentual de não conformes • Tempo de entrega • Custo do quilo da embalagem
Alternativas	Seleção de apenas um fornecedor (considera-se apenas as empresas capazes de atender a toda demanda da empresa contratante)
Problemática	Ordenação
Quanto ao envolvimento de incertezas	Problema determinístico
Tipo de Racionalidade	Não compensatória

Tabela 3.3: resumo das características do problema em estudo

Com base nas etapas já efetuadas até o momento e nas características já definidas, observa-se que o método PROMETHEE II está de acordo com os requisitos do problema e será aplicado para a solução do modelo. Como já visto anteriormente, este método possui seis tipos de funções de preferências dos quais, um deverá ser selecionado para a avaliação das alternativas. No caso em estudo será utilizado o critério usual por ser mais simples e não necessitar da definição de parâmetros por parte do decisor. O PROMETHEE II se mostrou mais adequado ao problema pois, ao contrário do PROMETHEE I, não utiliza em seus resultados as relações de incomparabilidade, que na prática, pode não ser bem compreendida pelo decisor.

O decisor do processo deverá explicitar suas preferências, com base em seus conhecimentos e nos valores da empresa, em relação à importância relativa dos critérios. Essa importância relativa será expressa em forma de pesos, que podem ser expressos em um vetor de pesos. Entre as técnicas existentes para a definição dos pesos dos critérios pelo decisor, pode-se optar por técnicas diretas como a ordenação simples e a taxaço simples ou por métodos mais sofisticado (GOMES *et al*, 2006).

A técnica de ordenação simples consiste em o decisor ordenar as alternativas da mais para a menos importante e associando à última o valor 1, à penúltima o valor 2 e assim sucessivamente até a alternativa mais importante. Depois, faz-se um procedimento de normalização para que a soma dos pesos de todos os critérios seja igual a 1.

A taxação simples, por sua vez, consiste em o decisor estimar a importância de cada critério de acordo com uma escala pré-definida. Dependendo da escala utilizada, a normalização também pode ser necessária.

Gomes *et al* (2006) também destaca que nem sempre os valores dos pesos significam a importância relativa entre os critérios. Há casos em que os pesos, chamados de taxa de conversão, são utilizados para permitir o tratamento dos desempenhos das alternativas que possuem unidades de medidas diferentes. Os pesos também podem representar a quantidade que deve ser adicionada a um desempenho de uma alternativa em um determinado critério para compensar a perda de desempenho em outro critério, sendo chamados, nesses casos, de taxa de substituição. As taxas de substituição são utilizadas nos problemas onde se utilizam agregação por critério único de síntese. Vincke (1992) *apud* Almeida (2010) também destacam a importância da interpretação do significado dos pesos. Nos métodos de sobreclassificação, a importância dos critérios são vistas como votos enquanto que nos métodos de critério único de síntese os parâmetros utilizados para agregar os valores são constantes de escala. Esses últimos não consideram a importância relativa dos critérios de forma direta.

No caso em estudo, como se trata de um problema não compensatório, os pesos de fato representam a importância relativa dos critérios de percentual de não conformes, tempo de entrega e custo do quilo de embalagem. Para a definição dos mesmos será utilizada a técnica de taxação simples com uma escala variando de 0 a 1.

A etapa seguinte consiste na aplicação do método escolhido nos dados do problema. Os dados de entrada do modelo são:

- Os critérios: percentual de não conformes, tempo de entrega e custo do quilo de embalagem;
- As alternativas: todos os potenciais fornecedores;
- Os valores de desempenho de cada alternativa de fornecedor para cada critério, que deve ser exposto na matriz de consequências;
- Os pesos dos critérios

O método PROMETHEE II receberá esses dados de entrada e fornecerá como dados de saída a relação de sobreclassificação das alternativas e a ordenação das mesmas.

A partir dos resultados obtidos pelo método é necessário realizar uma análise de sensibilidade, estabilidade e robustez. Caso esta análise aponte problemas deve-se fazer revisões das etapas anteriores. Essas análises são importantes para identificar até que ponto variações nos parâmetros definidos durante as etapas do problema influenciam nos resultados obtidos, sendo um indicador da qualidade dos resultados obtidos (GOMES *et al*, 2010).

A estabilidade refere-se a velocidade com que uma solução se degrada a um nível pré-determinado. Isto é, a solução possui uma estabilidade fraca se após a análise de sensibilidade a melhor solução está dentro do conjunto das soluções não dominadas. A solução possui uma estabilidade forte se, após análise de sensibilidade, o conjunto de soluções dominadas não sofre alterações. Já a robustez mede até que ponto a pré-ordem encontrada não se altera (GOMES *et al*, 2010).

Na prática, uma solução satisfatória seria aquela que, mesmo com modificações em alguns parâmetros do problema, permanecesse a mesma. Quanto mais sensível for a solução, maior a importância da precisão dos parâmetros que foram definidos.

Por fim, o analista responsável faz uma análise dos resultados para então elaborar uma recomendação ao decisor. Esta recomendação deve levar em conta não só a saída de dados do modelo (a ordenação das alternativas), mas também a sensibilidade desses resultados.

Com a devida recomendação obtida através da utilização do modelo multicritério de apoio à decisão, o decisor faz a sua escolha e implementa a ação, terminando o processo. O esquema abaixo (figura 3.2) mostra o resumo de todas as etapas do processo de modelagem do problema multicritério proposto por Almeida (2010) e a relação com o problema de seleção do fornecedor de embalagens tratado neste trabalho. Vale resaltar que não necessariamente todas as etapas tenham que acontecer nessa ordem e pode-se sempre retornar às etapas anteriores quando necessário.

