

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Modelagem Multicritério e aplicação da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*
para avaliação da liderança**

ANA CARLA BITTENCOURT REIS

Orientadora: Prof^a. Caroline Maria de Miranda Mota, DSc.

RECIFE, AGOSTO / 2011

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Modelagem Multicritério e aplicação da Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*
para avaliação da liderança**

TESE SUBMETIDA À UFPE

POR

ANA CARLA BITTENCOURT REIS

Orientadora: Prof^a. Caroline Maria de Miranda Mota, DSc.

RECIFE, AGOSTO / 2011

R375m Reis, Ana Carla Bittencourt.
Modelagem multicritério e aplicação da Teoria dos Conjuntos Fuzzy para avaliação da liderança / Ana Carla Bittencourt Reis. - Recife: O Autor, 2011.

xi, 97 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Caroline Maria de Miranda Mota.
Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG.
Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2011.
Inclui Referências Bibliográficas e Anexo.

1. Engenharia de Produção. 2. Liderança. 3. Modelagem multicritério.
4. Teoria dos conjuntos *fuzzy*. 5. Inferência de parâmetros. I. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.)

BCTG/2011-217



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE TESE DE
DOUTORADO DE

ANA CARLA BITTENCOURT REIS

***“MODELAGEM MULTICRITÉRIO E APLICAÇÃO DA TEORIA DOS CONJUNTOS
FUZZY PARA AVALIAÇÃO DA LIDERANÇA”***

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: GERÊNCIA DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata ANA CARLA BITTENCOURT REIS **APROVADA**.

Recife, 26 de agosto de 2011.

Profª. CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA, Doutor (UFPE)

Profª. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutor (UFPE)

Profª. ANA PAULA CABRAL SEIXAS COSTA, Doutor (UFPE)

Profª. JOSETE FLORÊNCIO DOS SANTOS, Doutor (UFPE)

Prof. LUIZ HENRIQUE ALVES DE MEDEIROS, Docteur (UFPE)

A minha filha Alice

AGRADECIMENTOS

O desenvolvimento de uma tese de doutorado é simultâneo a períodos significativos da vida de quem escolhe este caminho e, por isso, envolve, além das pessoas que fazem parte deste projeto, os nossos familiares e amigos. Agradeço a todos que de alguma maneira participaram desta etapa de minha vida.

À minha orientadora Caroline Mota, a quem aprendi a admirar durante o desenvolvimento deste trabalho, por sua competência, seu conhecimento e capacidade de raciocínio.

Ao professor Adiel Almeida, que sempre me orientou apontando os caminhos que levariam aos meus objetivos e cujas qualidades acadêmicas são indiscutíveis. À professora Ana Paula Cabral, pela sabedoria e pelo carinho demonstrado em cada orientação, além dos conhecimentos que me proporcionou.

Aos professores Danielle Morais, Josete Florêncio e Luiz Henrique de Medeiros, pelas contribuições dadas na avaliação do meu trabalho.

Aos meus pais João Carlos (in memoriam) e Servília Maria, pela educação que me proporcionaram; à minha filha Alice, minha fonte de inspiração; ao meu irmão Matheus, a todos os meus familiares, em especial a Luciano Reis, minha avó Diva e minha irmã Patrícia Reis.

Às amigas do PPGEP: Maísa Mendonça, Renata Maciel, Joana Viana e Natália, pelos momentos felizes de convívio e pelos conhecimentos compartilhados.

À CAPES pelo apoio financeiro concedido durante a realização do doutorado.

À Juliana Ramos, pelas correções de português, à Josiane Bispo, e a todos os amigos, mesmo sem citá-los nominalmente, que me apoiaram nesta fase tão importante de minha vida.

RESUMO

As organizações têm enfrentado o problema da definição do "perfil ideal" que o líder deve ter para impulsionar a consecução dos resultados esperados. Todavia, é preciso observar que a maturidade dos liderados e as situações vivenciadas nas empresas variam de acordo com a tarefa a ser executada. Diante disto, o líder deve considerar estas mudanças a fim de desenvolver com o liderado uma comunicação capaz de estimulá-lo na compreensão destas tarefas. A proposta do presente trabalho é identificar o nível de maturidade dos liderados a fim de prescrever o estilo de liderança mais apropriado a ser adotado pelo líder. A avaliação do liderado configura um problema de classificação quanto à sua maturidade. Entretanto, o decisor pode deparar-se com algumas dificuldades para solução deste problema. A fim de solucionar estes obstáculos, são propostas: uma estrutura para identificação do estilo de liderança mais apropriado a ser adotado pelo líder (por meio da inferência de parâmetros) e, a utilização da Modelagem Multicritério associada à Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*.

Palavras chave: Liderança, Modelagem Multicritério, Teoria dos conjuntos *fuzzy*, Inferência de parâmetros

ABSTRACT

Organizations have faced the problem of defining the "ideal profile" that the leader must have to boost the achievement of expected results. However, one must consider that the maturity of the followers and situations experienced in business vary according to the task at hand. Given this, the leader must consider these changes in order to develop a communication with the leader able to boost the lead in understanding the tasks to be performed. The purpose of this study is to identify the level of maturity of the followers in order to prescribe the most appropriate leadership style to be adopted by the leader. The evaluation of the follower sets a sorting problem on its maturity. However, the decision maker may encounter some difficulties in solving this problem. In order to address these barriers are proposed: a framework for identifying the most appropriate leadership style to be adopted by the leader (through inference of parameters), and the use of Multicriteria Modeling associated with *Fuzzy* Set Theory.

Keywords: Leadership, Multicriteria Decision Model, *Fuzzy* Sets Theory, Parameter Inference.

SUMÁRIO

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 | Justificativa | 2 |
| 1.2 | Objetivos gerais | 4 |
| 1.3 | Objetivos específicos | 5 |
| 1.4 | Metodologia | 6 |
| 1.5 | Estrutura da tese | 7 |
| 2 | BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA | 9 |
| 2.1 | Liderança..... | 9 |
| 2.1.1 | Abordagem da Liderança Situacional..... | 10 |
| 2.2 | Apoio à decisão | 15 |
| 2.2.1 | Modelagem multicritério..... | 15 |
| 2.2.2 | O método ELECTRE TRI..... | 19 |
| 2.2.3 | O método ELECTRE TRI-C..... | 26 |
| 2.2.4 | Modelos de inferência..... | 31 |
| 2.3 | Teoria dos Conjuntos <i>Fuzzy</i> | 35 |
| 2.3.1 | Números triangulares fuzzy..... | 37 |
| 2.3.2 | Definições sobre números fuzzy..... | 38 |
| 2.4 | Revisão da literatura | 40 |
| 2.4.1 | Uma perspectiva sobre a Liderança | 40 |
| 2.4.2 | Aplicabilidade dos modelos de inferência de parâmetros..... | 45 |
| 2.4.3 | O apoio multicritério à decisão e os métodos de classificação | 48 |
| 2.4.4 | O apoio multicritério à decisão e a abordagem fuzzy..... | 50 |
| 2.4.5 | Relações de sobreclassificação de caráter fuzzy | 53 |
| 3 | MODELO DE INFERÊNCIA DE PARÂMETROS PARA CLASSIFICAÇÃO DE LIDERADOS | 57 |
| 3.1 | Estrutura proposta para classificação dos liderados | 58 |
| 3.2 | Aplicação do modelo de inferência | 63 |
| 3.3 | Discussão | 65 |
| 4 | MODELO MULTICRITÉRIO DE SOBRECLASSIFICAÇÃO FUZZY BASEADO EM α-CUTS | 67 |
| 4.1 | Caracterização do problema..... | 67 |
| 4.2 | Interface gráfica para avaliação das ações..... | 68 |
| 4.3 | Modelo de sobreclassificação <i>fuzzy</i> proposto com base em α -cuts..... | 72 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4.4 | Exemplo numérico..... | 75 |
| 4.5 | Discussão | 77 |
| 5 | MODELO MULTICRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE TFNS COM BASE EM SUAS ÁREAS..... | 78 |
| 5.1 | Conceitos introdutórios sobre a análise de TFNS utilizando suas áreas | 78 |
| 5.2 | Modelo multicritério proposto para classificação de TFNs com base em suas áreas ... | 81 |
| 5.3 | Exemplo numérico..... | 85 |
| 5.4 | Discussão | 86 |
| 6 | CONCLUSÕES..... | 88 |
| 6.1 | Limitações e recomendações para trabalhos futuros | 90 |
| | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 92 |
| | ANEXO 1 | 98 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|-----------|
| <i>Figura 1.1- Fases do estudo de um problema de Pesquisa Operacional</i> | <i>6</i> |
| <i>Figura 2.1- Estilos de liderança e dosagem entre comportamento de tarefa e de relacionamento</i> | <i>14</i> |
| <i>Figura 2.2 - Ilustração da problemática de escolha</i> | <i>17</i> |
| <i>Figura 2.3 - Ilustração de classificação</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 2.4 - Ilustração da problemática de ordenação.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Figura 2.5 - Definição das categorias utilizando os perfis de referência</i> | <i>21</i> |
| <i>Figura 2.6 - Os paradigmas de agregação e desagregação no MCDA</i> | <i>31</i> |
| <i>Figura 2.7 - Esquema geral do procedimento de inferência de Mousseau et al. (2001)</i> | <i>33</i> |
| <i>Figura 2.8 - Função de pertinência triangular</i> | <i>37</i> |
| <i>Figura 2.9 - Diferentes abordagens para determinar os parâmetros do ELECTRE TRI</i> | <i>46</i> |
| <i>Figura 3.1 – Estrutura proposta para classificação do liderado.....</i> | <i>59</i> |
| <i>Figura 4.1 - Ferramenta gráfica para auxiliar na representação e avaliação das ações</i> | <i>71</i> |
| <i>Figura 4.2 – Exemplo da ferramenta gráfica para avaliação segundo 3 critérios distintos.....</i> | <i>72</i> |
| <i>Figura 4.3 –Representação do α-cut</i> | <i>73</i> |
| <i>Figura 5.1 –Possíveis situações de dominância entre números fuzzy não- sobrepostos.....</i> | <i>79</i> |
| <i>Figura 5.2 – Possíveis situações de indiferença e dominância entre números fuzzy sobrepostos</i> | <i>80</i> |
| <i>Figura 5.3 – Ilustração das relações apresentadas na Tabela 5.1</i> | <i>84</i> |

LISTA DE TABELAS

| | |
|--|----|
| <i>Tabela 3.1 - Representação dos critérios e suas respectivas descrições.....</i> | 61 |
| <i>Tabela 3.2 - Conversão da escala verbal em escala numérica.....</i> | 62 |
| <i>Tabela 3.3 - Matriz de avaliação das alternativas segundo o líder.....</i> | 62 |
| <i>Tabela 3.4 – Valores das variáveis de folga.....</i> | 64 |
| <i>Tabela 3.5 - Valores encontrados para os pesos dos critérios.....</i> | 64 |
| <i>Tabela 4.1 – Precisão da avaliação dos liderados.....</i> | 69 |
| <i>Tabela 4.2 - Avaliações dos liderados nos três critérios.....</i> | 76 |
| <i>Tabela 4.3 - Valores dos índices de sobreclassificação.....</i> | 76 |
| <i>Tabela 4.4 - Resultados da classificação dos liderados.....</i> | 76 |
| <i>Tabela 5.1 – Comparação entre os cálculos de R e de K'.....</i> | 83 |
| <i>Tabela 5.2 - Avaliações em todos os critérios.....</i> | 85 |
| <i>Tabela 5.3 - Valores dos índices de sobreclassificação.....</i> | 86 |
| <i>Tabela 5.4 – Resultados da classificação.....</i> | 86 |

1 INTRODUÇÃO

Os fatores que determinam o sucesso das organizações e o crescimento e a sustentação de posições de destaque das empresas em relação ao mercado estão em constante discussão. Entretanto, dentre as características decisivas para o sucesso organizacional, está a liderança.

Estima-se que a liderança seja uma preocupação tão antiga quanto a história escrita, embora somente há cerca de 200 anos o termo liderança tenha sido usado. Já os problemas centrais de uma liderança efetiva, tais como motivação, inspiração, sensibilidade e comunicação, pouco mudaram nos últimos 3000 anos (Bergamini, 1994).

Muitas das organizações bem sucedidas têm como grande preocupação as pessoas que a compõem, a construção de seu aprendizado, sua competência e habilidade (Pfeffer, 1998). As pessoas que constituem as organizações possuem o papel fundamental de fazer com que os objetivos organizacionais sejam atingidos. Para tanto, é necessário que os gerentes e administradores saibam lidar com essas pessoas e procurem influenciar seu comportamento exercendo a liderança.

Além disso, vale ressaltar o quão importante é a capacidade de um líder em diagnosticar o seu ambiente e adaptar a este o seu estilo de liderança, a fim de exercê-la com eficácia, ressalta Schein (2004). Neste contexto, os líderes devem ter flexibilidade pessoal e habilidades para variar seu comportamento de acordo com as necessidades e motivos individuais de seus liderados.

O problema de definição do “perfil ideal” do líder tem sido alvo de muitas discussões. Ao longo dos anos, a liderança tem sido vista de diversas formas, desde a Teoria dos Traços de Liderança - que avalia questões como aspectos de personalidade, de inteligência e características físicas do indivíduo, até as teorias que avaliam combinações de competências que o líder deve possuir (Montana & Charnov, 2000; Muller & Turner, 2005).

Há de se considerar, contudo, que a rotina das empresas é algo dinâmico, onde se faz necessária atenção aos fatores potenciais que influenciam no alcance de seus objetivos e resultados esperados. Diante deste contexto, a liderança desempenha um papel cada vez mais importante por justamente tratar do recurso humano que compõe as organizações. A teoria da Liderança Situacional coloca o líder e os liderados em um cenário em que, uma vez

identificado o nível de maturidade de seus liderados, é possível adotar um estilo de liderança mais eficaz.

Dentre os diferentes cenários que se revelam cotidianamente nas organizações, é necessária uma atenção especial ao desenvolvimento de projetos. Estes podem ser compreendidos como um esforço temporário empreendido para criar um produto, serviço ou resultado exclusivo (PMI, 2004).

O desdobramento da execução de um projeto é caracterizado por etapas que implicam em contextos com certo grau de distinção. Os diferentes cenários que podem ser formados durante um projeto requerem uma atenção especial do gerente na forma de abordar o liderado, a fim de que o desempenho deste seja positivo. E ainda, o ambiente dinâmico do projeto revela fatores situacionais que podem refletir diretamente nos resultados esperados. Sendo assim, a Liderança Situacional pode ser vista como uma forma oportuna de avaliar os liderados para que o desempenho desejado seja alcançado.

Nesta teoria, a identificação do nível de maturidade dos liderados é procedente da avaliação destes sob vários critérios. A avaliação final de cada liderado é a agregação das suas avaliações individuais à luz de cada critério por meio de uma soma ponderada. Entretanto, a soma ponderada das avaliações dos liderados traz à tona a questão da compensação que pode haver, ao somar uma avaliação muito baixa, em um ou mais critérios, com avaliações muito altas noutros. No problema apresentado, isso pode levar a distorções quanto à avaliação da maturidade. Surge então a questão: os resultados obtidos com a agregação não compensatória das avaliações dos liderados podem representar melhor a maturidade dos liderados?

No presente trabalho, são propostas soluções para o problema de liderança apresentado, considerando algumas dificuldades que o decisor pode encontrar em sua formulação e solução.

1.1 Justificativa

Os problemas enfrentados pelas organizações normalmente demandam avaliações sob vários critérios para tomada de decisão, o que torna a análise multicritério uma ferramenta bastante apropriada. Os modelos multicritério têm sido aplicados em diversas áreas para apoiar na decisão de problemas complexos e cujos objetivos são conflitantes (Behzadian et al., 2010; Beccali et al., 2003; Pohekar & Ramachandran, 2004).

O problema apresentado neste trabalho consiste em definir o nível de maturidade dos liderados, por meio da avaliação destes sob vários critérios, a fim de que o líder possa adotar o estilo mais apropriado de liderança. Para tanto, é proposta a problemática de classificação multicritério, onde os liderados devem ser classificados em classes que representem seu nível de maturidade. Todavia, a solução deste problema exige do decisor a definição de parâmetros e avaliações o que, em alguns casos, pode ser uma tarefa difícil.

A proposta apresentada é considerada mais relevante no contexto da gestão de projetos, cujo ambiente, caracterizado por etapas distintas, exige do líder flexibilidade com os seus liderados para que sejam atingidos os resultados desejados. Isto porque, a maturidade do liderado diante de situações distintas pode ser avaliada diferentemente, exigindo do líder um comportamento diferenciado, a fim de assegurar a eficiência no cumprimento das tarefas.

E ainda, o ambiente dinâmico do projeto revela fatores situacionais que podem refletir diretamente nos resultados esperados. Sendo assim, a Liderança Situacional pode ser vista como uma forma oportuna de avaliar os liderados para que o desempenho desejado seja alcançado.

São previstas três situações distintas que podem ser enfrentadas pelos decisores para solução do problema apresentado e suas respectivas alternativas para solução:

- i. Em um primeiro cenário é empregada a modelagem multicritério utilizando a problemática de classificação para designação dos liderados a determinadas categorias de maturidade. Para tanto, é proposta a utilização do modelo multicritério ELECTRE TRI. Todavia, a aplicação deste modelo exige do decisor a definição de alguns parâmetros. Esta tarefa pode ser considerada difícil para o decisor, uma vez que se trata de um problema subjetivo. A fim de solucionar este problema, é proposta uma estrutura para classificação dos liderados e a utilização de um modelo de inferência de parâmetros.

Esta estrutura tem como objetivo auxiliar o decisor no problema de classificação e fornecer meios para que os parâmetros de entrada possam ser inferidos de forma a representar as preferências do decisor e sem demandar grandes esforços;

- ii. Por se tratar de um problema subjetivo, a solicitação de valores precisos para avaliação do liderados pode levar a distorções no julgamento do decisor. E ainda,

as classes de maturidade para atribuição dos liderados pode apresentar um caráter impreciso, de difícil definição. Diante disto, é considerada no modelo proposto a definição das categorias por meio de ações de referência, as quais são representativas das classes de atribuição. Isto porque, neste caso, está sendo considerada a dificuldade que o decisor pode encontrar em determinar os limites das categorias que definem as classes para as quais os liderados devem ser alocados, de acordo com o seu grau de maturidade.

A fim de incorporar a subjetividade das avaliações dos liderados e o caráter impreciso das categorias de atribuição é proposta uma avaliação multicritério, com caráter *fuzzy*.

E ainda, é elaborada uma ferramenta gráfica para apoiar o decisor na classificação dos liderados considerando o caráter *fuzzy* da avaliação. Esta ferramenta pode ser de grande utilidade para os decisores que apresentarem dificuldade em perceber a estruturação do problema de classificação *fuzzy*;

- iii. Considerando as mesmas dificuldades apresentadas no item ii, é proposto um modelo de classificação *fuzzy*, o qual utiliza a área dos números *fuzzy* para proceder a análise das relações de preferência.

Para construção deste modelo é proposta uma nova formulação que utiliza a área dos números *fuzzy* para estabelecer as relações de preferência utilizadas no procedimento de sobreclassificação.

A estrutura de inferência e os modelos propostos representam um novo olhar sobre o problema de liderança, pois inserem conteúdos, como a abordagem *fuzzy*, capazes de fornecer resultados mais próximos da realidade do problema.

1.2 Objetivos gerais

O objetivo geral deste trabalho é desenvolver modelos para solução do problema de definição da maturidade de liderados. Para tanto, é proposta a utilização da abordagem de sobreclassificação e, com base nas relações de preferência, são construídos modelos adequados às dificuldades que podem ser encontradas pelo decisor na solução do problema apresentado.

E ainda, nos casos em que há dificuldade para realização das avaliações dos liderados e para definição das categorias de maturidade para classificação dos liderados, é utilizada a teoria dos conjuntos *fuzzy* para representar a subjetividade e imprecisão relativas ao problema.

1.3 Objetivos específicos

Especificamente, são propostas soluções para avaliação da maturidade dos liderados por meio da abordagem multicritério e da teoria dos conjuntos *fuzzy*. A estrutura e os modelos propostos neste trabalho pretendem avaliar a maturidade de liderados por meio de modelos multicritério que tratem das avaliações, sob vários critérios, de forma não-compensatória.

São apresentados dois subproblemas relacionados à definição do estilo de liderança mais adequado a ser utilizado pelos líderes para obtenção de uma liderança mais eficaz: a definição dos parâmetros necessários à solução do problema de classificação e a avaliação dos liderados considerando as imprecisões e a subjetividade inerentes ao problema apresentado.

Os objetivos específicos a serem alcançados são:

- i. Construir uma estrutura para classificação dos liderados considerando o problema de definição dos parâmetros do modelo de sobreclassificação. Esta estrutura deve abranger o caso em que seja possível eduzir a estrutura de preferência dos decisores por meio da elicitação direta de seus julgamentos ou pela aplicação de um modelo de inferência de parâmetros capaz de extrair informação a partir de exemplos de atribuição previamente realizados;
- ii. Construir um modelo multicritério capaz de incorporar a subjetividade das avaliações dos liderados e as imprecisões relativas à determinação das classes de atribuição por meio da utilização dos números *fuzzy*;
- iii. Elaborar uma ferramenta gráfica para apoio ao decisor tanto na estruturação do problema de decisão, quanto na avaliação dos liderados, considerando o caráter *fuzzy* das avaliações e das classes de atribuição;
- iv. Construir uma formulação para avaliar as relações de preferência entre alternativas *fuzzy*, por meio da avaliação das áreas dos números *fuzzy*, considerando a relação de sobreclassificação.

É preciso ressaltar que todo o processo de construção dos modelos proporciona aos participantes um aprendizado relacionado ao problema a ser solucionado, desde a fase de estruturação, onde são levantadas as variáveis que interferem nas avaliações dos liderados, até a aplicação do modelo e análise dos resultados encontrados.

1.4 Metodologia

O objetivo geral desta tese é propor soluções para os problemas enfrentados pelo decisor na determinação do nível de maturidade dos liderados e consequente adoção do estilo de liderança mais eficaz. Para o alcance da proposta deste trabalho são utilizadas a modelagem multicritério e a teoria dos conjuntos *fuzzy*

Além de uma revisão da literatura sobre o tema abordado, a metodologia para elaboração desta tese implica na modelagem de um problema de Pesquisa Operacional. Ackoff & Sasieni (1975) apresentam cinco etapas para formulação do problema: (1) Definição e estruturação do Problema; (2) Construção de Modelos; (3) Obtenção de Solução; (4) Teste do Modelo e (5) Avaliação da Solução. Estas etapas foram utilizadas como base para a modelagem do problema apresentado e estão ilustradas na Figura 1.1 a seguir:

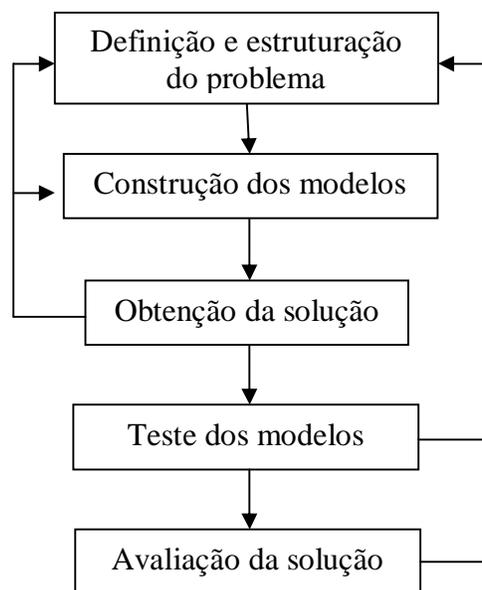


Figura 1.1- Fases do estudo de um problema de Pesquisa Operacional

Fonte: Adaptado de Andrade (2009)

Na etapa de estruturação do problema é onde ocorre a definição do problema propriamente dito, os objetivos de estudo, os possíveis cursos de ação e as limitações do problema, assim como as exigências do sistema são estabelecidas (Ackoff & Sasieni, 1975; Andrade, 2009). Nesta fase, é necessária a captação dos objetivos desejados com a modelagem do problema para que, a partir daí, seja concebido o modelo. Da mesma forma, é necessária atenção especial às limitações existentes, pois estas impactam diretamente na validade das soluções encontradas.

A segunda etapa consiste na construção do modelo e é uma fase de grande importância, pois dela provêm os resultados da solução do problema apresentado. É preciso ressaltar que a construção do modelo é dependente do acesso que se tem a sua estrutura e da complexidade do sistema (Ackoff & Sasieni, 1975).

Nesta fase é necessária a escolha e/ou construção do modelo que melhor represente o sistema estruturado, a fim de que se obtenham bons resultados no que concerne ao grau de representação da realidade que o modelo venha a apresentar.

As três últimas etapas correspondem à obtenção da solução, teste do modelo e avaliação da solução. Uma vez que o modelo é concebido e aplicado ao problema apresentado, segue a fase de validação ou teste do modelo. Andrade (2009) salienta que um modelo é considerado válido se, a despeito da sua inexatidão em representar o sistema, ele é capaz de prover respostas que possam contribuir para apoiar a decisão a ser tomada. Em seguida, vem a fase de avaliação da solução, a qual pode levantar a necessidade de correções no modelo a fim de se obterem resultados que sejam representativos da realidade estudada

No presente trabalho são propostos modelos multicritério para solução do problema de liderança, com base na relação de classificação, e a utilização de números *fuzzy* em situações de imprecisão e incertezas.

1.5 Estrutura da tese

Este tópico apresenta a estrutura da tese e um breve resumo dos capítulos. A ideia é proporcionar uma melhor compreensão da proposta do trabalho.

- O Capítulo 1, correspondente à introdução, apresenta as justificativas, os objetivos e a metodologia do trabalho;

- O Capítulo 2 apresenta a base conceitual necessária à compreensão da proposta deste trabalho, pois explora conceitos de Liderança, especialmente da Liderança Situacional; aborda a modelagem multicritério, com a utilização dos modelos de classificação ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C e modelos de inferência; e, por último, apresenta a Teoria dos conjuntos *fuzzy*.

Consta, neste Capítulo, uma revisão da literatura sobre os temas abordados neste trabalho;

- O Capítulo 3 aborda a estrutura proposta para solução do problema de classificação dos liderados, da qual consta a inferência de parâmetros de entrada;
- No Capítulo 4 é proposto um modelo de classificação *fuzzy*, com base na abordagem de sobreclassificação e na utilização de intervalos α -cuts para avaliar as relações de preferência entre os números *fuzzy*. Neste, ainda é proposta uma ferramenta gráfica para apoiar a construção e solução do problema;
- No Capítulo 5 é proposto um modelo de classificação *fuzzy*, com base na abordagem de sobreclassificação e na utilização das áreas dos números *fuzzy* para construção das relações de preferência.

Neste Capítulo é proposta uma formulação para análise das relações de preferência a partir da área dos números *fuzzy*;

- O Capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho.

2 BASE CONCEITUAL E REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo provê a base teórica necessária à compreensão dos temas abordados neste trabalho que podem ser enumeradas como: liderança, apoio à decisão e teoria dos conjuntos *fuzzy*. Além disso, apresenta uma revisão da literatura sobre os temas abordados.

2.1 Liderança

O processo de liderança está focado na distinção entre mobilizar pessoas para fazerem algo (em função do poder concedido pelo cargo) e mobilizá-las para que queiram fazer algo (em função da credibilidade) (Kouzes & Posner, 1995). Os autores definem liderança como a arte de mobilizar as pessoas para que estas queiram lutar por aspirações comuns a todos. Pode-se considerar que a liderança possui uma interação de influência recíproca que tem em vista o atendimento a objetivos mútuos, como os de um grupo, de uma organização ou de uma sociedade (Hollander, 1978).

Os conceitos e as características consideradas no processo de liderança foram acrescidos de novas formulações ao longo do tempo. Hay & Hodgkinson (2005) documentam quatro fases cronológicas da teoria da liderança e suas peculiaridades, conforme descrição a seguir:

(1) Teorias dos traços - é a teoria mais antiga a respeito da liderança. Sua preocupação principal é a identificação dos traços do líder. Nesta teoria supõe-se que há certas características, como força física ou amabilidade, que são essenciais para uma liderança eficaz (Montana & Charnov, 2000);

(2) Teorias comportamentais – preocupam-se com a identificação dos estilos comportamentais dos líderes e como estes comportamentos afetam e são afetados pelo grupo de seguidores (Luthans, 1995);

(3) Teorias de contingência - segundo Stoner & Freeman (1992), a abordagem contingencial (ou situacional) é a visão de que as técnicas de gestão que melhor contribuem para o alcance dos objetivos organizacionais podem variar em diferentes situações ou circunstâncias;

(4) "Novas teorias da liderança" - são as teorias que enfatizam o simbolismo e o extraordinário compromisso por parte dos liderados (Robbins, 2005). Estas novas teorias de liderança estão preocupadas com a articulação de uma visão.

2.1.1 Abordagem da Liderança Situacional

A teoria da Liderança Situacional surgiu nos anos 60 e questionou o fato de que as características de personalidade, os estilos de liderança ou comportamentos não eram suficientes para promover uma liderança eficaz. Foi defendida a idéia de que além do líder e do grupo, deveria ser dada atenção a situação vivenciada (Kouzes & Posner; 1995).

De acordo com Stoner & Freeman (1992), a Liderança Situacional é uma teoria que recomenda uma liderança mais flexível, em que a motivação, a capacidade e a experiência dos liderados podem ser constantemente avaliadas. Esta teoria recomenda que o líder não haja de forma padrão com seus liderados; há que se considerar as características individuais e mutáveis das pessoas. Para tanto, a Liderança Situacional propõe ao líder a adoção de um estilo de liderança a ser adotado com seus liderados que seja dependente do nível de maturidade destes.

Nesta teoria são consideradas algumas variáveis situacionais como: o líder, os liderados, os superiores, os colegas, a organização, as exigências do cargo e o tempo. Entretanto, sem desmerecer a importância de todas estas variáveis, o foco principal é no comportamento do líder com relação aos seus subordinados (Hersey & Blanchard, 1986).

A Liderança Situacional considera que o líder deve apresentar flexibilidade na forma de agir com seus liderados. De acordo com esta teoria, não existe um modo único de influenciar as pessoas. O estilo de liderança a ser adotado depende do nível de maturidade das pessoas que se deseja influenciar, sendo a maturidade definida como a capacidade e a disposição das pessoas em assumir a responsabilidade de dirigir seu próprio comportamento com relação a uma tarefa a ser realizada.

Na Liderança Situacional busca-se designar o estilo de liderança a ser aplicado que seja mais adequado a um determinado nível de maturidade do liderado. É preciso ressaltar que este "liderado", aqui mencionado, pode se tratar de um único indivíduo ou de um grupo de pessoas. E ainda, a relação líder-liderado não deve ser entendida exclusivamente como uma relação

hierárquica, pois pode ser aplicada em qualquer situação que envolva uma pessoa tentando influenciar o comportamento de outra, quer esta pessoa seja um subordinado, um colega, um chefe, etc.

Esta teoria é baseada numa inter-relação entre a quantidade de orientação e a direção (comportamento de tarefa) que o líder oferece; a quantidade de apoio sócio-emocional (comportamento de relacionamento) dado pelo líder; e o nível de prontidão (maturidade) dos subordinados no desempenho de uma determinada tarefa (Hersey & Blanchard, 1986).

Com relação aos líderes, são definidos dois tipos de comportamento que devem ser considerados: o de tarefa e o de relacionamento. O primeiro é aquele que os líderes adotam para organizar e definir as funções dos membros de seu grupo, tornar claras as atividades que estes devem executar e como devem proceder. Já o comportamento de relacionamento diz respeito à forma como os líderes vão conduzir suas relações pessoais no tocante aos aspectos emocionais e psicológicos (Hersey & Blanchard, 1986).

Com relação aos liderados, a Liderança Situacional considera quatro níveis de maturidade para classificá-los e é vista de forma gradual, ou seja, a classificação do nível de maturidade evolui de imaturo para maduro passando por quatro etapas (Hersey & Blanchard, 1986):

- Maturidade baixa (M1): se refere ao primeiro nível de maturidade. O indivíduo que se encaixa neste perfil é caracterizado como tendo uma capacidade para tarefa e disposição baixas. Aplica-se a pessoas que não têm nem capacidade nem vontade de realizar a tarefa em questão;
- Maturidade entre baixa e moderada (M2): caracteriza o segundo nível de maturidade. Neste patamar, o indivíduo é considerado como tendo capacidade para a tarefa baixa e disposição para a tarefa alta, características de pessoas que não têm capacidade de realizar a tarefa em questão, porém, demonstram disposição para realizá-la;
- Maturidade entre moderada e alta (M3): neste terceiro nível de maturidade, é considerado o indivíduo que possui capacidade para tarefa alta e disposição para

a tarefa baixa, características de pessoas que têm capacidade, porém não têm disposição para realizar a tarefa em questão;

- Maturidade alta (M4): este é o quarto e último nível de maturidade. O indivíduo que possui este perfil é considerado como tendo capacidade e disposição altas para a tarefa, características de pessoas que apresentam capacidade e disposição para realizar a tarefa em questão.

Para cada um destes níveis de maturidade descritos há um estilo de liderança prescrito. Observa-se que o estilo do líder é pautado pela capacidade e disposição do liderado para realizar determinada tarefa, conforme descrições dos níveis de maturidade. A partir da detecção do nível de maturidade dos indivíduos liderados é prescrito um estilo apropriado a ser desempenhado pelo líder. Para os casos de líderes que trabalham com um grupo de pessoas, pode-se determinar a maturidade do grupo através da observação da predominância de maturidades individuais e, desta forma, adotar o estilo de liderar mais recomendado.

É preciso ainda ressaltar que a maturidade de um indivíduo ou de um grupo não é absoluta, varia de situação para situação (Hersey & Blanchard, 1986). Isto significa que, a depender da tarefa a ser executada e da atribuição do liderado, este pode assumir diferentes níveis de capacidade e disposição.

Os estilos de liderança estão estruturados de acordo com uma composição entre o nível de maturidade de tarefa e o nível de maturidade de relacionamento que deve ser seguido pelo líder, e são classificados de forma gradativa (Hersey & Blanchard, 1986):

- Estilo determinar (E1): deve ser aplicado aos subordinados que não têm nem capacidade, nem vontade de realizar a tarefa em questão e que apresentam insegurança em relação à tarefa exigida. Este estilo envolve um comportamento de tarefa alto e de relacionamento baixo. Nesse caso, o líder deve definir as funções que o subordinado irá desempenhar, claramente, especificando onde e como deverão ser executadas as tarefas. Com pessoas desse nível de maturidade, um comportamento de muito apoio pode ser visto como permissivo ou complacente e, portanto, não é recomendado;

- Estilo persuadir (E2): deve ser aplicado aos liderados que não têm capacidade de realizar a tarefa em questão, porém, demonstram disposição para realizá-la. Este estilo envolve um comportamento de tarefa e de relacionamento altos. E ainda, preconiza uma atitude diretiva, por parte do líder, devido à falta de capacidade do liderado. Ao mesmo tempo, o líder deve adotar um comportamento de apoio a fim de reforçar o entusiasmo e a disposição do subordinado. O objetivo é fazer com que os liderados sintam-se convencidos psicologicamente a adotar o comportamento que o líder deseja;
- Estilo compartilhar (E3): é adequado aos liderados que têm capacidade de realizar determinada tarefa, porém, apresentam indisposição para tanto, o que pode ser, em grande parte, conseqüência da falta de confiança em si próprio. Este estilo envolve um comportamento de relacionamento alto e de tarefa baixo. O líder deve adotar um estilo participativo de apoio onde, juntamente com o liderado, participem da tomada de decisão. Neste caso, o líder deve enfatizar a facilitação da comunicação. Todavia, considerando os liderados como sendo competentes, a resistência em fazer o que deles se espera é mais uma questão de motivação do que um problema de segurança;
- Estilo delegar (E4): deve ser utilizado com pessoas que possuem capacidade e disposição para realizar tarefas. Este estilo envolve um comportamento de relacionamento e de tarefa baixos. A estas pessoas o líder precisa dedicar pouca direção e pouco apoio, pois estes liderados são considerados maduros e capazes de decidir como e quando agir, mesmo que seja o líder a pessoa quem identifica os problemas.

Cada um destes estilos de liderança, de E1 a E4, é prescrito, como recomendação para os níveis de maturidade, respectivamente de M1 a M4. E ainda, os estilos de liderança são o resultado de uma combinação entre o comportamento de tarefa e de relacionamento dos líderes, conforme pode ser observado na Figura 2.1, a seguir, e deve conter a dosagem correta de ambos os comportamentos.