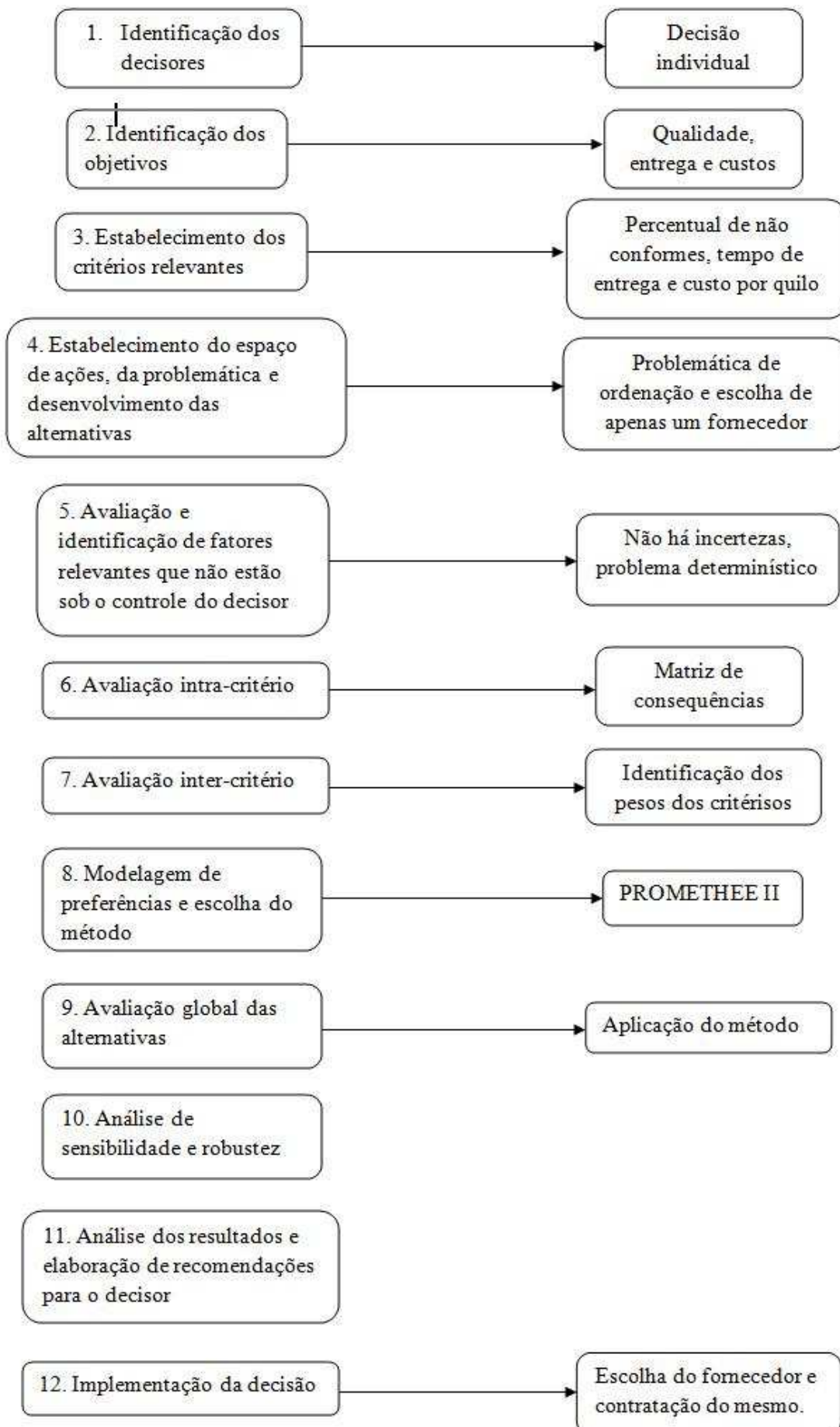


Figura 3.2: Resumo das etapas da modelagem do problema

Chiavenato (1983) *apud* Gomes *et al* (2006) identifica seis elementos que são comuns em toda decisão e que naturalmente também foram apresentados no problema em estudo:

- O decisor;
- O(s) objetivo(s);
- As preferências
- A estratégia, a metodologia utilizada;
- A situação: os aspectos ambientais, recursos e restrições;
- O resultado, as consequências do problema de decisão.

Na literatura vários autores apresentam os estágios da modelagem do processo decisório assim como o utilizado neste trabalho, porém todos guardam certa semelhança entre si, sendo na verdade diferentes maneiras de se descrever o mesmo processo.

Uris (1989) *apud* Gomes *et al* (2006) propões um modelo de decisão baseado em seis etapas:

- Análise e identificação da situação e do problema: o ambiente do problema deve ser claramente identificado através de levantamento de dados;
- Desenvolvimento das alternativas: os decisores e todos os envolvidos devem identificar as possíveis alternativas para a solução do problema;
- Comparação entre as alternativas: as vantagens e desvantagens de cada alternativa devem ser avaliadas e, dependendo do caso, faz-se uso de algoritmos de apoio a decisão;
- Classificação dos riscos de cada alternativa: identifica-se as incertezas e os riscos, combinando-as com os objetivos a serem alcançados;
- Escolha da melhor alternativa;
- Execução e avaliação: coloca-se em prática as ações e verifica se os resultados estão conforme o esperado para então decidir se continua com a linha de ação ou não.

Outras abordagens para a estruturação do mesmo problema são apresentadas por Gomes *et al* (2006) e foram resumidas neste trabalho na tabela 3.4.

Costa (1977)	Chiavenato (1983)
1. Geração do problema 2. Formulação do problema 3. Identificação da solução do problema 4. Implementação da solução do problema	1. Percepção da situação que envolve algum problema 2. Análise e definição do problema 3. Definição dos objetivos 4. Procura de alternativas de solução 5. Avaliação e comparação das alternativas 6. Seleção da(s) alternativa(s) adequada(s) 7. Implementação da(s) alternativa(s) escolhida(s)
Shamblin et al (1989)	Binder (1994)
1. Formulação do problema 2. Construção de um modelo de estudo 3. Sugestão de solução com base no estudo 4. Teste da solução modelo 5. Estabelecimento de controles sobre a solução 6. Implementação da solução	1. Inteligência ou coleta de informações 2. Concepção ou estruturação 3. Escolha 4. Revisão

Tabela 3.4: Outros modelos de estruturação do problema de decisão

4. APLICAÇÃO NUMÉRICA E ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Nesta etapa do trabalho será realizada uma aplicação numérica com dados hipotéticos do problema de seleção de fornecedor de embalagens para uma indústria de alimentos conforme o modelo apresentado anteriormente.