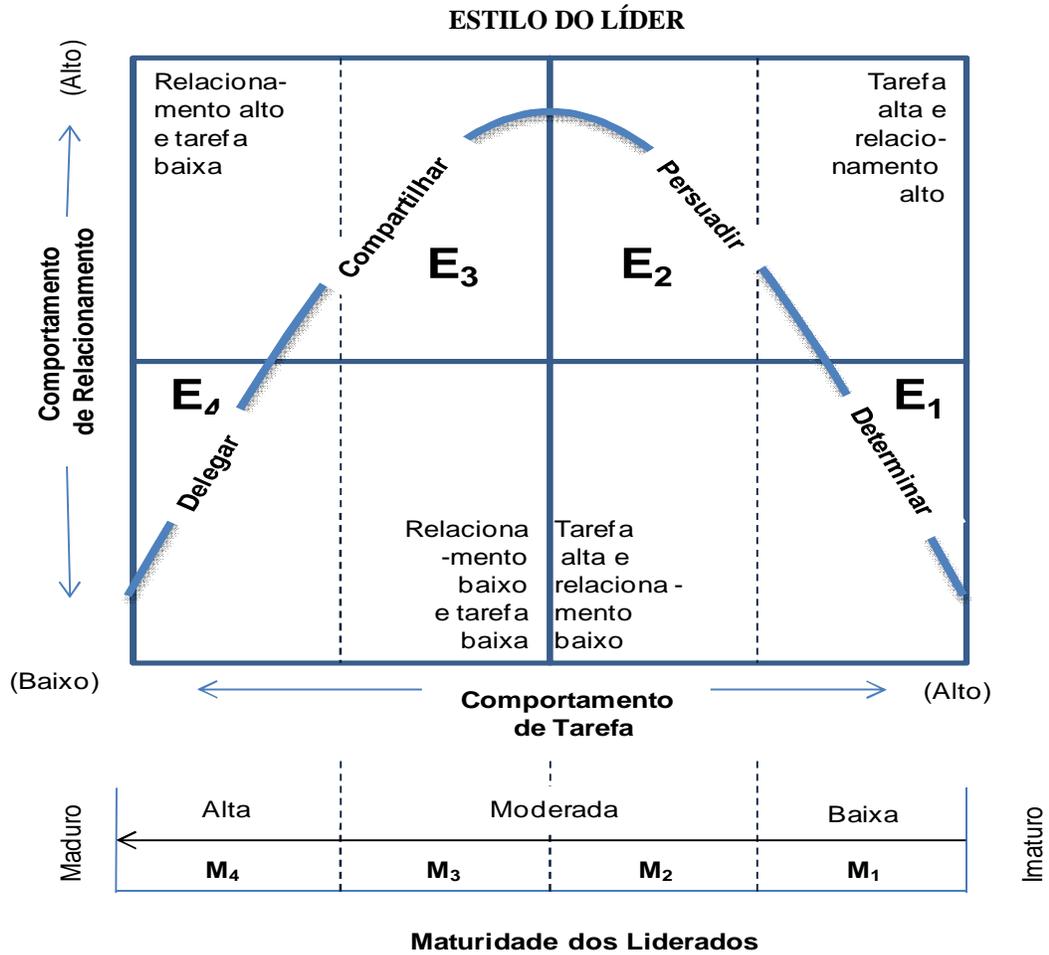


Figura 2.1- Estilos de liderança e dosagem entre comportamento de tarefa e de relacionamento
 Fonte: Hersey & Blanchard (1986)

A investigação acerca do nível de maturidade dos liderados indica a utilização de um formulário de avaliação de maturidade do gerente, conforme ilustrado no Anexo 1. Neste formulário é possível observar que os liderados são avaliados segundo duas dimensões: a maturidade no trabalho (capacidade) e a maturidade psicológica (disposição). Cada uma destas dimensões é obtida a partir da análise de cinco critérios. Hersey & Blanchard (1986) propuseram a agregação dos critérios que compõem cada uma das duas dimensões por meio de uma soma ponderada e, como resultado, é obtida uma classificação do nível de maturidade do liderado.

Na Liderança Situacional está clara a idéia de que o líder deve ajudar os seus liderados a amadurecer até o nível em que estes possam ser considerados dispostos e capazes. Esta

evolução deve ser feita de tal maneira que o liderado desenvolva sua maturidade e que o líder ajuste seu comportamento de liderança. Desta forma, é preciso ressaltar que o nível de maturidade não é algo que deva, obrigatoriamente, permanecer constante ao longo do tempo. Sendo assim, se faz necessária a realização de revisões ao longo do tempo com o objetivo de detectar alterações tanto para um nível maior de maturidade, quanto para algum tipo de regressão.

A seção seguinte faz referência à modelagem multicritério, especialmente aos modelos ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C, e ao modelo de inferência proposto por Mousseau et al. (2001) utilizado para determinação de parâmetros de entrada do modelo ELECTRE TRI.

2.2 Apoio à decisão

A rotina das organizações envolve circunstâncias onde as pessoas, constantemente, se deparam com situações onde é necessário um posicionamento sobre como agir, qual o melhor caminho seguir, qual decisão deve ser tomada. Todavia, esses problemas podem apresentar um caráter complexo, tendo em vista os diversos objetivos que se pretende atingir. Sendo assim, a escolha da melhor ação a ser seguida pode caracterizar um problema de difícil solução (Vincke, 1992; Roy, 1996).

Os Métodos Multicritério de Apoio à Decisão são abordagens que visam apoiar o decisor por meio da recomendação de uma ação ou de um curso de ações, e ainda, procuram esclarecer o processo de decisão, levando em conta os julgamentos de valores dos decisores. Vale salientar que o ser humano, constantemente, se depara com a necessidade de tomar decisões que, ora envolvem parâmetros quantitativos, ora envolvem parâmetros qualitativos - com forte característica subjetiva (Almeida, 2011). A análise de decisão por múltiplos critérios tenta gerenciar a subjetividade e recomendar um curso de ações que incorpore medidas objetivas com preferências do decisor.

2.2.1 Modelagem multicritério

A modelagem multicritério tem sido abordada amplamente devido, inclusive, às diversas possibilidades de aplicação e à capacidade de incorporar julgamentos subjetivos em avaliações sob múltiplos critérios. Segundo Vincke (1992), a aplicação da formulação multicritério não se restringe a uma área de forma isolada, mas diz respeito a problemas de gerenciamento e

decisão, de forma geral, onde há a presença de múltiplos critérios a serem analisados para solução de um problema.

Ainda segundo Vincke (1992), o apoio à solução de problemas com múltiplos critérios de decisão é necessário para os casos onde há diversos pontos de vista, os quais devem ser levados em conta, e para tanto, fornece ferramentas de apoio para possibilitar sua solução. A necessidade de utilização da modelagem multicritério se torna ainda mais clara quando se tem a noção de que é incomum encontrar uma solução que atenda a todos os pontos de vista, simultaneamente.

Dado um conjunto de alternativas a serem analisadas, os métodos multicritério procuram auxiliar o decisor na análise destas alternativas sob a influência de múltiplos critérios. Para tanto, Roy (1996) identifica dois grupos de pessoas envolvidas no processo de tomada de decisão: os *stakeholders* e as *terceiras partes*.

Os *stakeholders* são as pessoas que interferem diretamente no processo decisório, por meio de seus sistemas de valores, com interesse intenso na decisão. Já as *terceiras partes* caracterizam um conjunto de pessoas que não interferem diretamente no processo de decisão, mas são afetados pelos resultados das decisões tomadas. Ou seja, suas preferências devem ser consideradas.

A interveniência no processo decisório é frequentemente realizada pelo mesmo indivíduo ou grupo de indivíduos. Entretanto, podem-se destacar três tipos de atores que fazem parte deste grupo: os *decisores*, que influenciam o processo de decisão por meio de julgamentos de valor que representam suas preferências, e ainda, têm o poder de ratificar uma decisão; o *facilitador*, o qual deve ser um líder que coordene os pontos de vista do decisor, o mantenha motivado, e ainda, destaque e propicie aprendizado no processo decisório, mesmo que seu julgamento de valor não influencie no processo; e o *analista*, cuja maior parte do trabalho está na formulação do problema e na exposição deste para que possa ser compreendido por todos e, além disso, é quem o analisa de fato (Vincke, 1992; Roy, 1996).

A formulação de um problema de decisão envolve também a definição de duas variáveis: as ações e os critérios (Vincke, 1992). As ações correspondem às alternativas que

devem ser consideradas para solução do problema. Os critérios ou atributos são utilizados para avaliar as ações, e representam as preferências do decisor.

2.2.1.1 Problemáticas de referência

Roy (1996) explica que o analista precisa determinar em que termos os resultados da modelagem devem ser apresentados. Qual é o formato do resultado que ele espera? Neste sentido, o autor propõe quatro problemáticas básicas que podem ser consideradas na modelagem de um problema de decisão, conforme a seguir (Roy, 1996; Mousseau & Slowinski, 1998):

- Problemática de escolha (P. α);
- Problemática de ordenação (P. γ);
- Problemática de classificação (P. β);
- Problemática de descrição (P. δ).

A problemática de escolha, conforme ilustração da Figura 2.2, consiste na seleção de um subconjunto A' de A , tão restrito quanto possível, que contenha as melhores ações. As ações rejeitadas pertencem ao subconjunto $A-A'$. O subconjunto A' deve ser considerado bom o suficiente para eliminar as alternativas de $A-A'$.

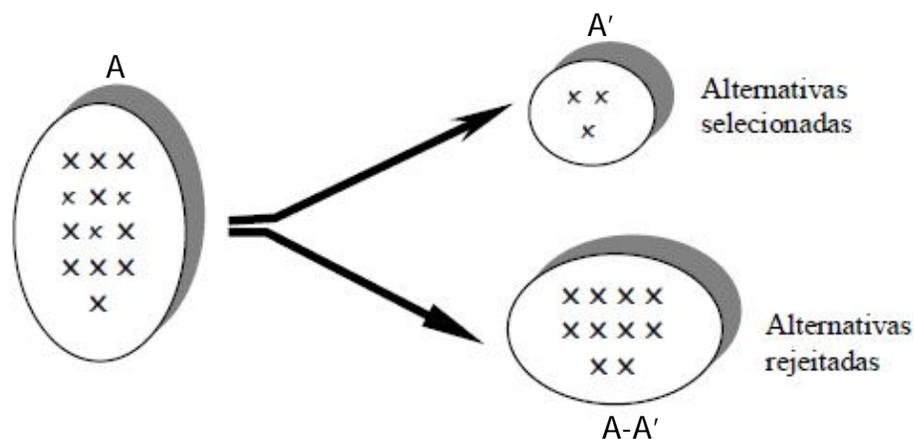


Figura 2.2 - Ilustração da problemática de escolha
Fonte: Adaptado de Mousseau & Slowinski (1998)

A problemática de classificação visa alocar cada ação a categorias definidas *a priori* com base em normas aplicadas ao conjunto de ações. As categorias devem ser definidas para aceitar ações de forma que estas não se encaixem em nenhuma outra categoria. A Figura 2.3 ilustra esta problemática.

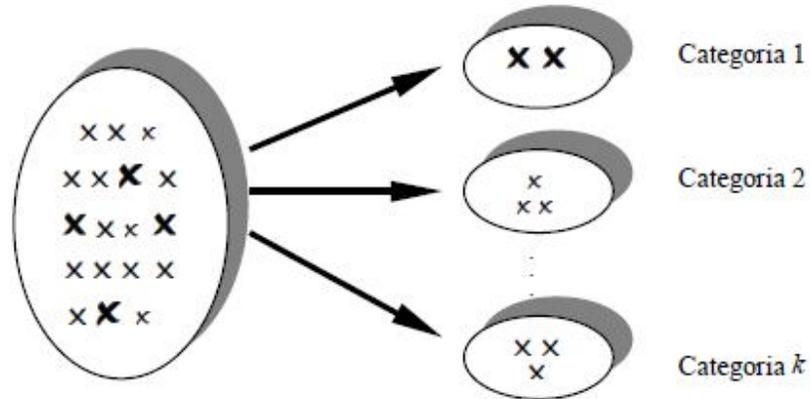


Figura 2.3 - Ilustração de classificação
 Fonte: Adaptado de Mousseau & Slowinski (1998)

A problemática de ordenação consiste na formulação do problema de decisão em termos de ordenação de ações. As ações são reagrupadas em classes de equivalência e, a partir daí, estas classes são ordenadas completamente ou parcialmente. A Figura 2.4 ilustra o processo de ordenação.

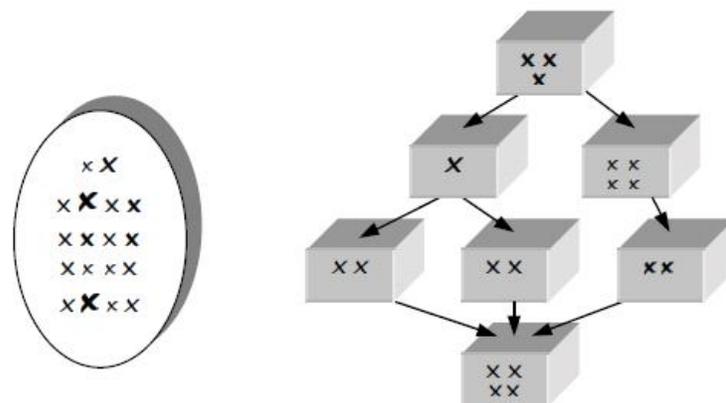


Figura 2.4 - Ilustração da problemática de ordenação
 Fonte: Adaptado de Mousseau & Slowinski (1998)

A problemática de descrição, como o próprio nome diz, busca descrever as ações e suas consequências, de forma sistemática, com o objetivo de esclarecer a decisão. Este processo visa contribuir para que o decisor compreenda as ações suficientemente para poder avaliá-las.

É preciso destacar, entretanto, que as problemáticas não são independentes umas das outras. Ou seja, a utilização de uma delas pode servir como base para a utilização de outra, e etc.

2.2.1.2 Famílias de métodos multicritério

Os métodos multicritério de apoio à decisão são comumente subdivididos em três grandes famílias (Vincke, 1992; Roy, 1989):

- A abordagem do critério único de síntese: consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função que deverá ser otimizada. Esta abordagem envolve estudos sobre as condições matemáticas de agregação, outras formas de agregação e a construção de métodos;
- Os métodos de sobreclassificação: possuem como objetivo principal a construção de uma relação de sobreclassificação, a qual representa as preferências do decisor. Em seguida, esta relação é explorada a fim de auxiliar o decisor na solução do problema;
- Os métodos interativos: alternam cálculos, como fonte de soluções, e diálogo, contendo informações sobre as preferências do decisor. São utilizados, especialmente, na programação matemática multiobjetivo.

O presente trabalho propõe a utilização da abordagem de sobreclassificação, com base nos métodos ELECTRE TRI e do ELECTRE TRI-C, cujas descrições e formulações encontram-se nos itens a seguir, respectivamente.

2.2.2 O método ELECTRE TRI

Os métodos da família ELECTRE (*Elimination and Choice Translating algorithm*) foram desenvolvidos por Bernard Roy e colaboradores (Roy & Bouyssou, 1993; Roy, 1996). A família ELECTRE utiliza como modelagem de preferência a relação de sobreclassificação e foca na comparação par a par de alternativas.

A família ELECTRE é composta pelos métodos ELECTRE I, Iv, II, III, IV, IS, TRI e TRI-C, os quais podem ser agrupados de acordo com o tipo de problemática que tratam (Figueira et al., 2005; Almeida-Dias et al., 2008). A problemática de escolha engloba os métodos ELECTRE I, Iv e IS. A problemática de ordenação é utilizada pelo ELECTRE II, III e IV. Por fim, a problemática de classificação que é explorada pelo ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C.

Nos métodos ELECTRE, as preferências são modeladas por meio de uma relação de sobreclassificação, S , definida em A , que significa que uma alternativa sobreclassifica a outra, aSb , se “ a é ao menos tão boa quanto b ”. Os métodos de sobreclassificação, diferentemente dos métodos compensatórios, não levam em consideração os *trade-offs* entre as alternativas e, desta forma, as grandes desvantagens na avaliação de uma alternativa não são compensadas por avaliações muito vantajosas (Vincke, 1992; Figueira et al., 2005; Almeida-Dias et al., 2010).

As relações de preferência, na família ELECTRE, podem assumir as seguintes situações, para duas ações a e b (Figueira et al., 2005):

- i. $aPb \Leftrightarrow (aSb) \text{ e } \neg(bSa)$: Preferência estrita: a afirmação aPb significa a presença de argumentos suficientes para embasar a afirmação de que aSb e a falta de argumentos para afirmar o contrário, bSa .
- ii. $aIb \Leftrightarrow (aSb) \text{ e } (bSa)$: Indiferença: a afirmação aIb significa que a e b são indiferentes, sob a presença de argumentos suficientes para afirmar que aSb e bSa .
- iii. $aJb \Leftrightarrow \neg(aSb) \text{ e } \neg(bSa)$: Incomparabilidade: a afirmação aJb significa que a e b são incomparáveis e indica a falta de argumentos suficientes para que se afirme que aSb ou bSa .

A formulação do modelo ELECTRE TRI (Almeida-Dias et al., 2008) está representada a seguir e é precedida das seguintes denotações: o conjunto de ações $A=\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, o conjunto de critérios de avaliação $G=\{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$ e o conjunto de categorias $C=\{C_1, C_2, C_3, \dots, C_h, \dots, C_q\}$. As categorias devem ser ordenadas de forma que C_1 represente a pior categoria e C_q , a melhor categoria, com $q \geq 2$. Considera-se b_h como sendo o limite

superior da categoria C_h e o limite inferior da categoria C_{h+1} a, $h=1,2,\dots,p$. Define-se $B=\{b_1,b_2,\dots,b_h,\dots,b_q\}$ como sendo o conjunto de $q+1$ perfis de referência.

O método ELECTRE TRI considera a problemática de classificação (P.β), em que as alternativas são designadas para uma determinada classe. Para este fim, as alternativas são comparadas com ações de fronteira, as quais possuem um limite superior e inferior e representam as classes (Figueira et al., 2005).

A Figura 2.5 abaixo ilustra as classes, os perfis de referência e os critérios. Para designar cada alternativa a uma categoria, o ELECTRE TRI utiliza a relação binária de sobreclassificação para modelar as preferências do decisor. Desta forma, uma ação a_i sobreclassifica um perfil b_h (a_iSb_h) se “ a_i é ao menos tão boa quanto b_h ” (Mousseau & Slowinski, 1998)

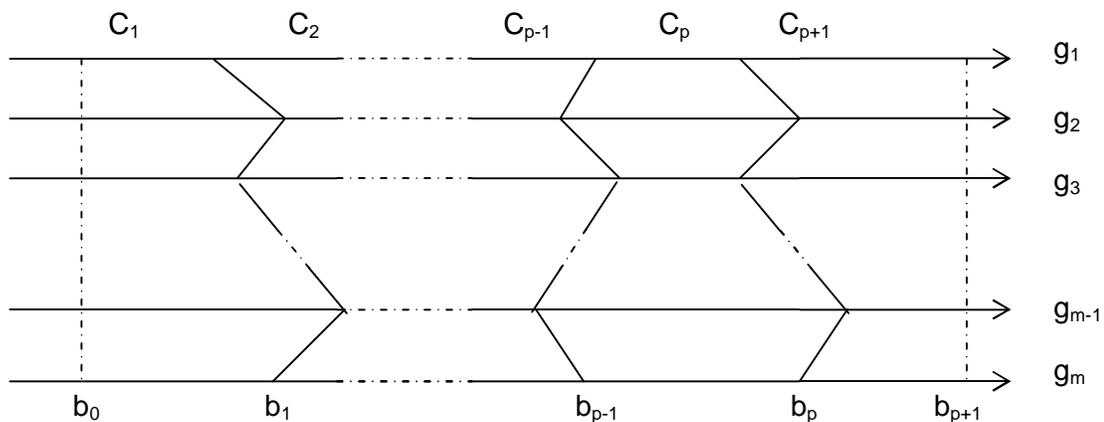


Figura 2.5 - Definição das categorias utilizando os perfis de referência

Fonte: Mousseau et al. (2000)

A fim de validar a afirmação de que aSb_h , duas condições devem ser verificadas (Mousseau & Slowinski, 1998; Mousseau et al., 2001):

- i. Concordância: para que a relação de sobreclassificação aSb_h seja aceita, é preciso que uma maioria suficiente de critérios esteja a favor desta afirmação. A fim de avaliar a concordância a favor da afirmação mencionada, é calculado o índice de concordância parcial $c_j(a,b_h)$ para avaliar a concordância em cada

critério. O índice de concordância global inter-critérios $c(a, b_h)$ agrega os índices parciais, segundo o julgamento de valor dos decisores;

- ii. Não-discordância: quando a condição de concordância for atendida, nenhum dos critérios deve se opor à afirmação aSb_h de forma crítica. A discordância é calculada a partir do índice de discordância parcial $d_j(a_i, b_h)$, a fim de avaliar a discordância em cada critério.