Nesse processo de seleção de fornecedor, considera-se que existam dez empresas no mercado capazes de suprir a demanda da indústria de alimentos serão levadas em consideração no processo seletivo (A, B, C, D, E, F, G, H e J). Os dados do desempenho para cada uma dessas alternativas para os três critérios de percentual de não conforme, tempo de entrega (em dias) e custos foram levantados, conforme a tabela 4.1, da matriz de consequências.

Alternativas	% de não conformes	Tempo de entrega	Custo
A	2,54%	7	R\$ 3,26
B	2,76%	6	R\$ 3,20
C	2,15%	5	R\$ 3,98
D	2,85%	5	R\$ 3,46
E	2,45%	7	R\$ 3,30
F	2,32%	6	R\$ 3,40
G	2,61%	6	R\$ 3,57
H	2,52%	7	R\$ 3,60
I	2,47%	8	R\$ 3,80
J	2,65%	4	R\$ 3,70

Tabela 4.1: Matriz de consequências

Considera-se que, o decisor definiu a importância relativa dos critérios como sendo 0,45 a qualidade, 0,30 a entrega e 0,25 (Tabela 4.2). O objetivo do problema é obter uma ordem dos melhores fornecedores de maneira a minimizar os três critérios e, como já foi visto anteriormente será utilizado o critério usual como função de preferência para todos os critérios.

	% de não conformes	Tempo de entrega	Custo
Pesos	0,45	0,30	0,25
Objetivo	Minimizar	Minimizar	Minimizar
Função de Preferência	Critério Usual	Critério Usual	Critério Usual

Tabela 4.2: Informações sobre os critérios utilizados

Inicialmente faz-se a comparação entre o par de alternativas A e B. A primeira etapa consiste em obter as diferenças entre os valores de desempenho de A e de B para cada um dos três critérios separadamente. Tem-se que:

- Para o percentual de não conformes,

$$g(A) - g(B) = 2,54 - 2,76 = -0,22$$

- Para o tempo de entrega,

$$g(A) - g(B) = 7 - 6 = 1$$

- Para o custo,

$$g(A) - g(B) = 3,26 - 3,20 = 0,06$$

A partir desses valores, obtêm-se, aplicando o critério usual, os valores de preferência para cada um dos critérios. Como o problema objetiva a minimização de todos os critérios, a função de preferência assumirá valores igual a um, que indica preferência, se a diferença anteriormente calculada for negativa, ou seja, representar uma vantagem. Caso contrário, a função de preferência assumirá o valor zero, como segue.

- Para o percentual de não conformes,

$$g(A) - g(B) = -0,22 \rightarrow F(A, B) = 1$$

- Para o tempo de entrega,

$$g(A) - g(B) = 1 \rightarrow F(A, B) = 0$$

- Para o custo,

$$g(A) - g(B) = 0,06 \rightarrow F(A, B) = 0$$

Calcula-se então o valor do índice de preferência (π) para o par de alternativas, aplicando a fórmula abaixo.

$$\pi(A, B) = \sum_{j=1}^n w_j F_j(A, B)$$

$$\pi(A, B) = 0,45 \times 1 + 0,30 \times 0 + 0,25 \times 0$$

$$\pi(A, B) = 0,45$$

Para calcular o fluxo positivo para a alternativa A, é necessário compará-la com todas as demais alternativas da mesma maneira como foi feito com a alternativa B, obtendo os valores dos índices de preferência. Similarmente, para o cálculo do fluxo negativo da alternativa A, devemos fazer as comparações inversas, como por exemplo de B com A.

- Para o percentual de não conformes,

$$g(B) - g(A) = 2,76 - 2,54 = 0,22$$

$$F(B, A) = 0$$

- Para o tempo de entrega,

$$g(B) - g(A) = 6 - 7 = -1$$

$$F(B, A) = 1$$

- Para o custo,

$$g(B) - g(A) = 3,20 - 3,26 = -0,06$$

$$F(B, A) = 1$$

Para o índice de preferência, tem-se,

$$\pi(B, A) = 0 \times 0,45 + 1 \times 0,30 + 1 \times 0,25$$

$$\pi(B, A) = 0,55$$

Fazendo esse procedimento para todas as alternativas em relação a alternativa A, obtém-se as diferenças nos valores de desempenho apresentados na tabela 4.3.

	% de não conformes	Tempo de entrega	Custo
g(A)-g(B)	-0,22	1,00	0,40
g(A)-g(C)	0,39	2,00	-0,38
g(A)-g(D)	-0,31	2,00	0,14
g(A)-g(E)	0,09	0,00	0,30
g(A)-g(F)	0,22	1,00	0,20
g(A)-g(G)	-0,07	1,00	0,03
g(A)-g(H)	0,02	0,00	0,00
g(A)-g(I)	0,07	-1,00	-0,20
g(A)-g(J)	-0,08	3,00	-0,10
g(B)-g(A)	0,22	-1,00	-0,40
g(C)-g(A)	-0,39	-2,00	0,38
g(D)-g(A)	0,31	-2,00	-0,14
g(E)-g(A)	-0,09	0,00	-0,30
g(F)-g(A)	-0,22	-1,00	-0,20
g(G)-g(A)	0,07	-1,00	-0,03
g(H)-g(A)	-0,02	0,00	0,00
g(I)-g(A)	-0,07	1,00	0,20
g(J)-g(A)	0,08	-3,00	0,10

Tabela 4.3: Valores das diferenças de desempenho para as comparações com a alternativa A

Da mesma maneira, os valores da função de preferência para as comparações com a alternativa A são calculados conforme o critério usual (Tabela 4.4).