Da mesma forma é conduzida a análise de concordância e não-discordância para b_hSa_i .

Considerando o critério g_j , o perfil b_h , e a ação a_i , e levando em conta a direção de preferência dos critérios, a vantagem da ação a_i sobre o perfil b_k é definida como se segue (Almeida-Dias et al., 2008):

$$\Omega_j(a_i, b_h) = \begin{cases} g_j(a_i) - g_j(b_h) & \text{para maximizar } g_j \\ g_j(b_h) - g_j(a_i) & \text{para minimizar } g_j \end{cases} \quad (2.1)$$

Para construção do índice de concordância ($c_j(a_i, b_h)$), dois limiares estão associados à g_j , e representam as informações intra-critério: o limiar de preferência e o de indiferença, $p_j(b_h)$ e $q_j(b_h)$, respectivamente, onde $p_j > q_j > 0$. Estes limiares são construídos com o intuito de se considerar a imperfeição das avaliações das ações em cada critério g_j , e ainda, da própria definição dos critérios g_j . Para cada critério busca-se avaliar a concordância com a assertiva aSb_h (“ a_i é ao menos tão boa quanto b_h ”), por meio do cálculo do índice de concordância de “ a ” em relação a “ b ”.

A interpretação dos valores dos limiares deve ser feita da seguinte forma (Almeida-Dias et al., 2008):

- i. $\Omega_j(a_i, b_h) \leq q_j$: representa uma vantagem pouco significativa de a_i em relação a b_h , o que significa que a_i é indiferente a b_h no critério g_j , ou seja, $a_i I_j b_h$;
- ii. $\Omega_j(a_i, b_h) > p_j$: representa uma vantagem significativa de a_i sobre b_h , o que implica em uma estrita preferência de a_i sobre b_h , denotada por $a_i P_j b_h$;

- iii. $q_j < \Omega_j(a_i, b_h) \leq p_j$: representa uma zona de ambiguidade, onde há hesitação entre a indiferença e a estrita preferência. Isto se deve ao fato de a vantagem de a_i sobre b_h ser insuficiente para concluir que há indiferença, entretanto, também não é grande o suficiente para concluir que há uma estrita preferência em favor de a_i . Neste caso, a_i é fracamente preferível a b_h , isto é, $a_i Q_j b_h$.

O índice de concordância deve ser calculado para cada critério g_j e representa o grau de concordância com a afirmação de que a_i é ao menos tão boa quanto b_h . O cálculo deste índice está apresentado na Equação (2.2) abaixo (Almeida-Dias et al., 2008):

$$c_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 0 & \text{se } \Omega_j(a_i, b_h) < -p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } \Omega_j(a_i, b_h) < -q_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + \Omega_j(a_i, b_h)}{p_j(b_h) - q_j(b_h)} & -p_j(b_h) \leq \Omega_j(a_i, b_h) < -q_j(b_h) \end{cases} \quad (2.2)$$

De posse dos índices de concordância parcial, calculados para cada critério, é procedida a agregação destes em um índice de concordância global, que representa o nível de maioria entre os critérios a favor da afirmação de que “ a_i é ao menos tão boa quanto b_h ” (Mousseau & Dias, 2004). O cálculo do índice de concordância global é determinado pela Equação (2.3) a seguir:

$$c(a_i, b_h) = \frac{\sum_{j \in F} k_j c_j(a_i, b_h)}{\sum_{j \in F} k_j} \quad (2.3)$$

Procedimento análogo é utilizado para cálculo do índice de concordância parcial e global de b_h sobre a_i .

Para agregar os índices de concordância parcial, $c_j(a_i, b_h)$, é utilizado um parâmetro inter-critério, o peso, cuja soma em todos os critérios precisa ser igual a 1. O conjunto dos pesos, $k=(k_1, k_2, \dots, k_n)$, indica quanto cada critério contribui para afirmação $a_i S b_h$. A contribuição

individual de cada critério é agregada em um índice de concordância global $c(a_i, b_h)$. Este índice global quantifica a relativa importância de cada critério em favor da afirmação $a_i S b_h$ (similarmente para $c(b_h, a_i)$), representando o poder de voto de cada critério a favor desta afirmação (Mousseau & Dias, 2004).

O índice de discordância avalia a força das indicações contra a relação de sobreclassificação e é calculado conforme a Equação (2.4), a seguir (Doumpos et al., 2009; Almeida-Dias et al., 2010).

$$d_j(a_i, b_h) = \begin{cases} 0 & \text{se } \Omega_j(a_i, b_h) \geq -p_j(b_h) \\ 1 & \text{se } \Omega_j(a_i, b_h) < -v_j(b_h) \\ \frac{p_j(b_h) + \Omega_j(a_i, b_h)}{p_j(b_h) - v_j(b_h)} & \text{se } -v_j(b_h) < \Omega_j(a_i, b_h) < -p_j(b_h) \end{cases} \quad (2.4)$$

Procedimento análogo é utilizado para cálculo do índice de discordância de b_h sobre a_i .

Observa-se que para o cálculo do índice de discordância é utilizado outro parâmetro de preferência inter-critério: o limiar de veto. O conjunto de limiares de veto ($v_1(b_h), v_2(b_h), \dots, v_n(b_h)$) representa a menor diferença entre a avaliação de duas ações ($g_j(b_h) - g_j(a_i)$), de acordo com um dado critério, incompatível com a afirmação $a_i S b_h$ (Mousseau & Slowinski, 1998). Veto e peso, ambos definem o poder de cada critério (Almeida-Dias et al., 2010).

Conforme detalhado em Mousseau et al. (2001), o ELECTRE TRI constrói um índice $\sigma(a_i, b_h) \in [0, 1]$ ($\sigma(b_h, a_i)$, resp.) que representa o grau de credibilidade da afirmação $a_i S b_h$ ($b_h S a_i$, resp.), $\forall a_i \in A, \forall b_h \in B$. A afirmação $a_i S b_h$ ($b_h S a_i$, resp.) somente é considerada válida se $\sigma(a_i, b_h) \geq \lambda$ e, respectivamente, $\sigma(b_h, a_i) \geq \lambda$. Sendo λ o nível de corte tal que $\lambda \in [0.5, 1.0]$ (Roy & Boyssou, 1993). O valor de λ corresponde ao menor valor de $\sigma(a_i, b_h)$, admissível para considerarmos válida a afirmação “ a_i é ao menos tão boa quanto b_h ”.

O índice de credibilidade é calculado pela Equação (2.5):

$$\sigma(a_i, b_h) = c(a_i, b_h) \prod_{j \in F} \frac{1 - d_j(a_i, b_h)}{1 - c(a_i, b_h)} \quad (2.5)$$

Onde: $F = \{j \in F : d_j(a_i, b_h) > c(a_i, b_h)\}$

Todavia, as atribuições das ações às categorias não resultam diretamente da avaliação da relação de sobreclassificação ($a_i S b_h$), uma fase de exploração destas relações é necessária, onde os valores de $\sigma(a_i, b_h)$, $\sigma(b_h, a_i)$ e λ irão determinar a situação de preferência entre a_i e b_h , conforme descrito a seguir (Mousseau et al., 2000; 2001):

- i) $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow a S b_h$ e $b_h S a \Rightarrow a I b_h$, i.e.; *a é indiferente a b_h*
- ii) $\sigma(a, b_h) \geq \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow a S b_h$ e não $b_h S a \Rightarrow a \succ b_h$, i.e.; *a é preferível a b_h*
- iii) $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) \geq \lambda \Rightarrow$ não $a S b_h$ e $b_h S a \Rightarrow b_h \succ a$, i.e.; *b_h é preferível a a*
- iv) $\sigma(a, b_h) < \lambda$ e $\sigma(b_h, a) < \lambda \Rightarrow$ não $a S b_h$ e não $b_h S a \Rightarrow a R b_h$, i.e.; *a é incomparável a b_h*

É necessário também observar que os perfis b_0 e b_{p+1} devem ser definidos tal que b_{p+1} seja preferível a a_i , e que a_i sobreclassifique b_0 , para todo $a_i \in A$.

Dois procedimentos para atribuição das alternativas às classes podem ser avaliados: o pessimista (conjuntivo) e o otimista (disjuntivo). O papel da exploração destes procedimentos é analisar o caminho em que uma alternativa a_i é comparada com o perfil b_j , de modo a determinar a qual categoria a ação a_i deve ser designada (Mousseau et al., 2001):

1. Procedimento Pessimista:

- a. Compara-se sucessivamente as ações a_i com os perfis b_h , para $h=p, p-1, \dots, 1$;
- b. b_h sendo o primeiro perfil, tal que $a_i S b_h$, designa-se “ a_i ” para a categoria C_{h+1} ($a_i \rightarrow C_{h+1}$).

2. Procedimento Otimista:

- a. Compara-se sucessivamente as ações a_i com os perfis b_h , para $h=1, 2, \dots, p$;
- b. b_h sendo o primeiro perfil, tal que b_h seja preferível a a_i , designa-se a_i para a categoria C_h ($a_i \rightarrow C_h$).

Dada a categoria C_h tal que b_{h-1} é o menor perfil da categoria e b_h , o seu maior perfil, o procedimento pessimista designa a ação a_i para a maior categoria C_h , tal que $a_i S b_{h-1}$. Ao usar este procedimento com $\lambda=1$, uma alternativa a_i pode ser designada à categoria C_{h+1} somente se o desempenho de $g_j(a_i)$ iguala ou excede o desempenho de $g_j(b_h)$ em todos os critérios.

O procedimento otimista designa uma ação a_i para a menor categoria C_h , tal que o menor perfil b_h é preferível a a_i . Ao usar este procedimento com $\lambda=1$, uma alternativa a_i pode ser designada à categoria C_h somente se o desempenho de $g_j(b_h)$ excede o desempenho de $g_j(a_i)$ em pelo menos um critério. Quando λ decresce, as características dos procedimentos pessimista e otimista são enfraquecidas.

Sendo assim, por meio dos procedimentos pessimista e otimista, o ELECTRE TRI realiza o processo de classificação multicritério das alternativas.

2.2.3 O método ELECTRE TRI-C

Conforme mencionado, assim como o método ELECTRE TRI, o ELECTRE TRI-C explora a problemática de classificação por meio da construção da relação de sobreclassificação. Entretanto, diferentemente do método ELECTRE TRI, onde as alternativas são comparadas com os limites superior e inferior das classes, no ELECTRE TRI-C, as alternativas são comparadas com ações de referência para proceder à classificação (Almeida-Dias et al., 2010).

Segundo Almeida-Dias et al. (2010), o ELECTRE TRI-C está baseado em 3 pressupostos:

Pressuposto 1: o conjunto de categorias às quais alternativas devem ser designadas é completamente ordenado.

Pressuposto 2: cada categoria é definida *a priori* para receber alternativas.

Pressuposto 3: cada categoria é definida por uma alternativa de referência que contém representativa característica de sua classe.

O método ELECTRE TRI-C foi concebido para ser utilizado no âmbito de uma abordagem construtiva por meio de uma interação entre o decisor e o analista, onde o segundo, por meio do julgamento de valores do primeiro, auxilia na formulação e esclarecimento do processo de decisão (Almeida-Dias et al., 2010).

A co-construção do modelo se dá, primeiramente, pela definição das categorias para as quais as ações deverão ser designadas. Estas representam o conjunto de categorias que o decisor julga necessário para agrupar as ações. Conforme mencionado, estas categorias são

representadas pelas ações características, as quais contêm informação suficiente para defini-las. Dando continuidade ao processo de co-construção, é necessária a definição dos critérios a serem utilizados para a avaliação das ações, a atribuição de valores para os limiares de indiferença e de preferência, para os limiares de veto (se houver), e um peso para cada critério. Finalmente, é necessário que o analista, juntamente com o tomador de decisão, escolha um nível mínimo de credibilidade para validar, ou não, a sobreclassificação.

A formulação do modelo ELECTRE TRI-C (Almeida-Dias et al., 2008; Almeida-Dias et al., 2010) está apresentada a seguir e é precedida das seguintes denotações: o conjunto de ações $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$, o conjunto de critérios de avaliação $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$, com $m \geq 2$, e o conjunto de categorias $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_h, \dots, C_q\}$. As categorias devem ser ordenadas de forma que C_1 represente a pior e C_q a melhor categoria, com $q \geq 2$. Considera-se b_h como sendo a ação central de referência introduzida para caracterizar a categoria C_h . Define-se $B = \{b_1, b_2, \dots, b_h, \dots, b_q, b_{q+1}\}$ como sendo o conjunto de $(q+2)$ ações de referência, onde $g_j(b_0)$ é a pior performance no critério g_j , e $g_j(b_{q+1})$ é a melhor performance, no mesmo critério, para todo $g_j \in G$.

No ELECTRE TRI-C, cada critério g_j é considerado com um *pseudo-critério*, o que significa que existem dois limiares associados a g_j : o limiar de preferência (p_j) e o limiar de indiferença (q_j), tal que $p_j \geq q_j \geq 0$. Estes limiares são introduzidos para moderar os efeitos da subjetividade das avaliações dos critérios (Almeida-Dias et al., 2008).

A interpretação dos valores dos limiares deve ser feita da mesma forma procedida no método ELECTRE TRI (Almeida-Dias, et al., 2008; 2010): $\Omega_j(a_i, b_h) \leq q_j$ implica em $a_i I_j b_h$; $\Omega_j(a_i, b_h) > p_j$ implica em $a_i P_j b_h$; $q_j < \Omega_j(a_i, b_h) \leq p_j$ $a_i Q_j b_h$.

Nos métodos de sobreclassificação, conforme mencionado, a ideia principal é que “ a_i sobreclassifica b_h ”, de acordo com o critério g_j ($a_i S b_h$) se “ a_i é ao menos tão boa quanto b_h ” no critério g_j . Esta afirmação é validada quando $g_j(a_i) - g_j(b_h) \geq -q_j$. Todavia, quando $-p_j \leq g_j(a_i) - g_j(b_h) < q_j$, a possibilidade de indiferença entre a_i e b_h não pode ser excluída. Esta indiferença é menor quando $g_j(a_i) - g_j(b_h)$ está próxima de $-p_j$.

Assim como no ELECTRE TRI, para a aplicação do ELECTRE TRI-C, três índices são necessários para agregar a credibilidade em favor da afirmação aSb : o índice de concordância parcial, o índice de concordância global e o índice de discordância parcial, conforme descrições no item 2.2.2. A fim de validar a afirmação “ a_i sobreclassifica b_h ”, é considerado, também, o nível de credibilidade, λ .

As relações binárias envolvendo o índice de credibilidade são apresentadas a seguir (Almeida-Dias et al., 2010):

$$\lambda - \text{sobreclassificação} : a_i S^\lambda b_h \Leftrightarrow \sigma(a_i, b_h) \geq \lambda$$

$$\lambda - \text{preferência} : a_i P^\lambda b_h \Leftrightarrow \sigma(a_i, b_h) \geq \lambda \wedge \sigma(b_h, a_i) < \lambda$$

$$\lambda - \text{indiferença} : a_i I^\lambda b_h \Leftrightarrow \sigma(a_i, b_h) \geq \lambda \wedge \sigma(b_h, a_i) \geq \lambda$$

$$\lambda - \text{incomparabilidade} : a_i R^\lambda b_h \Leftrightarrow \sigma(a_i, b_h) < \lambda \wedge \sigma(b_h, a_i) < \lambda$$

É preciso ressaltar, de acordo com Almeida-Dias (2010), que quando “ a_i sobreclassifica b_h ” e “ b_h sobreclassifica a_i ”, a λ -indiferença é observada. Entretanto, isso não implica que a_i e b_h sejam indiferentes em todos os critérios. Significa que a_i é λ -indiferente a b_h se a_i e b_h têm quase as mesmas performances em pelo menos uma quantidade suficiente de critérios, de forma a alcançar o nível de credibilidade λ . Da mesma forma, a λ -incomparabilidade é obtida quando a sobreclassificação de a_i sobre b_h , e de b_h sobre a_i não é validada. Isso significa que a_i é λ -incomparável a b_h se em uma quantidade suficiente de critérios a_i tem performance suficientemente melhor que b_h , enquanto que para o restante das performances dos critérios b_h é significativamente melhor que a_i , onde nenhum destes critérios alcançam o índice de credibilidade λ .

Deve-se salientar que, de acordo com o caráter ordenado das categorias, b_{h+1} deve ser distinta de b_h , e b_{h+1} deve possuir estrita dominância sobre b_h , $h=1, \dots, (q+1)$, de acordo com as equações (2.6 e 2.7) a seguir:

$$\forall j, g_j(b_{h+1}) - g_j(b_h) \geq 0 \tag{2.6}$$

$$\exists j, g_j(b_{h+1}) - g_j(b_h) > 0, h=1, \dots, (q+1) \tag{2.7}$$

O método ELECTRE TRI-C lida com duas regras de forma conjunta: a regra ascendente e a descendente, as quais precisam ser ambas consideradas, e cujas descrições estão a seguir (Almeida-Dias et al., 2010):

- i. Regra descendente: deve-se escolher um nível de credibilidade e decrescer h de $q=1$ até o primeiro valor, t , tal que $\sigma(a_i, b_t) \geq \lambda$:
 - a. Se $t=q$, selecione C_q como sendo uma possível classe para designar a ação a_i ;
 - b. Se $0 < t < q$, e se $\rho(a_i, b_t) > \rho(a_i, b_{t+1})$, selecione C_t como uma possível classe para designar a ação a_i ; caso contrário, selecione C_{t+1} ;
 - c. Se $t=0$, selecione C_1 como sendo a possível classe para designar a ação a_i .

Na regra descendente, C_t é a categoria pré-selecionada se, e somente se, a afirmação “ a_i sobreclassifica b_{t+1} ” não é validada pelo nível de credibilidade (λ) escolhido, enquanto a afirmação “ a_i sobreclassifica b_t ” é validada com o mesmo nível de credibilidade λ , conforme a Equação (2.8):

$$\sigma(a_i, b_{t+1}) < \lambda \leq \sigma(a_i, b_t) \quad (2.8)$$

Os argumentos a favor da seleção de C_t , em detrimento de C_{t+1} apontam que esta seleção é cada vez mais justificada quando a credibilidade da afirmação “ b_t sobreclassifica a_i ” se aproxima de 1. Já os argumentos contra a seleção de C_t , convergem para uma justificativa cada vez menor desta seleção, à medida que a credibilidade da afirmação “ a_i sobreclassifica b_{t+1} ” se aproxima de λ .

Com base nestes argumentos acima mencionados, seguem as condições para seleção da categoria de designação das ações:

- A seleção de C_t é justificada, se e somente se, $\sigma(b_t, a_i) \geq \sigma(a_i, b_{t+1})$
 - A seleção de C_{t+1} é justificada, se e somente se, $\sigma(a_i, b_{t+1}) \geq \sigma(b_t, a_i)$
- ii. Regra ascendente: deve-se escolher um nível de credibilidade e incrementar até h , a partir de zero até o primeiro valor, t , tal que $\sigma(b_t, a_i) \geq \lambda$:

- a. Se $t=1$, selecione C_1 como sendo a possível classe para designar a ação a_i ;
- b. Se $1 < t < (q+1)$ e se $\rho(a_i, b_t) > \rho(a_i, b_{t-1})$, selecione C_t como sendo a possível classe para designar a ação a_i , caso contrário, selecione C_{t-1} ;
- c. Se $t=(q+1)$, selecione C_q como sendo a possível classe para designar a ação a_i .