	% de não conformes	Tempo de entrega	Custo
F(A,B)	1	0	0
F(A,C)	0	0	1
F(A,D)	1	0	0
F(A,E)	0	0	0
F(A,F)	0	0	0
F(A,G)	1	0	0
F(A,H)	0	0	0
F(A,I)	0	1	1
F(A,J)	1	0	1

F(B,A)	0	1	1
F(C,A)	1	1	0
F(D,A)	0	1	1
F(E,A)	1	0	1
F(F,A)	1	1	1
F(G,A)	0	1	1
F(H,A)	1	0	0
F(I,A)	1	0	0
F(J,A)	0	1	0

Tabela 4.4: Valores das funções de preferência das comparações com a alternativa A

Todos os índices de preferência para as comparações com a alternativa A estão dispostos na tabela 4.5.

	Índice de Preferência
$\pi(A,B)$	0,45
$\pi(A,C)$	0,25
$\pi(A,D)$	0,45
$\pi(A,E)$	0
$\pi(A,F)$	0
$\pi(A,G)$	0,45
$\pi(A,H)$	0
$\pi(A,I)$	0,55
$\pi(A,J)$	0,7
$\pi(B,A)$	0,55
$\pi(C,A)$	0,75
$\pi(D,A)$	0,55
$\pi(E,A)$	0,7
$\pi(F,A)$	1
$\pi(G,A)$	0,55
$\pi(H,A)$	0,45
$\pi(I,A)$	0,45
$\pi(J,A)$	0,3

Tabela 4.5: Índices de Preferência para as comparações com a alternativa A

A seguir, calcula-se os fluxos positivo e negativo para a alternativa A, utilizando os valores dos índices de preferência e, com esses valores, o fluxo líquido:

- Fluxo positivo de A:

$$\phi + (a) = \sum \frac{\pi(a,b)}{n-1}$$

$$\phi + (A)$$

$$= \frac{(\pi(A,B) + \pi(A,C) + \pi(A,D) + \pi(A,E) + \pi(A,F) + \pi(A,G) + \pi(A,H) + \pi(A,I) + \pi(A,J))}{10 - 1}$$

$$\phi + (A) = \frac{0,45 + 0,25 + 0,45 + 0 + 0 + 0,45 + 0 + 0,55 + 0,7}{9}$$

$$\phi^+(A) = 0,31667$$

- Fluxo negativo de A:

$$\phi^-(a) = \sum \frac{\pi(b, a)}{n-1}$$

$$\phi^-(A)$$

$$= \frac{(\pi(B, A) + \pi(C, A) + \pi(D, A) + \pi(E, A) + \pi(F, A) + \pi(G, A) + \pi(H, A) + \pi(I, A) + \pi(J, A))}{10 - 1}$$

$$\phi^-(A) = \frac{0,55 + 0,75 + 0,55 + 0,7 + 1 + 0,55 + 0,45 + 0,45 + 0,3}{9}$$

$$\phi^-(A) = 0,58889$$

- Fluxo líquido de A:

$$\phi(a) = \phi^+(a) - \phi^-(a)$$

$$\phi(A) = 0,31667 - 0,58889$$

$$\phi(A) = -0,27222$$

Os valores dos fluxos líquidos devem ser calculados para todas as dez alternativas pelo mesmo procedimento. Todas as diferenças de desempenho e respectivas funções de preferência devem ser obtidas para cada combinação de par de alternativas, para então ser feito o cálculo dos índices de preferência. Os valores encontrados para os índices de preferência para todos os pares de alternativas podem ser visualizados em uma matriz onde a comparação é feita entre a alternativa que está na primeira coluna da tabela com a alternativa que se encontra na primeira linha. Assim, os fluxos positivos e negativos são mais facilmente calculados, estando os valores dos fluxos positivos dispostos na última coluna e os valores dos fluxos negativos, na última linha, como segue (tabela 4.6).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	ϕ^+
A		0,45	0,25	0,45	0	0	0,45	0	0,55	0,7	0,31667
B	0,55		0,25	0,7	0,55	0,25	0,25	0,55	0,55	0,25	0,43333
C	0,75	0,75		0,45	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,45	0,68333
D	0,55	0,3	0,25		0,3	0,3	0,55	0,55	0,55	0,25	0,40000
E	0,7	0,45	0,25	0,7		0,25	0,7	0,7	1	0,7	0,60556
F	1	0,45	0,25	0,7	0,75		0,7	1	1	0,7	0,72778
G	0,55	0,45	0,25	0,45	0,3	0		0,55	0,55	0,7	0,42222
H	0,45	0,45	0,25	0,45	0	0	0,45		0,55	0,7	0,36667
I	0,45	0,45	0,25	0,45	0	0	0,45	0,45		0,45	0,32778
J	0,3	0,75	0,55	0,75	0,3	0,3	0,3	0,3	0,55		0,45556
ϕ^-	0,58889	0,50000	0,28333	0,56667	0,32778	0,20556	0,51111	0,53889	0,67222	0,54444	

Tabela 4.6: Índices de preferência e fluxos positivos e negativos para todas as alternativas

Com esses valores calcula-se os respectivos fluxos líquidos para cada alternativa (tabela 4.7).

	ϕ^+	ϕ^-	ϕ
A	0,316667	0,588889	-0,27222
B	0,433333	0,5	-0,06667
C	0,683333	0,283333	0,4
D	0,4	0,566667	-0,16667
E	0,605556	0,327778	0,277778
F	0,727778	0,205556	0,522222
G	0,422222	0,511111	-0,08889
H	0,366667	0,538889	-0,17222
I	0,327778	0,672222	-0,34444
J	0,455556	0,544444	-0,08889

Tabela 4.7: Fluxos líquidos das alternativas

Ordenando os valores dos fluxos líquidos, obtemos o *ranking* das melhores alternativas de fornecedor mostrada na tabela 4.8 assim como as relações de sobreclassificação representada na figura 4.1.

Ordem	Alternativa
1	F
2	C
3	E
4	B
5	G e J
6	H
7	D
8	A
9	I

Tabela 4.8: Ordenação das melhores alternativas

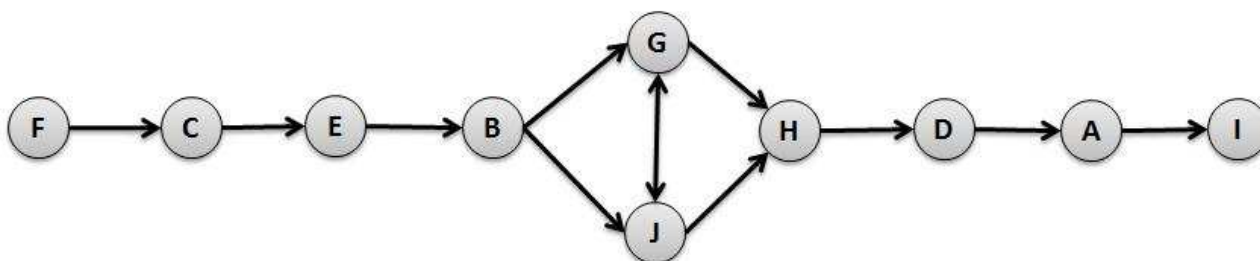


Figura 4.1: Fluxo das relações de sobreclassificação

Como se pode observar no resultado, o fornecedor F é o que mais se adéqua à realidade da empresa contratante. Em seguida, tem-se a alternativa C e a alternativa E. As alternativas G e J são indiferentes, isto é, apresentam desempenhos equivalentes. Já o fornecedor I é o que menos satisfaz as necessidades da empresa, sendo esta a última alternativa que deve ser considerada.

O método multicritério fornece uma abordagem mais ampla do problema ao considerar vários fatores. A alternativa F, por exemplo, tida como a melhor neste problema não é a que apresenta os menores valores de percentual de não conformes, nem o menor tempo de entrega e nem o menor custo. Mas quando seu desempenho é analisado de forma conjunta pelo método, tem-se que ela é a melhor opção de escolha.

Se, para o problema de seleção de fornecedor, fosse analisado apenas o custo, como ocorre na prática em muitas empresas, a alternativa B seria a melhor, pois é a que apresenta o menor custo. No problema tratado com multicritério, a alternativa B é apenas a quarta na ordenação.

Também pode-se observar que a alternativa C apresenta os melhores valores de desempenho de qualidade e de entrega, contudo esta não consegue sobreclassificar a alternativa B porque seu custo é o mais alto. Isto significa que quanto menor o peso dado pelo decisor ao critério de custo, maior será a tendência de se ter a alternativa C como a melhor alternativa.

A análise de sensibilidade dos dados do problema é feita da seguinte maneira: cada critério tem seu peso variado consecutivamente para mais e para menos com valores correspondentes a 30%, 25%, 20%, 15%, 10% e 5% do seu peso inicial, cada variação sendo feita separadamente, uma de cada vez. Enquanto o peso de um critério é aumentado ou diminuído, os demais são normalizados. Para esses pesos modificados, o método é novamente aplicado e é verificado se houve alterações no resultado. Como se trata de um problema de ordenação, cuja análise de sensibilidade é mais complexa, será considerado como mudança significativa no resultado se as três primeiras colocações forem alteradas.

Os principais resultados das ordenações para as variações nos pesos que serão posteriormente comentados neste trabalho estão na tabela 4.9 abaixo.

Ordem	Solução Original	% de não conformes		Tempo de Entrega		Custo	
		- 30%	+30%	-30%	+25%	-20%	+30%
1	F	F	C	F	F e C	C	F
2	C	C	F	C	E	F	C
3	E	E	E	E	J	E	E
4	B	B	A	A	B	J	A
5	G e J	J	H	B	A	A	B
6	H	A	I	H	G	B	J
7	D	D	G	G	D	G	G
8	A	G	J	J	H	H	D
9	I	H	B	I	I	D	H
10		I	D	D		I	I

Tabela 4.9: Resultados para variações nos pesos dos critérios

No critério de qualidade, observa-se que mesmo com uma redução de 30% no valor do seu peso, a ordenação das três primeiras alternativas continuam sendo a mesma. Para esta alteração as alternativas B, J, D e I também não mudam de posição.

Ainda para o critério de percentual de não conformes, o aumento de até 25% no valor de seu peso não altera o resultado das três primeiras colocações. Um aumento de 30% no peso desse critério faz com que a melhor alternativa passe a ser C e não mais F. Isso ocorre porque como o desempenho de C no critério de qualidade é maior que o desempenho de F, logo o aumento do peso do percentual de não conformes favorece ao fornecedor C. A alternativa I também merece destaque no aumento de 30% do critério de qualidade pois deixa de ser a pior alternativa para ocupar a posição 6 na ordenação. A explicação para tal comportamento é que esta alternativa possui um bom desempenho para o percentual de não conformes, apesar de seu desempenho nos demais critérios não serem satisfatórios.