Na regra ascendente a categoria C_{t+1} é a selecionada se: “ b_t sobreclassifica a_i ” não é validade pelo nível escolhido, λ , enquanto a afirmação “ b_{t+1} sobreclassifica a_i ” é validada, conforme a Equação (2.9):

$$\sigma(b_t, a_i) < \lambda \leq \sigma(b_{t+1}, a_i) \quad (2.9)$$

Os argumentos a favor da seleção de C_{t+1} , em detrimento de C_t apontam que esta seleção é cada vez mais justificada quando a credibilidade da afirmação “ a_i sobreclassifica b_{t+1} ” se aproxima de 1. Os argumentos contra a seleção de C_{t+1} , convergem para uma justificativa cada vez menor desta seleção à medida que a credibilidade da afirmação “ b_t sobreclassifica a_i ” se distancia de λ .

Com base nestes argumentos, seguem as condições para seleção da categoria de atribuição das ações:

- A seleção de C_{t+1} é justificada, se e somente se, $\sigma(a_i, b_{t+1}) > \sigma(b_t, a_i)$
- A seleção de C_t é justificada, se e somente se, $\sigma(b_t, a_i) \geq \sigma(a_i, b_{t+1})$

As regras conjuntas requerem a seleção da função $\rho(a_i, b_h)$ que permita a escolha entre duas categorias consecutivas para proceder a designação da ação a_i . Almeida-Dias et al. (2010) propõe a seguinte Equação para $\rho(a_i, b_h)$:

$$\rho(a_i, b_h) = \min\{\sigma(a_i, b_h), \sigma(b_h, a_i)\} \quad (2.10)$$

Sendo assim, é possível estabelecer, para valores distintos de λ , a “menor categoria” e a “maior categoria” para designação de cada ação.

2.2.4 Modelos de inferência

Ao interagirem com o decisor, uma das grandes dificuldades encontradas pelos analistas, na construção de alguns modelos de classificação, diz respeito à elicitacão dos parâmetros a serem utilizados na modelagem. A determinacão dos valores de diversos parâmetros é, em alguns casos, tarefa do decisor. Entretanto, em problemas que envolvem uma grande quantidade de critérios de avaliacão, esta tarefa demandaria um enorme, e talvez impossível, esforço cognitivo. Além disso, o decisor pode manifestar dificuldade em determinar alguns parâmetros.

Diante deste tipo de problema, o paradigma de desagregacão pode ser utilizado, pois permite inferir os valores dos parâmetros a partir de uma análise holística dos decisores (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982; Mousseau et al., 2001).

No paradigma tradicional de agregacão, o modelo de agregacão de critérios é conhecido *a priori*, enquanto que a preferênciac global é desconhecida. A filosofia de desagregacão, ao contrário, envolve modelos de inferência de parâmetros a partir de uma dada preferênciac global. A Figura 2.6 ilustra estes paradigmas.

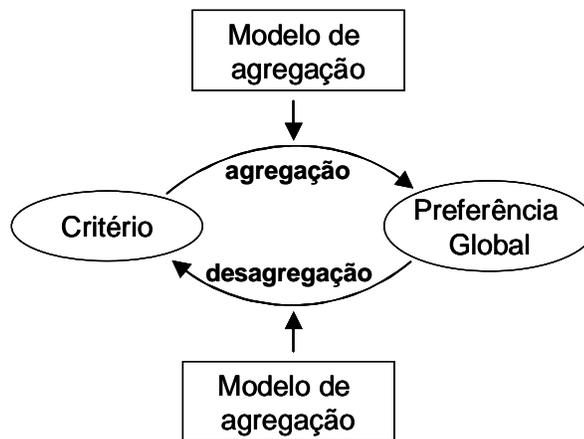


Figura 2.6 - Os paradigmas de agregacão e desagregacão no MCDA
Fonte: Jacquet-Lagrèze & Siskos (1982)

Diversos trabalhos propõem a utilizacão do paradigma de desagregacão para inferênciac de parâmetros, com diferentes abordagens e com base na proposta inicial de Jacquet-Lagrèze & Siskos (1982). O subitem a seguir apresenta o modelo de Mousseau et al. (2001).

2.2.4.1 O Modelo de inferência Mousseau et al. (2001)

Dado um conjunto finito de ações, o problema de classificação consiste na atribuição destas ações às categorias pré-definidas. O trabalho desenvolvido por Mousseau et al. (2001) propõe-se a tratar do problema de classificação multicritério. Para tanto, é utilizado o modelo ELECTRE TRI. Porém, para aplicar o método ELECTRE TRI é necessária a realização de elicitaciones, com o decisor, a fim de inferir os parâmetros de entrada do modelo, como os limiares e os pesos dos critérios de avaliação. No entanto, a elicitação dos parâmetros diretamente pelo decisor requer um enorme esforço cognitivo, especialmente para uma grande quantidade de critérios.

A proposta do modelo de inferência é que, a partir de exemplos de atribuições dados pelo decisor, seja possível inferir os parâmetros do modelo por meio de um tipo de regressão. Ou seja, dado um conjunto de atribuições de alternativas às categorias já estabelecidas, o modelo prevê a inferência dos parâmetros por meio de um modelo de otimização. Todavia, conforme mencionado, o modelo de inferência de Mousseau et al. (2001) consiste em um subproblema do modelo desenvolvido por Mousseau & Slowinski (1998), cujo propósito é de inferir somente o parâmetro peso, fixando os valores dos demais parâmetros.

De acordo com os autores, em situações práticas de decisão, os decisores nem sempre conseguem prover informações confiáveis devido às restrições de tempo e limitações cognitivas. O modelo $M\pi$ busca encontrar um modelo ELECTRE TRI compatível, ao máximo, com os exemplos atribuídos pelo decisor. Os exemplos atribuídos dizem respeito a um subconjunto $A^* \subset A$ de alternativas para as quais o decisor tem preferências claras, ou seja, alternativas que podem ser facilmente designadas a uma determinada categoria. A compatibilidade entre o modelo ELECTRE TRI e os exemplos de atribuição é compreendida como uma habilidade do método ELECTRE TRI em usar este modelo de inferência para atribuir novamente as alternativas de A^* da mesma forma que o decisor fez. O modelo de otimização aqui mencionado é denotado $M\pi$.

O que se busca é encontrar um modelo ELECTRE TRI o mais compatível possível com os exemplos de atribuição feitos pelo decisor. A este é dada a possibilidade de rever as atribuições feitas e inserir informações adicionais, resguardando o aspecto interativo desta

abordagem. Isto pode ser feito, inicialmente, pela inserção ou remoção de algumas ações e, em uma segunda etapa, revendo as atribuições feitas inicialmente, podendo alterar algumas delas.

O esquema geral do modelo de inferência de Mousseau et al. (2001) está apresentado na Figura 2.7, a seguir:

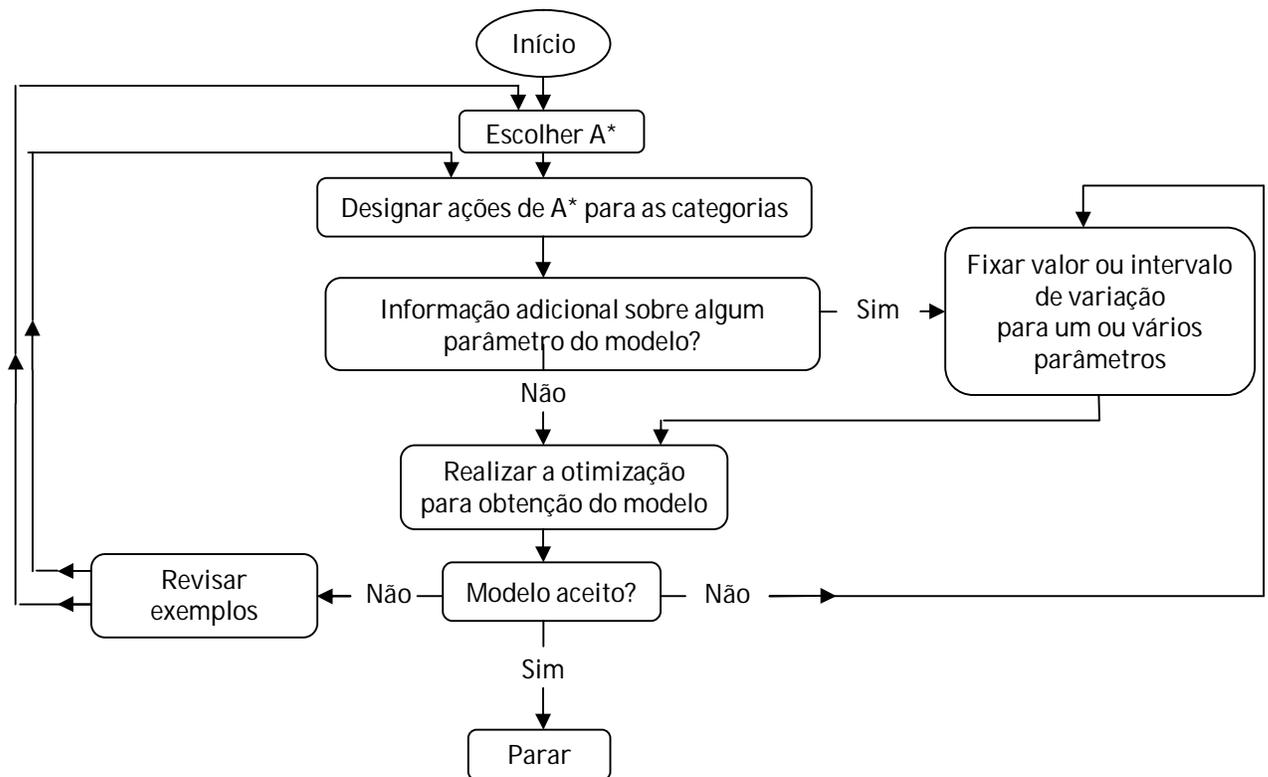


Figura 2.7 - Esquema geral do procedimento de inferência de Mousseau et al. (2001)

Fonte: Adaptado de Mousseau et al. (2001)

O conjunto dos parâmetros do modelo ELECTRE TRI é chamado de π e está listado a seguir:

- $g_j(b_h) \forall j \in C, \forall h \in B \rightarrow$ os perfis, definidos por suas avaliações;
- $w_j, \forall j \in C \rightarrow$ os pesos dos critérios;
- $q_j(b_h) \forall j \in C, \forall h \in B \rightarrow$ o limiar de indiferença;
- $p_j(b_h) \forall j \in C, \forall h \in B \rightarrow$ o limiar de preferência;

➤ $v_j(b_h) \forall j \in F, \forall h \in B \rightarrow$ o limiar de veto;

O problema de otimização proposto por Mousseau et al. (2001) possui a seguinte formulação básica:

$$\max \left\{ \alpha + \varepsilon \sum_{k: a_k \in A^*} (x_k + y_k) \right\} \quad (2.11)$$

Sujeito a

$$\alpha \leq x_k \quad \forall k \quad \text{tal que} \quad a_k \in A^* \quad (2.12)$$

$$\alpha \leq y_k \quad \forall k \quad \text{tal que} \quad a_k \in A^* \quad (2.13)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j c_j(a_k, b_{h_{k-1}}) - x_k = \lambda \quad \forall k \quad \text{tal que} \quad a_k \in A^* \quad (2.14)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j c_j(a_k, b_{h_k}) + y_k = \lambda \quad \forall k \quad \text{tal que} \quad a_k \in A^* \quad (2.15)$$

$$\sum_{j=1}^m w_j = 1 \quad (2.16)$$

$$\lambda \in [0,5;1] \quad (2.17)$$

$$w_j \geq 0, \quad \forall j \in F \quad (2.18)$$

O modelo apresentado considera o procedimento de atribuição pessimista do ELECTRE TRI, onde uma alternativa a_k é designada para uma categoria C_h (b_{h-1} e b_h sendo os limites inferior e superior de C_h , respectivamente), se $\sigma(a_k, b_{h-1}) \geq \lambda$ e $\sigma(a_k, b_h) < \lambda$. Supondo que o decisor tenha designado a alternativa $a_k \in A^*$ para a categoria C_{h_k} , são definidas variáveis de folga x_k e y_k tal que $\sigma(a_k, b_{h-1}) - x_k = \lambda$ e $\sigma(a_k, b_{h_k}) - y_k = \lambda$. Se os valores das variáveis de folga forem ambos positivos, então o procedimento pessimista do ELECTRE TRI fez a designação correta de a_k . Se, todavia, uma ou ambas as variáveis forem negativas, o procedimento irá designar a alternativa a_k para a categoria “errada”. A função objetivo (Equação 2.19), que originou a Equação (2.11), mostra que os valores das variáveis de folga devem ser minimizados.

$$\max_{k:ak \in A^*} \left\{ \min\{x_k, y_k\} + \varepsilon \sum_{k:ak \in A^*} (x_k + y_k) \right\} \quad (2.19)$$

2.3 Teoria dos Conjuntos *Fuzzy*

A teoria dos conjuntos *fuzzy* foi proposta por Zadeh em 1965 e tem sido considerada como base para abordagens lingüísticas (ou numéricas) e de caráter impreciso (Zadeh, 1965). Sua aplicação tem se expandido por várias áreas inclusive na avaliação (Lazarevic, 2001; Liang & Wang, 1992; Golec & Kahya, 2007) e seleção de funcionários (Nguyen et al., 2008).

A utilização da teoria dos conjuntos *fuzzy* pode auxiliar na solução de problemas multicritério “reais” onde há ambigüidade na medição de performances e na determinação de pesos de critérios (Hatami-Marbini & Tavana, 2011; Temponi et al., 1999). Esta ambigüidade e imprecisão, segundo Roy (1989), pode ter três principais fontes:

- i) pode ser devido à dificuldade em se determinar performances de alternativas em um dado critério;
- ii) pode ser um caso de indeterminação mediante as várias definições utilizadas para avaliação;
- iii) pode ser devido à incerteza, uma vez que os valores envolvidos variam ao longo do tempo e do espaço (os métodos da família ELECTRE lidam com este tipo de problema).

De acordo com Güngör & Arıkan (2000), a ausência de dados é uma das principais razões para a existência de incertezas em muitos problemas. A teoria dos conjuntos *fuzzy* pode representar uma importante ferramenta na modelagem de problemas complexos que podem ser controlados por pessoas, entretanto, com a característica de possuir uma difícil definição.

Além disso, a análise *fuzzy* não exige dados quantitativos dos decisores. As performances dos termos podem ser descritas em termos lingüísticos como “ruim”, “bom”, “muito bom”, etc (Güngör & Arıkan 2000; Zadeh, 1965; Wang, 1997). A avaliação lingüística pode ser uma ferramenta facilitadora para obtenção de avaliações de qualquer natureza, visto

que pode ser mais simples para o decisor utilizá-la em vez de ser solicitado a definir números precisos.

Bellman & Zadeh (1970) questionam o fato de que, para lidar quantitativamente com a imprecisão, seja necessária a utilização de técnicas da teoria da probabilidade. Os autores argumentam que, ao fazê-lo, está aceitando-se a premissa de que a imprecisão, seja qual for sua natureza, pode ser considerada como sendo uma questão de aleatoriedade. Com base nestas questões levantadas, os autores declaram que o aleatório deve ser tratado diferentemente do *fuzzy*, e que este último é a maior fonte de imprecisão em muitos processos de decisão.

Essencialmente, a aleatoriedade tem a ver com a incerteza concernente à pertinência ou não de um elemento a um conjunto *não-fuzzy*. O comportamento *fuzzy*, também chamado de *fuzzyness*, por outro lado, tem a ver com o fato de que um elemento pode apresentar um certo grau de pertinência a uma classe, entendendo este “grau de pertinência” como sendo uma pertinência intermediária entre uma pertinência total e uma não pertinência (Bellman & Zadeh, 1970).

Um comportamento *fuzzy* pode ser caracterizado por uma transição suave entre o pertinente e o não pertinente, dado que pertinência, na teoria dos conjuntos *fuzzy*, diz respeito ao grau em que um elemento pertence a um determinado conjunto (Bellman & Zadeh, 1970), (estas definições sobre pertinência estão mais detalhadas no próximo item).

Diante do exposto, fica clara a conveniência da utilização de números *fuzzy* para solução do problema apresentado. Ademais, é preciso detalhar que um número *fuzzy* pode assumir diversos formatos como, por exemplo, de uma função trapezoidal, gaussiana ou triangular (Kaufmann e Gupta, 1988).

A utilização dos números *fuzzy* neste trabalho está direcionada às funções de pertinência triangulares. A motivação por trás da utilização de números *fuzzy* triangulares tem origem em sua aplicabilidade ao problema apresentado e na simplicidade de sua função de pertinência (Pedrycz, 1994).

O subitem seguinte descreve os números *fuzzy* triangulares.

2.3.1 Números triangulares fuzzy

Os números triangulares *fuzzy* são denominados, na literatura, por *Triangular Fuzzy Numbers*, cuja sigla é TFNs (Kaufmann & Gupta, 1988), e sua representação pode ser observada na Figura 2.8. Um TFN pode ser parametrizado pela tripla (a_1, a_2, a_3) , exemplificada na mesma Figura pela função C1 (Nguyen et al., 2008).

No exemplo apresentado na Figura 2.8, pode ser observado que o elemento x_0 tem grau de pertinência igual a 0,5 para a função.

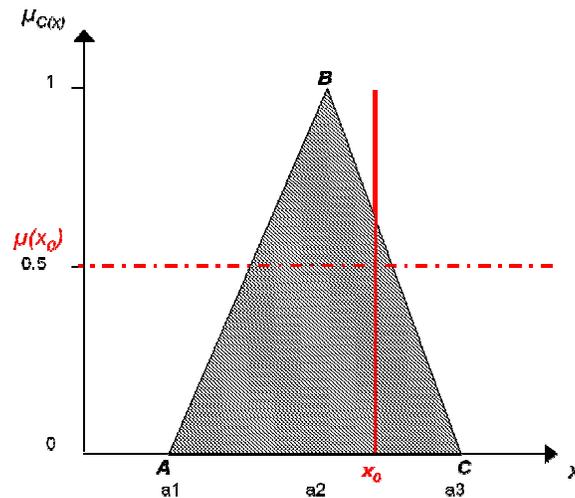


Figura 2.8 - Função de pertinência triangular

Define-se X como sendo um conjunto universo não-vazio, e A_i é o i th subconjunto *fuzzy* de X tal que $A_i = \{a_1, a_2, a_3\}$ $i=1,2,3,\dots,n$, onde $a_1 < a_2 < a_3$ é a escala da estrutura de preferência a ser utilizada pelo decisor e n é o número de elementos *fuzzy* a serem utilizados na análise. O conjunto *fuzzy* A_i em X é caracterizado pela função de pertinência μ_A que associa a cada elemento x em X um número real no intervalo $[0,1]$: $\mu_A = X \rightarrow [0,1]$ (Kaufmann & Gupta, 1988).