O critério de tempo de entrega permite ser diminuindo em até 30% sem sofrer alterações na ordenação das três primeiras alternativas. Para essa alteração é interessante também observar que a alternativa A sobe quatro posições no *ranking* das alternativas. Isso ocorre porque o fornecedor A possui um baixo desempenho no critério de entrega e um desempenho razoável nos demais critérios, então, a medida que se diminui a importância relativa do tempo de entrega, a alternativa A vai se tornando mais adequada à empresa. A situação inversa ocorre com a alternativa D, que com a alteração, passa a ser a última na ordenação. Essa alternativa possui um dos melhores desempenhos para o critério de entrega e um desempenho não muito satisfatório para os demais critérios. A diminuição do peso do tempo de entrega no problema desfavorece a alternativa D, pois seu “ponto forte” passa a ter uma importância menor na ordenação das melhores alternativas.

Ainda para o tempo de entrega, verifica-se que um aumento de até 20% no valor do seu peso no problema não influencia na ordenação final das três melhores alternativas. Contudo, se o peso do critério de entrega sofrer um aumento de 25%, a alternativa C passa a ter indiferente a alternativa F, passando ambas a ocuparem a primeira posição na ordenação. O fornecedor C ganha posição no ranking com esta alteração porque possui um bom desempenho para este critério, melhor inclusive que o desempenho da alternativa F. A alternativa E continua ocupando o lugar logo em seguida das alternativas F e C, da mesma maneira que ocorre para os valores dos pesos originais.

Com relação ao critério de custo, uma redução no peso de até 15% não altera as três primeiras colocações do resultado, porém uma redução de 20% faz com que a alternativa C passe a sobreclassificar a alternativa F. O desempenho da alternativa C para os critérios de qualidade e de entrega são melhores do que os da alternativa F, o que faz com que F seja preferível a C na solução

original é o fato de o custo de C ser muito alto. Com a redução da importância relativa do critério de custo, C passa a ser a alternativa mais adequada.

Aumentos de até 30% no peso do custo não influenciam a resolução final para as três primeiras alternativas. Porém esse aumento faz com que a alternativa A suba de oitava para quarta colocação na ordenação, devido ao seu custo ser relativamente baixo.

O resumo do comportamento dos critérios pode ser observado na tabela 4.10.

% de não conformes	Tempo de entrega	Custo
Não apresentou mudanças significativas para redução de 30% ou aumentos de até 25% em seu peso.	Não apresentou mudanças significativas no resultado para reduções de 30% ou aumentos de 20% no seu peso.	Não apresentou mudanças significativas no resultado para reduções de 15% ou aumentos de 30% no seu peso.

Tabela 4.10: Resumo do comportamento dos critérios

De uma maneira geral, nenhum dos critérios apresentou uma sensibilidade muito grande, o que faz com que pequenas variações nos pesos definidos não exerçam grande influência no resultado final. Entre os três critérios do problema, o critério de custo ainda é o que possui uma maior sensibilidade.

É válido observar que mesmo quando ocorrem variações nos resultados (observando-se apenas as três primeiras alternativas da ordenação), as alternativas F, C e E estão sempre entre as três melhores opções de escolha.

5. CONCLUSÃO

A terceirização é uma importante ferramenta, bastando estudada na literatura atualmente por ser capaz de prover benefícios para as empresas como maior eficiência e maior produtividade. O problema de terceirização envolve vários aspectos, onde dentro desse contexto, deve-se dar importância à seleção da empresa que irá executar o serviço, pois o desempenho dessa terá implicações diretas nas atividades da empresa.

A decisão de escolha de um ou mais fornecedores dentre os disponíveis no mercado não é tarefa fácil e envolve vários aspectos que devem ser levados em consideração, para que se escolham aqueles que mais estejam adequados às condições da empresa. Tais condições podem envolver o preço que a empresa está disposta a pagar pelo serviço e o tempo em que o serviço será executado, por exemplo.

O processo de seleção de fornecedor é, normalmente, complexo por envolver mais de um objetivo, que são muitas vezes conflitantes, e grande quantidade de alternativas. Os métodos multicritérios são utilizados para fornecer suporte ao decisor neste tipo de problema.

Neste trabalho o problema de seleção de fornecedor de embalagens em uma empresa de alimentos foi descrito, modelado e solucionado com a aplicação do método multicritério PROMETHEE II. Esse método não compensatório fornece uma ordenação das melhores alternativas do problema, construindo relações de sobreclassificação par a par entre as alternativas. Os resultados são obtidos pela exploração dessas relações. A relação de sobreclassificação entre duas alternativas ocorre quando há razões claras que justifiquem a preferência estrita ou preferência fraca por uma das alternativas.

Para a construção do modelo, precisa-se identificar quem são os decisores, quais são os objetivos e critérios do problema, quais são as alternativas de decisão, qual é o tipo de problemática, se o problema envolve incertezas e qual é o tipo de racionalidade. O método exige a obtenção do desempenho de cada alternativa para cada critério e a definição da importância relativa de cada critério.

No problema em estudo as alternativas de decisão consistem em todos os potenciais fornecedores de embalagens e os objetivos considerados foram a qualidade, a entrega e o custo. O problema é determinístico, a abordagem é não compensatória e a problemática é de ordenação.

Após a aplicação do modelo com dados numéricos, fez-se uma análise de sensibilidade para identificar o quão sensível é o resultado obtido para pequenas variações nos pesos. Observou-se que nenhum dos critérios apresentou uma sensibilidade muito grande, o que faz com que pequenas variações nos pesos definidos não exerçam grande influência no resultado final.

5.1 Sugestões para Futuros Trabalhos

O modelo de apoio a decisão também pode ser aplicado em outros tipos de problema multicritérios, diferentes da seleção de fornecedor.

Outros trabalhos também podem ser realizados utilizando o mesmo modelo, porém com um método multicritério diferente, como o PROMETHEE I e o ELECTRE.

5.2 Limitações do Trabalho

A principal dificuldade do trabalho foi a de obter dados reais de uma organização para a aplicação do modelo, pois essas informações são, na maioria das vezes, estratégicas para a empresa e não são facilmente disponibilizadas para divulgação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALENCAR, L.H.; ALMEIDA, A.T. A Model for Selecting Project Team Members Using Multicriteria Group Decision Making. **Pesquisa Operacional**, v.30, p. 221-236, 2010.
- ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- ALMEIDA, A.T. Métodos multicritério de apoio a decisão. In: ALMEIDA, A.T.; RAMOS, F.S. (Orgs.) **Gestão da Informação na Competitividade das Organizações**. 2.ed.. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2002. 398 p.
- ALMEIDA, A.T. Multicriteria decision model for outsourcing contracts selection based on utility function and ELECTRE method. **Computers & Operations Research**, v.34, p. 3569 – 3574, 2007.
- AMID, A.; GHODSYPOUR, S.H.; O'BRIEN, C. Fuzzy multiobjective linear model for supplier selection in a supply chain. **International Journal of Production Economics**, v. 104, p. 394-407, 2006.
- AMIN, S. H.; RAZMI, J. An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 8639–8648, 2009.
- ARAZ, C.; OZFIRAT, P.M.; OZKARAHAN, I. An integrated multicriteria decision-making methodology for outsourcing management. **Computers & Operations Research**, v. 34, p. 3738 – 3756, 2007.
- BELCOURT, M. Outsourcing — The benefits and the risks. **Human Resource Management Review**, v.16, p.269–279, 2006.
- BERGER, J.O. **Statistical decision theory and Bayesian analysis**. 2.ed. New York: Springer-Verlag, 1985 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- BINDER, F.V. **Sistemas de apoio à decisão**. São Paulo: Érica, 1994 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- BRANS J.P.; VINCKE P.H.; MARESCHAL B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European Journal of Operational Research**, v.24, p. 228-38, 1986 *apud* WANG, J. J.; YANG, D. L., Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing. **Computers & Operations Research**, v.34, p. 3691 – 3700, 2007.
- BRITO, A.J.; ALMEIDA A.T. Multi-attribute risk assessment for risk ranking of natural gas pipelines. **Reliab Eng Syst Safety**, v.94, p. 187-198, 2009 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- BURDON S.; BHALLA A. Lessons from the Untold Success Story: Outsourcing Engineering and Facilities Management. **European Management Journal**, v. 23, p.576-582, 2005.
- CAVALLARO, F. Multi-criteria decision aid to assess concentrated solar thermal technologies. **Renewable Energy**, v. 34, p. 1678-1685, 2006.
- CHE, Z. H.; WANG, H.S. Supplier selection and supply quantity allocation of common and non-common parts with multiple criteria under multiple products. **Computers & Industrial Engineering**, v.55, p. 110-133, 2008.
- CHEN, H. J. Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. **Information Sciences**, 2010.
- CHENA, C.-T.; LIN, C.-T. ; HUANG, S.-F. A fuzzy approach for supplier evaluation and selection in supply chain management. **International Journal of Production Economics**, p. 289–301, 2006 *apud* SANAYEI, A.; MOUSAVI, S., F.; YAZDANKHAH, A. Group decision

- making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 24–30, 2010.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à teoria geral da administração**. 3.ed. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1983 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- CHOY, K.L. *et al.* A knowledge-based supplier intelligence retrieval system for outsource manufacturing. **Knowledge-Based Systems**, v. 18, p.1–17, 2005.
- COSTA, J.J. **Teoria da decisão: um enfoque objetivo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora Rio, 1997 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- DE BOER, L.; LABRO, E.; MORLACCHI, P. A review of methods supporting supplier selection. **European Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 7 (2), p.75–89, 2001 *apud* MICHELI, J.L.; CAGNO, E.; DI GIULIO, A. Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 15, p. 166–177, 2009.
- DEMIRTAS, E. A.; USTUN, O. An integrated multiobjective decision making process for supplier selection and order allocation. **Omega**, v. 36, p. 76-90, 2008.
- ERNST, R.; KAMRAD, B.; ORD K. Delivery performance in vendor selection decisions. **European Journal of Operational Research**, v.176, p.534–541, 2007.
- FISHBURN, P.C. Noncompensatory Preferences. **Synthese**, v. 33, p. 393-403, 1976 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- FLORIN, J.; BRADFORD, M.; PAGACH D. Information technology outsourcing and organizational restructuring: An explanation of their effects on firm value. **Journal of High Technology Management Research**, v. 16, p. 241–253, 2005.
- GENCER, C.; GURPINAR, D. Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. **Applied Mathematical Modelling**, v. 31, p. 2475 – 2486, 2007.
- GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- GOUMAS, M; LYGEROU, V. An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: ranking of alternative energy exploitation. **European Journal of Operational Research**, v. 13, p. 123-616, 2000 *apud* WANG, J.J.; YANG, D.L. Using a hybrid multi-criteria decision aid method for information systems outsourcing. **Computers & Operations Research**, v.34, p. 3691 – 3700, 2007.
- HO, W.; XU, X., DEY, P. K. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. **European Journal of Operational Research**, v. 202, p. 16–24, 2010.
- KAHRAMAN, C. ; CEBECI, U. ; ULUKAN, Z. Multi-criteria supplier selection using fuzzy AHP. **Logistics Information Management**,v.16(6), p. 382–394, 2003 *apud* AMIN, S. H.; RAZMI, J. An integrated fuzzy model for supplier management: A case study of ISP selection and evaluation. **Expert Systems with Applications**, v. 36, p. 8639–8648, 2009.
- KARA, S. S., Supplier selection with an integrated methodology in unknown environment. **Expert Systems with Applications**, 2010.
- KEENEY, R.L. **Value Focused Thinking**. Havard, 1992 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- KEENEY, R.L.; RAIFFA, H. **Decision with Multiple Objectives: Preferences and Value Trade-offs**. John Wiley & Sons *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.