O valor de $\mu_A(x)$ representa o grau de pertinência de um elemento x em um subconjunto *fuzzy* A para cada x em X (Zadeh, 1965; Nguyen et al., 2008). Em outras palavras, o elemento x assume três estados: x é dito pertencente a A se $\mu_A(x)=1$; x não pertencente a A se $\mu_A(x)=0$ e x está em A com grau de pertinência $\mu_A(x)$ se $0 < \mu_A(x) < 1$.

Um TFN pode ser definido pela tripla $A=(a_1,a_2,a_3)$, cuja função triangular de pertinência, $\mu_A(x)$, é definida pela Equação (2.20) (Kaufmann & Gupta, 1988).

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0, & x < a_1 \\ \frac{(x-a_1)}{(a_2-a_1)}, & a_1 \leq x \leq a_2 \\ \frac{(a_3-x)}{(a_3-a_2)}, & a_2 \leq x \leq a_3 \\ 0, & x > a_3 \end{cases} \quad (2.20)$$

2.3.2 Definições sobre números fuzzy

Este tópico apresenta algumas definições importantes sobre os números *fuzzy* que precisam ser esclarecidas para o entendimento deste trabalho.

Primeiramente, é preciso fazer uma consideração a respeito dos números *fuzzy*:

Um número *fuzzy* é um conjunto *fuzzy* A , normalizado e convexo, em uma linha real tal que (Kaufmann & Gupta, 1988):

- ✓ Existe um b , e somente um $b \in \mathbb{R}$ com $\mu_A(x)=1$ - o valor médio do conjunto *fuzzy* A .
- ✓ $\mu_A(x)$ é contínua por partes:

O conjunto *fuzzy* A é convexo e desta forma, a função de pertinência $\mu_A(x)$ é monotonicamente crescente para $x < a_2$ e monotonicamente decrescente para $x > a_2$ (Bellman & Zadeh, 1970).

Para as definições a seguir serão considerados os números triangulares *fuzzy* denotados por $A=\{a_1,a_2,a_3\}$ e $B=\{b_1,b_2,b_3\}$:

- i. Número *fuzzy* normalizado: a altura de um número *fuzzy* é o maior grau de pertinência obtido por um elemento de um conjunto. Um conjunto A pertencente ao universo de discurso X é dito normalizado quando sua altura é igual a 1 (Klir & Yuan, 1995):

$$\max_{x \in R} \mu_A(x) = 1 \quad (2.21)$$

- ii. Número *fuzzy* convexo: um conjunto *fuzzy* A pertencente ao universo de discurso X é convexo se, e somente se, (Klir & Yuan, 1995; Chen & Lu, 2001):

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad (2.22)$$

$$\forall x_1, x_2 \in R \text{ e } \forall \lambda \in [0,1] \quad (2.23)$$

- iii. Igualdade: dois números *fuzzy*, A e B, são considerados iguais, $A=B$, se e somente se, $\mu_A=\mu_B$, isto é, para todo número x pertencente a X: $\mu_A(x)=\mu_B(x)$ (Bellman & Zadeh, 1970).
- iv. Contenção: um conjunto *fuzzy* A “está contido em” ou “é um subconjunto de” um conjunto *fuzzy* B, $A \subset B$, se e somente se $\mu_A(x) \leq \mu_B(x)$ (Bellman & Zadeh, 1970).
- v. Interseção: a interseção entre dois números *fuzzy* A e B é definida como sendo o maior conjunto *fuzzy* que está contido em ambos os conjuntos *fuzzy* A e B. A interseção entre os conjuntos *fuzzy* A e B é denotada por $A \cap B$ e sua função de pertinência é dada por (Bellman & Zadeh, 1970):

$$\mu_{A \cap B}(x) = \min(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad x \in X \quad (2.24)$$

Onde $\min(A,B)$ é igual a A se $A < B$ e $\min(A,B)$ é igual a B se $A > B$. A interseção entre A e B pode também ser representada de outra forma, pelo uso do símbolo de conjunção \wedge no lugar do “min”, como sendo o conectivo “e”, da seguinte forma:

$$\mu_{A \cap B}(x) = \mu_A(x) \wedge \mu_B(x) \quad (2.25)$$

- vi. União: a união entre dois números *fuzzy* A e B é definida como sendo o menor conjunto *fuzzy* que contém ambos os conjuntos *fuzzy*. É denotada por $A \cup B$ e sua função de pertinência é dada por (Bellman & Zadeh, 1970):

$$\mu_{A \cup B}(x) = \max(\mu_A(x), \mu_B(x)), \quad x \in X \quad (2.26)$$

Onde $\max(A,B)$ é igual a A se $A \geq B$ e $\max(A,B)$ é igual a B se $A < B$. A união de A e B pode também ser representada de outra forma, pelo uso do símbolo de conjunção \vee no lugar do “max”, como sendo o conectivo “ou”, da seguinte forma:

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_A(x) \vee \mu_B(x) \quad (2.27)$$

- vii. Soma: a soma algébrica entre A e B é denotada por $A \oplus B$ e é definida por (Bellman & Zadeh, 1970):

$$\mu_{A \oplus B}(x) = \mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x), \quad x \in X \quad (2.28)$$

- viii. α -cut: o α -cut de um número *fuzzy* A é definido como:

$$A^\alpha = \{x_i : \mu_A(x_i) \geq \alpha, x_i \in X\} \quad (2.29)$$

Onde $\alpha \in [0,1]$

O símbolo A^α representa um intervalo limitado e não vazio contido em X, o qual pode ser denotado por:

$$A^\alpha = [A_l^\alpha, A_u^\alpha] \quad (2.30)$$

Onde, A_l^α é o limite inferior do intervalo fechado e A_u^α é o limite superior deste intervalo (Kaufmann & Gupta, 1988; Zimmerman, 1987).

2.4 Revisão da literatura

Neste item são abordados alguns estudos relacionados à liderança, em especial à Liderança Situacional e à aplicação de modelos multicritério como apoio às decisões que objetivem impulsionar a liderança. Este levantamento faz-se necessário, pois enfatiza a importância deste trabalho no que concerne à oportunidade de tratar a Liderança sob uma perspectiva mais robusta.

2.4.1 Uma perspectiva sobre a Liderança

O tema liderança é objeto de estudo de muitos trabalhos e, da mesma forma, é extensa a quantidade de definições, por vezes contraditórias e confusas (Barker, 2001). Goleman (2000) salienta um fato interessante que reforça esta variedade de pontos de vista: a diversidade de papéis que é dada ao líder como, por exemplo, o de responsável pela definição de estratégias, pela motivação, pela criação de uma cultura organizacional, dentre outros. Mas o que de fato espera-se do líder é praticamente unânime: a consecução de resultados.

Conforme mencionado, a liderança tem sido amplamente estudada e, segundo Cacioppe (1997), em fluxos específicos como a tomada de decisão, a interação entre líder e liderado, o poder do líder, as diferenças de liderança culturais e outros conceitos. Esta variedade de diferentes conceitos tem contribuído para o seu entendimento.

A liderança tem sido considerada como um dos fatores responsáveis pelo sucesso dos resultados esperados das organizações. Esta responsabilidade faz todo sentido, uma vez que se espera dos líderes uma atitude de mobilização das pessoas para que estas cumpram os objetivos globais das organizações (Kouzes & Posner, 1995).

Com a finalidade de examinar a liderança, Cacioppe (1997) considera quatro áreas chave para a teoria da liderança: personalidade, liderança situacional, liderança transacional e liderança transformacional. E ainda, descreve as principais características e qualidades necessárias a uma liderança de sucesso, para estas áreas chave:

- ✓ Teoria das características de personalidade: o líder é honesto, possui autoconfiança, lealdade, provê apoio e tem desejo e vontade de liderar;
- ✓ Liderança situacional: o líder é hábil a dispensar a medida correta de direção e suporte, dependendo da situação vivenciada e do nível de competência e de motivação do estilo do liderado;
- ✓ Liderança transacional: o líder compreende e auxilia seus liderados a alcançar os seus objetivos e os objetivos da organização, simultaneamente;
- ✓ Liderança transformacional: o líder apresenta uma visão importante e desafiadora, a qual é comunicada aos liderados e os motiva e inspira. E ainda, o líder apresenta consideração pelo indivíduo.

O modelo de Liderança Situacional de Hersey & Blanchard (1986) foi objeto de muitos estudos e testes sobre sua validade e como resultado não se tem uma unanimidade em consonância. Hughes et al. (2002) comenta que, apesar das deficiências de investigação do modelo de Liderança Situacional, este representa uma forma útil de incitar os líderes a pensarem em como bons resultados, no que diz respeito à liderança, podem depender da sua

flexibilidade com subordinados diferentes. Com isso, o autor quer dizer que não se deve agir da mesma maneira com todos.

Diversas pesquisas foram realizadas a fim de investigar as características da liderança situacional.

Vecchio & Boatwrigth (2002) realizaram uma pesquisa com 1.137 liderados a fim de investigar a teoria da Liderança Situacional e a teoria baseada no gênero. O objetivo foi derivar predições sobre como a maturidade e o gênero dos liderados podem estar associados a preferências por estilos de liderança.

Alguns padrões foram identificados neste estudo, como o de que a preferência por estruturação seria maior para funcionários com maior grau de educação. Isto sugere que um liderado altamente qualificado dá menos valor a expressões de carinho e apoio por parte dos líderes. Outra questão importante identificada neste estudo é que, quando os liderados desejam uma maior independência, expressam menos necessidade de intervenções de supervisão. Esta declaração está alinhada aos princípios da Liderança Situacional, em que os funcionários altamente maduros precisam de menor envolvimento de supervisão.

Avery & Ryan (2002) afirmam que a Liderança Situacional permanece popular entre os praticantes, mesmo sob considerável criticismo do meio acadêmico, falta de debates teóricos, e relativamente pouca pesquisa publicada sobre o assunto.

Esses autores promoveram um estudo realizado com gerentes australianos, em que uma segunda versão da Liderança Situacional (chamada de SLT II) foi utilizada. Segundo Graeff (1997) não são observadas grandes alterações nesta versão. Todavia, há uma inversão entre os níveis de maturidade M1 que corresponde ao D2 na Liderança Situacional II, e entre o M2 que corresponde ao D1. Foram treinados 17 gerentes para utilização da Liderança Situacional. O estudo forneceu compreensão sobre como os gerentes usam a Liderança Situacional na prática. Estes consideraram a Liderança Situacional uma ferramenta de gestão valiosa por prover um instrumento para gerenciar as pessoas e ainda a consideraram relevante, útil, intuitiva, e que coincide com o senso comum.

Walters (2001) estudou o caso de duas fábricas de produtos farmacêuticos para avaliar a utilização da Liderança Situacional e o seu impacto na implementação de um sistema de

qualidade eficaz. A autora relatou que o CEO (Chief Executive Officer) da Usina que agiu em conformidade com as prescrições do modelo de Liderança Situacional foi mais eficaz na realização de mudanças do que o CEO anterior que não agiu de acordo com as práticas prescritas pelo modelo. Baseado em suas pesquisas, Walters (2001) argumentou que o modelo de Liderança Situacional pode ser um instrumento particularmente eficaz para liderar os esforços na introdução de qualidade. Os resultados do estudo demonstram ainda que, quando um CEO apresenta flexibilidade em resposta à prontidão organizacional existente, objetivos de qualidade determinados, tais como a implementação de um sistema de qualidade, podem ser atendidos.

Chen & Silvertone (2005) realizaram uma pesquisa em que 350 questionários foram enviados, aleatoriamente, a gerentes de indústrias de manufatura e serviços nos Estados Unidos. Destes, 126 responderam ao questionário completamente. A pesquisa teve como objetivo testar a efetividade da liderança na Teoria da Liderança Situacional de Hersey e Blanchard (1986) e o impacto do grau de concordância entre estilo de liderança e nível de prontidão do empregado sobre uma variedade de medidas de resultados da liderança.

Foram utilizadas medidas de satisfação dos empregados no trabalho, o desempenho profissional, o *stress* e a intenção de deixar o trabalho. Os resultados não apoiaram as previsões da Liderança Situacional de que um adequado equilíbrio entre estilo de liderança e prontidão do subordinado resulta em maiores níveis de satisfação no trabalho e de desempenho e menores níveis de *stress* e de intenção em sair do trabalho. No entanto, os resultados suportam parcialmente a Liderança Situacional. Constatou-se que quanto maior é a pontuação da liderança, mais efetiva é a sua influência. Houve uma correlação positiva entre a capacidade e a disposição, a satisfação no trabalho e o desempenho profissional. A disposição do empregado foi positivamente correlacionada com a satisfação no trabalho. O desempenho profissional, entretanto, apresentou correlação negativa com a intenção de deixar o trabalho.

Neste estudo, foi constatado também que a capacidade e a vontade afetam-se mutuamente. O conhecimento do empregado, sua experiência e habilidades em uma tarefa específica podem afetar sua confiança, comprometimento e motivação. Os resultados encontrados nesta pesquisa sugerem que as organizações deveriam ter as pessoas certas (com

capacidade) para fazer o trabalho correto e prover aos empregados treinamentos para melhorar sua capacidade.

Em um estudo mais recente, Sims Jr et al. (2009) realizou uma pesquisa sobre a liderança situacional durante a ressuscitação em um centro de trauma, a fim de obter uma estratégia geral de como um líder pode desenvolver melhor a sua própria teoria pessoal de liderança para circunstâncias únicas. Constatou-se uma forte evidência de que os cirurgiões do centro de trauma, de fato, diferenciam sua própria liderança, a depender da situação enfrentada.

De modo geral, os autores enfatizam que os líderes são menos propensos a capacitar seus subordinados quando estes são menos experientes, e quando determinado projeto ou tarefa são absolutamente críticos para a organização. Os estudiosos ressaltam ainda que a contribuição mais importante da pesquisa é a descoberta de uma abordagem geral para definir os elementos específicos de uma situação, dentro de um ambiente particular, e desenvolver diretrizes para que a liderança possa ser otimizada dentro desse ambiente.

Estas, dentre outras pesquisas, esclarecem que a utilização do modelo de Liderança Situacional pode gerar resultados satisfatórios no que se refere à obtenção de uma liderança mais eficaz.

O que se pretende focalizar nesta abordagem são as diferenças entre as pessoas, partindo do pressuposto que o comportamento, as experiências, as capacidades e as responsabilidades são fatores que variam em cada indivíduo e circunstância. Seguindo este raciocínio, considera-se que estas diferenças devem ser tratadas de forma distinta. Ou seja, cada um deve ser tratado de forma que possa responder às expectativas do líder, entretanto, esta expectativa deve ser limitada pela observação de cada indivíduo - do grau de maturidade que este possui.

Todavia, mesmo diante de uma aplicabilidade prática da Teoria Situacional, conforme enfatiza Graeff (1997), não há um consenso com relação ao montante de estudos empíricos sobre a teoria da Liderança Situacional, nem quanto a sua validade.

Northouse (2010) afirma que, apesar do uso extenso em programas de treinamento e desenvolvimento, a Liderança Situacional apresenta algumas limitações. Uma das críticas é atribuída ao fato de que poucos estudos e pesquisas foram realizados a fim de verificar as

suposições assumidas por esta abordagem. Isto leva ao questionamento sobre sua validade teórica (Graeff, 1997). Outra questão a ser considerada diz respeito à ambigüidade da definição dos níveis de maturidade dos liderados, esta, segundo Northouse (2010), é a maior crítica ao modelo. Há críticas quanto às características que definem os quatro níveis de maturidade. A composição dos níveis de maturidade (nível de capacidade e disposição) sofreu algumas alterações em uma versão mais recente (a Liderança Situacional II), porém, não houve justificativas teóricas que embasassem as mudanças. E ainda, as variáveis que definem a “disposição” não são consideradas claras (Graeff, 1997).

A definição do nível de maturidade resulta em uma prescrição quanto ao estilo que deve ser adotado pelo líder. Em um estudo recente de Vecchio et al. (2006), não foram encontradas evidências suficientes para suportar o modelo de Liderança Situacional. E ainda, há que se considerar as diferenças culturais, as quais não são consideradas no modelo Situacional, quando da composição dos níveis de maturidade com relação à capacidade e disposição para uma determinada tarefa.

No entanto, para os que utilizam a Teoria da Liderança Situacional (SLT) há menos críticas ao modelo, por exemplo, dentre os que realizam programas de formação em gestão e em ambientes escolares e professores de formação. A popularidade contínua dos princípios SLT é ainda atestada pelo aparecimento recente de uma versão revista da SLT (Blanchard, 2007).

Diante deste contexto, as críticas ao modelo Situacional podem ser consideradas como um estímulo a novas pesquisas que possibilitem a análise e a utilização de novas ferramentas e métodos para avaliar a aplicabilidade e a coerência do modelo.

2.4.2 Aplicabilidade dos modelos de inferência de parâmetros

Os problemas tradicionais de decisão multicritério visam à identificação do caminho a seguir para tomada de decisão. Todavia, em diversos casos, este problema é apresentado de maneira oposta, ou seja, a partir de uma decisão, buscam-se as bases racionais (ou preferências do decisor) por meio das quais a decisão foi tomada (Jacquet-Lagrèze & Siskos, 1982).

O paradigma de desagregação, nos métodos MCDA, envolve a inferência dos parâmetros do modelo por meio de uma dada preferência global. Para construção do modelo

de desagregação, a elicitação direta dos parâmetros é substituída por exemplos atribuídos pelo decisor e os valores dos parâmetros são inferidos por uma espécie de regressão com base nestes exemplos.

No presente trabalho (Capítulo 3) é proposta uma estrutura para classificação de liderados que contempla o paradigma de desagregação. Esta estrutura trata da problemática de classificação, e para tanto foi utilizado o método ELECTRE TRI, cuja atuação dos modelos de inferência é descrita neste subitem.

A utilização do modelo ELECTRE TRI demanda a determinação dos valores de diversos parâmetros como peso, limites das categorias, limiar de veto, etc. É possível que o decisor esteja apto a especificar estes valores, mas na maior parte dos casos, esta é uma tarefa difícil de ser realizada. Os modelos de inferência de parâmetros possibilitam a extração destes valores a partir de exemplos de atribuição feitos pelo decisor, ou seja, a partir de julgamentos holísticos. Esta abordagem representa o paradigma da desagregação de preferências cujo objetivo é extrair informações implícitas contidas nos julgamentos holísticos do decisor (Mousseau & Slowinski, 1998).

A Figura 2.9 ilustra de forma ampla a atuação dos modelos de inferência do ELECTRE TRI, de acordo com os objetivos das diferentes abordagens:

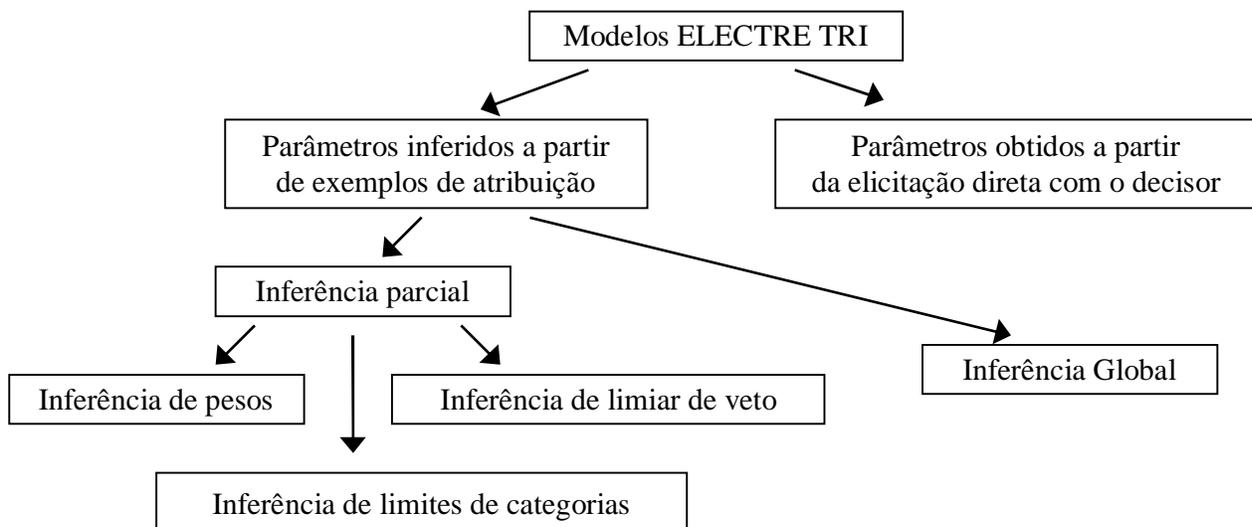


Figura 2.9 - Diferentes abordagens para determinar os parâmetros do ELECTRE TRI

Fonte: Adaptado de Ngo The & Mousseau (2002)

Conforme apresentado na Figura 2.9, os parâmetros de entrada do modelo ELECTRE TRI podem ser obtidos de duas formas: por meio da elicitação direta com o decisor ou por meio da inferência dos parâmetros. Esta figura também revela que todos os parâmetros do modelo ELECTRE TRI são passíveis de serem inferidos. Em tal situação, os modelos de inferência parcial e de inferência dos limites de categoria podem ser utilizados de forma iterativa, onde a cada iteração, o decisor pode rever seus exemplos de atribuição e complementar as informações previamente dadas a fim de obter melhores resultados do modelo.

No caso da inferência dos parâmetros a partir de exemplos de atribuição, dois caminhos podem ser escolhidos (Ngo The & Mousseau, 2002): a inferência global e a parcial, conforme a seguir:

i. A inferência global

Um modelo de inferência global foi desenvolvido por Mousseau & Slowinski (1998), conforme mencionado. Estes propuseram uma abordagem interativa para inferir os parâmetros (limiars de indiferença e preferência, limites das categorias e pesos) de um modelo ELECTRE TRI a partir de exemplos de atribuição. O objetivo foi determinar um modelo ELECTRE TRI que melhor representasse os exemplos de atribuição por meio da formulação de um problema de programação matemática não-linear (devido a algumas restrições não-lineares do problema).

ii. A inferência parcial

a. Inferência dos limiars das categorias

Ngo The & Mousseau (2002) desenvolveram um modelo ELECTRE TRI para inferir os limiars das categorias para atribuição das ações analisadas. Este modelo é caracterizado como um subproblema do modelo desenvolvido por Mousseau & Slowinski (1998), onde os pesos dos critérios são considerados fixos e, cuja solução é obtida por meio de um problema de programação linear.

A metodologia desenvolvida por Ngo The & Mousseau (2002) foi complementada por Dias & Mousseau (2006) que introduziram o procedimento de inferência parcial para inferir parâmetros relacionados com o veto.

b. Inferência dos pesos

Um modelo de inferência de pesos foi desenvolvido por Mousseau et al. (2001) e é considerado um subproblema do modelo de Mousseau & Slowinski (1998), onde os limiares de preferência, indiferença e veto, e os limites das categorias são fixos. A solução deste problema é obtida com a solução de um problema de programação linear.

Mousseau et al. (2000) desenvolveram um software para aplicação deste procedimento de inferência.

c. Inferência do veto

O valor do limiar de veto pode ser obtido pelo modelo de inferência desenvolvido por Dias & Mousseau (2002), da mesma forma que os demais subproblemas, por meio da solução de um problema de programação linear, considerando os demais parâmetros do modelo como fixos

Dias & Clímaco (1999, 2000) apresentaram um procedimento que, com base em informações imprecisas sobre os valores dos parâmetros, extrai conclusões robustas. Dias et al. (2002), combinaram alguns destes trabalhos acima em uma ferramenta para inferir parâmetros e obter conclusões robustas com base em exemplos de atribuição. E ainda, Mousseau et al. (2003, 2006) propuseram algoritmos para resolver interativamente inconsistências nos julgamentos utilizados nestes métodos.

2.4.3 O apoio multicritério à decisão e os métodos de classificação

Os métodos MCDA têm sido aplicados a uma variedade de problemas envolvendo diversos contextos onde se faz necessária a avaliação de ações segundo um conjunto de critérios, cujos objetivos são, muitas vezes, opostos. A finalidade da utilização dos métodos MCDA é proporcionar ao decisor, que pode ser um indivíduo ou um grupo de pessoas, a

recomendação da melhor ação que pode ser seguida para solução de um problema (Roy, 1996).

Na fase inicial de formulação de um problema de decisão, é necessária a definição da problemática de referência do problema (Roy, 1996). A solução para o problema de liderança, objeto deste estudo, está estruturada de acordo com a problemática de classificação – em que o objetivo é alocar os liderados a uma determinada classe de maturidade.

A problemática de classificação de alternativas tem sido amplamente utilizada como forma de solução de problemas onde se deseja agrupar alternativas, com características semelhantes, em classes pré-estabelecidas e ordenadas. Para proceder à classificação, as alternativas são avaliadas segundo n critérios, por muitas vezes divergentes, o que pode tornar difícil a solução deste tipo de problema. Conforme mencionado, os métodos multicritério de apoio à decisão (MCDA) têm sido utilizados para tratar destes problemas, os quais envolvem a avaliação de alternativas à luz de múltiplos objetivos.

Os métodos multicritério de classificação podem, em geral, ser agrupados em três grandes categorias: os métodos baseados em funções de valor; os modelos simbólicos baseados em regras de decisão e os métodos de sobreclassificação (Doumpos et al., 2009). A este último grupo pertence o método ELECTRE TRI, que está dentre os métodos de sobreclassificação mais utilizados e com uma história de sucesso em aplicações reais (Tervonen et al., 2009). O processo de classificação de ações, neste método, se dá pela comparação destas com os limites, superior e inferior, de cada classe adjacente, pré-determinada. Com base nisto, pode-se afirmar que estes métodos são adequados a situações onde o decisor é capaz de estruturar seu problema nestes moldes, o que inclui definir os limiares das categorias

De forma distinta, em outros problemas, entretanto, a determinação dos limiares das categorias para as quais as ações devem ser designadas pode ser uma tarefa difícil para o decisor. Este tipo de problema pode ser abordado de outra forma: a partir da comparação das ações a serem classificadas com ações de referência, as quais representam as características das classes. Este procedimento descrito se refere ao método ELECTRE TRI-C (Almeida-Dias et al., 2010).

Todavia, é necessário enfatizar que ambos os métodos, ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C têm sua importância reconhecida e são adequados aos problemas em que a aplicabilidade de seus procedimentos é recomendada.

2.4.4 O apoio multicritério à decisão e a abordagem fuzzy

Os problemas de decisão multicritério têm sido estudados ao longo dos anos e um grande número de métodos surgiu para apoiar as diferentes abordagens e necessidades apresentadas por estes problemas. Além disso, estes métodos têm sido adaptados para lidar com problemas mais complexos como, por exemplo, onde o decisor, claramente, tem dificuldade para definir os parâmetros do modelo.

Todavia, mesmo utilizando os métodos multicritério de apoio à decisão, há uma vasta gama de problemas onde a avaliação das alternativas, por meio de uma variável quantitativa exata, é uma tarefa difícil para o decisor. Alguns problemas apresentam outra questão a ser considerada que é a imprecisão de alguns dados de entrada, seja devido à dificuldade que o decisor pode encontrar em avaliar as alternativas por meio de uma variável quantitativa exata ou, seja pela imprecisão relacionada à característica do problema ou, devido contexto no qual está inserido (Thurston & Carnahan, 1992; Aouam et al., 2003). Independente do motivo, o fato é que este tipo de problema requer um tratamento diferenciado que possa incorporar sua subjetividade e imprecisão.

Diante deste contexto, a teoria dos conjuntos *fuzzy* pode ser utilizada como forma de incorporar as incertezas relacionadas às avaliações subjetivas e a estruturação de problemas de caráter ambíguo.

Chen & Lu (2001) reforçam a ideia de que a teoria dos conjuntos *fuzzy* deve ser utilizada para solução de problemas cujas avaliações de alternativas se mostrem imprecisas. E ainda, os autores atribuem esta imprecisão a algumas possíveis razões como informações não quantificáveis, incompletas, inacessíveis e sob ignorância parcial.

Independentemente da origem da imprecisão, conforme mencionado, a análise *fuzzy* não necessita de avaliações quantitativas das alternativas. Suas performances, em cada critério, assim como os pesos dos critérios, podem ser mensuradas por termos lingüísticos. A utilização da teoria dos conjuntos *fuzzy* tem sido bastante difundida e foram desenvolvidas várias

abordagens *fuzzy* para tratar de problemas distintos e em diversos contextos (Geldermann et al., 2000; Aouam et al., 2003; Gheorghe et al., 2004; Czyzak & Slowinski, 1996; Wang, 2001)

Dentre as diversas abordagens *fuzzy* encontradas na literatura, pode-se citar o problema estudado por Czyzak & Slowinski (1996) que utilizaram a abordagem de sobreclassificação *fuzzy* para solução do problema de ordenação.

Czyzak & Slowinski (1996) propuseram um método para ordenar ações com avaliações *fuzzy* por meio da avaliação das relações de sobreclassificação construídas pelos índices de concordância e discordância, utilizando os conceitos de possibilidade e necessidade.

Os autores propuseram um novo método para a construção de uma relação de sobreclassificação *fuzzy*, tendo em vista a sua exploração na problemática de ordenação. O método construído teve como base o modelo ELECTRE III, porém, os limiares de preferência e indiferença foram substituídos por avaliações *fuzzy*. Para comparar as avaliações *fuzzy*, foram utilizados índices, com base na nos conceitos de possibilidade e necessidade. A construção da relação de sobreclassificação *fuzzy* foi realizada pela utilização dos índices de concordância e discordância. Os autores ressaltam que as atitudes otimistas e pessimistas do decisor podem ser consideradas no método proposto.

Belacel (2000) propôs um método multicritério de classificação *fuzzy*, chamado PROAFTN, hábil em determinar relações *fuzzy* de indiferença pela generalização dos índices de concordância e discordância utilizados no método ELECTRE III. Este método utiliza uma síntese da abordagem de sobreclassificação.

O método PROAFTN foi aplicado em 83 novos casos de leucemias agudas e seus resultados foram comparados com os resultados clínicos obtidos por hematologistas. O autor destaca que a principal vantagem da utilização do método emerge da possibilidade de combinar o procedimento PROAFTN com a análise microscópica assistida por computador das imagens das células. E assim, pode auxiliar o hematologista a identificar rapidamente os diversos subtipos de leucemias agudas.

Os autores introduziram um novo método para classificação multicritério, a fim de auxiliar o diagnóstico médico e ressaltam que mais estudos precisam ser realizados com este procedimento antes que qualquer conclusão pode ser tirada.

Goletsis et al. (2004) utilizaram um algoritmo genético e a análise multicritério da decisão para desenvolver um modelo de sobreclassificação *fuzzy* para tratar do problema de classificação.

Hatami-Marbini & Tavana (2011) propuseram um método de sobreclassificação *fuzzy* alternativo, estendendo o método ELECTRE I (utilizando o método da distância de Hamming para comparar ações) a fim de incorporar o caráter vago e impreciso de avaliações linguísticas. Segundo os autores são várias as contribuições deste trabalho e pose-se citar, primeiramente, o preenchimento da lacuna na literatura sobre o ELECTRE no que diz respeito a problemas envolvendo sistemas de critérios conflitantes, incerteza e informações imprecisas. Deve-se ressaltar que a extensão do método ELECTRE I pretende abranger o incerto, o impreciso e as avaliações linguísticas utilizando-se das relações de sobreclassificação por comparações par a par e a pela utilização de gráficos de decisão para determinar qual ação é preferível, incomparável ou indiferente, no ambiente *fuzzy*. E ainda, o trabalho dos autores mostra que, contrariamente aos rankings TOPSIS, a abordagem ELECTRE revela mais informações úteis, incluindo a incomparabilidade entre as ações.

É preciso ainda mencionar o método de classificação SMAA-Classification o qual é uma extensão do SMAA (*Stochastic Multicriteria Acceptability Analysis*) e foi concebido para tratar de informações imprecisas ou incertas. Devido a isso, as avaliações das alternativas em cada critério podem ser estocásticas e são apresentadas por uma distribuição conjunta de probabilidade.

Os autores do método (Yevseyeva et al., 2007) realizaram algumas simulações e obtiveram resultados semelhantes aos resultados da classificação resultante do ELECTRE TRI. Ainda que o SMAA-Classification tenha objetivos semelhantes ao problema tratado neste trabalho, sua abordagem utiliza o conceito de probabilidade. Neste caso, considera-se a imprecisão uma questão de aleatoriedade (Bellman & Zadeh, 1970).

Todavia, a aleatoriedade diz respeito à incerteza relativa à pertinência ou não de um elemento a um conjunto *não-fuzzy*. Por outro lado, na Teoria dos Conjuntos *Fuzzy* um elemento pode apresentar um certo grau de pertinência a uma classe (Bellman & Zadeh, 1970). Isto quer dizer, em um problema de classificação, que a transição de uma classe para

outra, por exemplo, é feita de forma suave. Sendo assim, o tratamento de um problema de caráter impreciso pela teoria da probabilidade ou pela teoria das possibilidades, é realizado de forma distinta, considerando os aspectos mencionados.

Diante do exposto, observa-se que muitos destes problemas, com fortes dados de realidade, como pôde ser observado, e que envolvem informações imprecisas, podem ser caracterizados como sendo *fuzzy*. Todavia, mesmo havendo estudos que tratam de problemas de caráter multicritério, com abordagem *fuzzy*, o problema de classificação *fuzzy* por meio da relação de sobreclassificação ainda é pouco abordado na literatura.

2.4.5 Relações de sobreclassificação de caráter fuzzy

A solução de problemas, por meio da utilização da sobreclassificação *fuzzy*, tem sido proposta utilizando-se de diferentes técnicas para comparar ações *fuzzy*: a comparação de números *fuzzy* utilizando conceitos de possibilidade e necessidade (Czyzak & Slowinski, 1996; Wang, 1999, 2001), pela comparação de áreas *fuzzy* (Wang, 1997; Güngör & Arıkan, 2000) e baseados em α -cuts (Gheorge et al., 2004, 2005).

Czyzak & Slowinski (1996) propuseram um método multicritério para ordenar ações onde as avaliações possuíam caráter impreciso. Estas foram modeladas por números *fuzzy* e para compará-las, foram aplicadas medidas de possibilidade e de necessidade. Os números *fuzzy* utilizados para realizar as avaliações substituíram a utilização dos parâmetros de indiferença e preferência. Sua agregação é baseada em conectivos *fuzzy* com um comportamento compensatório controlado onde o nível desejável de compensação é controlada pelo decisor, que pode mover-se entre dois extremos: nenhuma compensação e a compensação integral. A agregação das avaliações leva a uma nova definição dos índices de concordância e discordância. Para tanto, foram explorados os conceitos do ELECTRE III. Os autores fornecem um exemplo de aplicação do modelo para gestão de um sistema de águas subterrâneas.

Conforme já mencionado, a teoria dos conjuntos *fuzzy* tem sido considerada como base para abordagens lingüísticas ou numéricas, de caráter impreciso, vago e incompleto (Zadeh, 1965, Golec; &. Kahya, 2007).

O problema estudado por Wang (2001) se refere à avaliação conceitual de projetos, onde o decisor precisa selecionar o melhor conceito de *design* mediante uma série de alternativas. A estruturação deste problema envolve informações subjetivas e incompletas, coletados na fase inicial do projeto. É importante ressaltar que uma seleção feita de forma incorreta raramente pode ser compensada em estágios posteriores. Para resolver este problema, um modelo de sobreclassificação, baseado na teoria das possibilidades foi desenvolvido, onde as relações de preferência imprecisas entre cada par de alternativas de conceitos de *design* foi considerada. Um conceito de *design* sobreclassifica outros se, e somente se, há evidências suficientes para apoiar a afirmação de que o conceito é superior ou pelo menos igual aos outros. De acordo com a relação *fuzzy* de sobreclassificação identificada em cada par de alternativas de conceito de design, três tipos de índices são desenvolvidos para determinar os conceitos de design não-dominados para a melhoria contínua ou futuros desenvolvimentos das fases de projeto. Além disso, é utilizada uma análise de sensibilidade para examinar a robustez do resultado.

Aouam et al (2003), propõem um trabalho que utiliza a teoria dos conjuntos *fuzzy* e a natureza básica da subjetividade, sob o argumento de que há ambigüidade em alcançar uma abordagem de decisão flexível, adequada a um ambiente incerto e *fuzzy*. Para tanto, propõem uma metodologia que combina o conceito de sobreclassificação *fuzzy* e atributos *fuzzy* para fornecer uma forma mais flexível para a comparação de alternativas. Especificamente, os atributos podem ser crisp ou *fuzzy* e o conceito de intensidade de sobreclassificação geral é introduzido. E ainda, é utilizado índice de ordenação OERI (*Overall Existence Ranking Index*) para comparar os graus de concordância e discordância.

O método proposto pode ter ambas as entradas crisp e *fuzzy*. Uma intensidade outranking é introduzido para determinar o grau de superação global entre alternativas concorrentes, que são representados por números *fuzzy*. A comparação desses graus é feita através do conceito de índice global existência classificação

Conforme mencionado, a área dos números *fuzzy* representa uma forma de avaliá-los a fim de se obter uma relação de preferências entre duas avaliações quaisquer. Wang (1997) realizou uma avaliação conceitual de projetos e para tanto propôs utilizar uma abordagem de sobreclassificação *fuzzy* para modelar as preferências imprecisas. As relações de dominância entre duas alternativas foram construídas com base na distância de Hamming utilizando a

abordagem de Tseng & Klein (1989). Desta forma, por meio da análise das áreas de dominância e de indiferença, foram estabelecidas as relações de preferência entre as avaliações *fuzzy*.

Güngör & Arikan (2000) propuseram um método de sobreclassificação *fuzzy* para o planejamento da política energética. Os autores consideraram em seu problema a comparação, em termos de economia a longo-prazo de produção, o gás natural, o carvão importado e as usinas nucleares. O cálculo do custo de produção unitário é considerado uma tarefa difícil para o decisor, especialmente em países sem nenhuma experiência anterior de produção. Devido à subjetividade e imprecisão dos dados, a comparação entre as alternativas é modelada por uma relação de preferências *fuzzy*. Três modelos preferências foram desenvolvidos para avaliar o conjunto de alternativas não-dominadas, a partir de um conjunto de alternativas, para futuro desenvolvimento. Durante as aplicações dos modelos de preferência, se as alternativas são sobreclassificadas por outras, elas são retiradas e não são mais consideradas. Os autores utilizaram as relações de preferência construídas por Wang (1997), com base na abordagem de Tseng & Klein (1989).