- KESKIN, G.A.; ILHAN, S.; OZKAN, C. The Fuzzy ART algorithm: A categorization method for supplier evaluation and selection. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 1235–1240, 2010.
- LEE, E.K. **Development of a Supplier Selection and Management System and Safety Stock Policies in Supply Chain**. Thesis for the Degree of Doctor of Philosophy, Department of Industrial Engineering Graduate School, Korea University, p. 45-55, 2001 *apud* GENCER, C.; GURPINAR, D. Analytic network process in supplier selection: A case study in an electronic firm. **Applied Mathematical Modelling**, v. 31, p. 2475 – 2486, 2007.
- LISTON, P.; BYRNE, J.; BYRNE, P.J.; HEAVEY, C. Contract costing in outsourcing enterprises: Exploring the benefits of discrete-event simulation. **Int. J. Production Economics**, v.110, p. 97–114, 2007
- LUNG NG, W. An efficient and simple model for multiple criteria supplier selection problem. **European Journal of Operational Research**, v. 186, p.1059–1067, 2008.
- MARAKAS, G.M. **Decision support systems in the 21st century**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- MCCARTHY, I.; ANAGNOSTOU, A. The impact of outsourcing on the transaction costs and boundaries of manufacturing. **Int. J. Production Economics**, v.88, p. 61–71, 2004.
- MICHELI, J.L.; CAGNO, E.; DI GIULIO, A. Reducing the total cost of supply through risk-efficiency-based supplier selection in the EPC industry. **Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 15, p. 166–177, 2009.
- MOL, M.J. Does being R&D intensive still discourage outsourcing? Evidence from Dutch manufacturing. **Research Policy**, v. 34, p. 571–582, 2005.
- MOL, M.J.; VAN TULDER, R.J.M.; BEIJE P.R. Antecedents and performance consequences of international outsourcing. **International Business Review**, v.14, p. 599–617, 2005.
- MUNDA, G. **Social Multi-Criteria Evaluation for A Sustainable Economy**, Springer, 2008 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- OFFODILE, O.F.; ABDEL-MALEKB, L.L. The virtual manufacturing paradigm: The impact of IT/IS outsourcing on manufacturing strategy. **Int. J. Production Economics**, v.75, p.147–159, 2002.
- OPRICOVIC, S. **Multi-criteria optimization of civil engineering systems**. Belgrade: Faculty of Civil Engineering, 1998 *apud* SANAYEI, A.; MOUSAVI, S., F.; YAZDANKHAH, A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 24–30, 2010.
- OPRICOVIC, S.; TZENG, G.-H. Multicriteria planning of post-earthquake sustainable reconstruction. **Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering**, v.17(3), p. 211–220, 2002 *apud* SANAYEI, A.; MOUSAVI, S., F.; YAZDANKHAH, A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 24–30, 2010.
- QUÉLIN, B.; DUHAMEL, F. Bringing Together Strategic Outsourcing and Corporate Strategy: Outsourcing Motives and Risks. **European Management Journal**, v.21, n.5, p.647–661, 2003.
- RAIFFA, H. **Decision Analysis**. Addison-Wesley, 1968 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- ROHDE, F.H. IS/IT outsourcing practices of small- and medium-sized manufacturers. **International Journal of Accounting Information Systems**, v. 5, p. 429– 451, 2004.
- ROY, B. **Multicriteria Methodology Goes Decision Aiding**. Kluwer Academic Publishers, 1996 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.

- SAATY, T.L. **Fundamentals of decision making and priority theory with the analytic hierarchy process**. Pittsburgh: RWS, v.6., 1994 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- SAEN, R. F. Restricting weights in supplier selection decisions in the presence of dual-role factors. **Applied Mathematical Modelling**, v. 34, p. 2820–2830, 2010.
- SANAYEI, A.; MOUSAVI, S., F.; YAZDANKHAH, A. Group decision making process for supplier selection with VIKOR under fuzzy environment. **Expert Systems with Applications**, v. 37, p. 24–30, 2010.
- SAWIK, T. Single vs. multiple objective supplier selection in a make to order environment. **Omega**, v. 38, p. 203–212, 2010.
- SHAMBLIN, J.E.; STEVENS JR, G.T. **Pesquisa operacional: uma abordagem básica**. São Paulo: Atlas, 1989 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- SHU, M.-H.; WU, H.-C. Quality-based supplier selection and evaluation using fuzzy data. **Computers & Industrial Engineering**, v. 57, p. 1072–1079, 2009.
- SOUZA, F.M.C. **Decisões racionais em situações de incerteza**. Recife: Ed. Universitária, 2002 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- URIS, A. **O livro de mesa do executivo**. São Paulo: Pioneira, 1989 *apud* GOMES, L.F.A.M.; GOMES, C.F.S.; ALMEIDA, A.,T. **Tomada de Decisão Gerencial: Enfoque Multicritério**. 2.ed. São Paulo: Atlas, 2006. 289 p.
- VINCKE, P. Multicriteria Decision-Aid. John Wiley & Sons Ltd. ISBN: 0-471-93184-5, 1992 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- WADHWA, V.; RAVINDRAN, A.R. Vendor selection in outsourcing. **Computers & Operations Research**, v.34, p. 3725 – 3737, 2007.
- WALKER, H.; KNIGHT, L.; HARLAND, C. Outsourced Services and ‘Imbalanced’ Supply Markets. **European Management Journal**, v. 24, p. 95–105, 2006.
- WALLENIS, J.; DYER, J.S.; FISHBURN, P.C.; STEUER, R.E.; ZIONTS, S.; KALYANMOY, D. Multiple Criteria Decision Making, Multiattribute Utility Theory: Recent Accomplishments and What Lies Ahead. **Management Science**, v.54 (7), p. 1336-1349 *apud* ALMEIDA, A. T. **O conhecimento e uso de métodos multicritério de apoio a decisão**. 1.ed. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 2010. 204p.
- WU, D. D.; ZHANG, H., WU, D., OLSON, D. L. Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modeling: A possibility approach. **European Journal of Operational Research**, v. 200, p. 774–787, 2010.