A avaliação de conceitos de design também foi alvo do trabalho de Gheorge et al. (2004). Os autores desenvolveram um trabalho para tratar do problema de avaliações de conceitos de design. As avaliações eram realizadas sobre diversos critérios e possuíam um caráter impreciso. Foi proposta a construção de uma relação de sobreclassificação *fuzzy* considerando dois parâmetros K e β para apoiar o decisor na utilização de números *fuzzy* para solução do problema. O modelo de sobreclassificação utiliza α -cuts para tratar os números *fuzzy* e, como resultado, tem-se a construção de índices de sobreclassificação. Estes índices de sobreclassificação *fuzzy* permitem que o decisor adote diferentes estratégias, escolhendo um grau de otimismo e um grau de agressividade.

Em um trabalho subsequente, Gheorge et al. (2005) propuseram a construção de uma estrutura de preferências global à partir das relações de sobreclassificação construídas para apenas um critério em Gheorge et al. (2004).

Em um trabalho bastante recente, Fernandez & Navarro (2011) desenvolveram uma nova abordagem para ordenação multicritério baseada nas relações de sobreclassificação *fuzzy*,

o método THESEUS. Esta abordagem consiste em transformar o problema de classificação em um caso particular do problema de seleção. A atribuição de uma nova ação para as categorias definidas no conjunto de referência é sugerida aqui, utilizando uma medida multidimensional que contém as inconsistências entre as possíveis atribuições e as informações das relações de preferência que poderiam ser estrita, fraca, ou indiferente. Esta proposta tem a vantagem de aproveitar uma maior extensão de informações contidas em uma relação *fuzzy* de sobreclassificação. O uso de mais informações pode, por sua vez, produzir decisões mais precisas e menos dependentes de fatores casuais como parâmetros mal selecionados, ou para ações designadas inapropriadamente.

Estes trabalhos citados exemplificam a limitada construção de modelos que se valham da área dos números *fuzzy* e da utilização de α -cuts para tratar de problemas por meio das relações de sobreclassificação *fuzzy*. É preciso também ressaltar que a diversidade de situações ou problemas abrangidos também é restrita, o que sugere a experimentação de novos estudos em áreas distintas.

3 MODELO DE INFERÊNCIA DE PARÂMETROS PARA CLASSIFICAÇÃO DE LIDERADOS

Os fatores que determinam o sucesso na obtenção dos resultados esperados nas organizações são diversos. Todavia, há uma convergência acerca da influência exercida pelas pessoas que as compõem. A liderança é fator crucial na consecução das tarefas por ser dela o papel de impulsionar os liderados e estabelecer uma comunicação capaz de transmitir os objetivos globais da organização.

O problema geral abordado consiste em identificar o nível de maturidade dos liderados para, a partir daí, estabelecer o estilo de liderança mais adequado a ser empregado pelo líder. Para tanto, é necessário avaliar o nível de maturidade, psicológica e no trabalho, do liderado, por meio da análise dos critérios apresentados no formulário de avaliação (Anexo 1).

A abordagem proposta neste capítulo prescreve a agregação dos critérios de forma não-compensatória. Desta forma, procura-se evitar que avaliações negativas em alguns critérios sejam compensadas por avaliações muito positivas noutros (ou vice-versa), o que pode acontecer no modelo original da teoria Situacional, o qual é compensatório e onde as avaliações são agregadas por meio de uma soma ponderada.

Todavia, a grande dificuldade que se pretende solucionar é a determinação dos pesos dos critérios que são utilizados para avaliar os liderados. Tradicionalmente, a determinação dos pesos dos critérios utilizados para avaliar os liderados é feita de forma empírica pelo líder (decisor). Entretanto, é preciso ressaltar que por se tratar de uma quantidade razoável de critérios, uma definição empírica dos pesos pode levar a inconsistências devido à dificuldade que o decisor pode encontrar em atribuir os pesos aos critérios e prever a implicação destas atribuições individuais na definição do nível de maturidade.

Inserindo o problema aqui apresentado no contexto da modelagem multicritério, pode-se perceber que diante da necessidade de atribuição de liderados à categorias que representam o seu nível de maturidade mediante a avaliação destes sob vários critérios, torna-se apropriada a utilização de um modelo multicritério para proceder a classificação.

A fim de designar os liderados às classes que representam seus níveis de maturidade é proposta uma estrutura, com base na abordagem do modelo multicritério ELECTRE TRI. Este, conforme já mencionado, é um método não-compensatório que utiliza o conceito de sobreclassificação para proceder à classificação.

No entanto, utilizar como base a abordagem do modelo ELECTRE TRI não elimina a dificuldade na determinação dos pesos dos critérios, pois estes são parâmetros de entrada do modelo e, independentemente disso, são necessários para representar as preferências do decisor.

Na presença desta dificuldade, é proposta a utilização de um modelo de inferência com o objetivo de extrair os pesos dos critérios a partir de exemplos de atribuição. O modelo de inferência permite ao decisor, em vez de realizar a elicitação dos pesos, simplesmente classificar alguns liderados quanto à sua maturidade e, a partir desta classificação, proceder a inferência dos pesos. Julga-se, portanto, ser mais simples para o decisor classificar alguns liderados por meio de uma análise holística do que identificar o peso de cada critério que vai definir o nível de maturidade do liderado. Além disso, há que se considerar a quantidade de liderados a ser avaliada que pode ser grande o suficiente para tornar inviável a avaliação de cada alternativa pelo decisor de forma estruturada.

Diante do exposto, é utilizado o modelo de inferência proposto por Mousseau et al. (2001) para, com base na análise de exemplos de atribuições feitas pelo decisor, extrair o valor dos pesos dos critérios.

A seguir é apresentada a estrutura proposta para classificação dos liderados quanto ao seu nível de maturidade.

3.1 Estrutura proposta para classificação dos liderados

O modelo de inferência proposto por Mousseau et al. (2001) é utilizado para apoiar o líder na atribuição de estilos de liderança apropriados a serem adotados com os liderados. Como dito anteriormente, este modelo busca auxiliar o decisor na atribuição dos pesos dos critérios de avaliação dos liderados - o que pode ser considerada uma dificuldade na aplicação do ELECTRE TRI, tendo em vista a quantidade de critérios utilizados para avaliar os liderados e possíveis dificuldades, por parte do decisor, em emitir seu julgamento de valor.

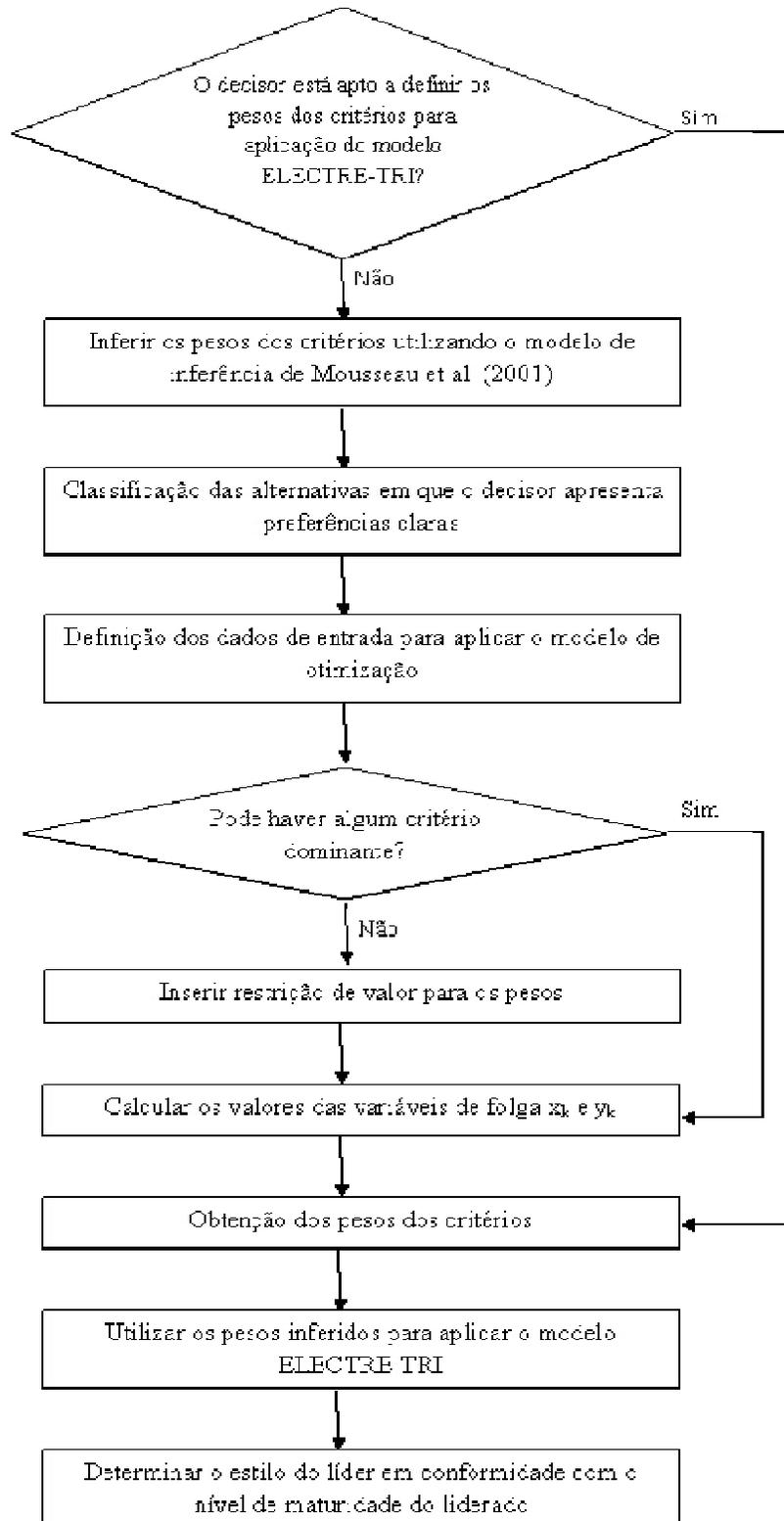


Figura 3.1 – Estrutura proposta para classificação do liderado

A fim de estabelecer as bases para solução do problema apresentado, é proposta uma estrutura para direcionar o decisor no processo de classificação dos liderados, conforme o fluxograma da Figura 3.1.

A aplicação da estrutura proposta requer a definição das alternativas, dos critérios, da escala utilizada para avaliar as alternativas e das classes para as quais serão designadas as alternativas:

i) as alternativas consideradas para aplicação do modelo são os próprios liderados, os quais estão identificados no trabalho de Gonçalves & Mota (2011) e são representados da seguinte forma: a alternativa a_1 diz respeito ao liderado 1, a alternativa a_2 diz respeito ao liderado 2, e assim por diante.

É importante destacar que a avaliação é realizada com um número maior de liderados do que os 10 apresentados aqui como exemplo de atribuição para aplicação do modelo de inferência. E ainda, esta avaliação não deve ser tomada como definitiva, deve-se, portanto, realizar avaliações periódicas.

ii) os critérios utilizados para avaliar as alternativas apresentadas estão descritos na Tabela 3.1. Esta Tabela mostra a definição dos critérios utilizados para avaliar as alternativas do modelo, as variáveis que identificam os critérios g_h , $h=1, \dots, 10$ e sua descrição.

Tabela 3.1 - Representação dos critérios e suas respectivas descrições

| | Critério | Descrição simplificada | Descrição detalhada |
|-------------------------------|-----------------|--|---|
| Maturidade no trabalho | g ₁ | Experiência de trabalho anterior | Corresponde a já ter realizado atividades similares em outros projetos ou instituições |
| | g ₂ | Qualificação no trabalho | Corresponde a participar em cursos e treinamentos relacionados a atividade ou tarefa |
| | g ₃ | Capacidade de solução de problemas | Corresponde a capacidade de conhecer a tarefa e conseguir resolver sozinho problemas que porventura surjam no projeto |
| | g ₄ | Capacidade de assumir responsabilidade | Corresponde a flexibilidade para se ajustar às situações, novas tarefas sempre que necessário em novos projetos |
| | g ₅ | Compreensão das exigências do cargo | Corresponde a buscar orientações detalhadas e específicas sobre a tarefa a ser realizada para evitar erros ou atrasos |
| Maturidade psicológica | g ₆ | Desejo de assumir responsabilidade | Corresponde ao desejo de se antecipar às oportunidades, buscando conhecer além de sua tarefa, visando projetos futuros |
| | g ₇ | Comprometimento no trabalho | Corresponde a realizar bem as tarefas, com discernimento adquirido pelas experiências, no que se refere ao resultado de seu trabalho influenciar as demais tarefas do projeto |
| | g ₈ | Persistência | Corresponde a capacidade de analisar a situação, de maneira clara, e propor ideias de soluções |
| | g ₉ | Atitude no trabalho | Refere-se a expor suas inabilidades imediatas referentes à tarefa, ou mesmo reconhecer suas qualidades na realização da mesma |
| | g ₁₀ | Iniciativa | Corresponde a predisposição para realizar novas tarefas, ou participar de projetos diferentes do habitual |

Fonte: Adaptado de Gonçalves & Mota, 2011

iii) as alternativas foram avaliadas segundo os dez critérios mencionados na Tabela 3.1. A escala de avaliação das alternativas está descrita na Tabela 3.2 o qual ilustra os graus da escala e sua respectiva conversão da escala verbal para escala numérica.

A escala Likert de sete pontos é utilizada por permitir que o líder expresse não somente se concorda ou não com a afirmação feita, mas também em que medida concorda com as afirmações feitas.

Tabela 3.2 - Conversão da escala verbal em escala numérica

| Verbal | Numérica |
|--------------------------|-----------------|
| Concordo totalmente | 7 |
| Concordo em grande parte | 6 |
| Concordo em parte | 5 |
| Indiferente | 4 |
| Discordo em parte | 3 |
| Discordo em grande parte | 2 |
| Discordo totalmente | 1 |

Fonte: Adaptado de Gonçalves & Mota, 2011

iv) as classes para as quais as alternativas devem ser designadas são os níveis de maturidade dos liderados:

- Maturidade baixa – M1;
- Maturidade entre baixa e moderada – M2;
- Maturidade entre moderada e alta – M3;
- Maturidade alta – M4.

As avaliações de cada alternativa segundo cada critério estão ilustradas na Tabela 3.3. Estas avaliações foram feitas pelos líderes utilizando a escala Likert de sete pontos.

Tabela 3.3 - Matriz de avaliação das alternativas segundo o líder

| Liderados | Critérios | | | | | | | | | | Categoria inicial | Categoria revisada |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-------------------|--------------------|
| | g ₁ | g ₂ | g ₃ | g ₄ | g ₅ | g ₆ | g ₇ | g ₈ | g ₉ | g ₁₀ | | |
| L1 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 | 7 | 7 | 7 | 6 | 2 | 4 | 3 |
| L2 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 5 | 7 | 4 | 4 |
| L3 | 4 | 5 | 4 | 6 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 3 | 2 |
| L4 | 6 | 5 | 5 | 4 | 7 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 3 | 3 |
| L5 | 5 | 5 | 2 | 5 | 7 | 4 | 6 | 5 | 5 | 7 | 2 | 1 |
| L6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 5 | 7 | 5 | 4 | 6 | 2 | 2 |
| L7 | 6 | 4 | 5 | 6 | 7 | 5 | 6 | 6 | 5 | 6 | 4 | 4 |
| L8 | 6 | 5 | 6 | 5 | 5 | 5 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 3 |
| L9 | 7 | 7 | 6 | 6 | 7 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 |
| L10 | 6 | 3 | 5 | 6 | 2 | 7 | 5 | 7 | 2 | 1 | 1 | 1 |

Fonte: Adaptado de Gonçalves & Mota, 2011

3.2 Aplicação do modelo de inferência

Esta sessão apresenta os resultados da aplicação do modelo ELECTRE TRI $M\pi$. Conforme mencionado, os dados numéricos para aplicação do modelo proposto estão baseados no trabalho de Gonçalves & Mota (2011). O objetivo desta aplicação é obter os pesos dos critérios utilizados para avaliação dos liderados segundo as classes de maturidade para posterior aplicação do modelo ELECTRE TRI.

Para aplicação do modelo de inferência, é definido um subconjunto A^* de liderados (Tabela 3.3) para os quais o decisor tem preferências claras e cuja quantidade de elementos deste conjunto contém informação suficiente.

O nível de corte inicial para aplicação do modelo é estabelecido em $\lambda=0,65$ e os pesos dos critérios, conforme recomendação de Mousseau & Slowinski (1998), por falta de qualquer informação inicial, foram definidos como iguais (para todos os critérios), com valor igual a 1 (e posteriormente normalizados para proceder a aplicação).

De acordo com a Equação (2.19), o valor de α deve ser o menor valor entre x_k e y_k – tem-se o valor inicial $\alpha=-0,15$.

Os dados iniciais acima descritos são utilizados para aplicar o modelo de inferência, cujo problema de otimização (Equações 2.11 a 2.18) é resolvido pelo Solver do Microsoft Excel 2007.

Conforme recomendação de Mousseau et al. (2001), como nenhum critério é dominante é inserida a restrição a seguir (Equação 3.1). Além disso, é adicionada a restrição de que os pesos de cada critério teriam que ser maiores que 0,03.

$$k_j \leq 0,2 \sum_{i=1}^m k_i, \forall j \in F \quad (3.1)$$

Os valores de x_k e y_k estão apresentados na Tabela 3.4 a seguir e foram calculados de acordo com o procedimento de inferência de Mousseau et al. (2001).

Tabela 3.4 – Valores das variáveis de folga

| Alternativas | x_k | y_k |
|--------------|--------|--------|
| L1 | 0.0387 | 0.6387 |
| L2 | 0.1613 | 0.6387 |
| L3 | 0.1313 | 0.0387 |
| L4 | 0.3613 | 0.0513 |
| L5 | 0.3313 | 0.0438 |
| L6 | 0.3613 | 0.0387 |
| L7 | 0.1013 | 0.6387 |
| L8 | 0.3613 | 0.2037 |
| L9 | 0.3313 | 0.6387 |
| L10 | 0.3613 | 0.1013 |

Após o procedimento de otimização tem-se o valor de $\lambda=0,6387$, $\alpha=-0,0387$ e os pesos dos critérios estão representados na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 - Valores encontrados para os pesos dos critérios

| g_1 | g_2 | g_3 | g_4 | g_5 | g_6 | g_7 | g_8 | g_9 | g_{10} |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| 0.2 | 0.03 | 0.03 | 0.03 | 0.14 | 0.175 | 0.03 | 0.042 | 0.2 | 0.123 |

Uma vez determinados os pesos dos critérios, estes são inseridos como parâmetros de entrada do modelo ELECTRE TRI para obtenção da classificação dos demais liderados que estão sendo avaliados. Vale salientar que devem ser realizadas atualizações periódicas das avaliações utilizadas como entrada do modelo de inferência e, conseqüentemente, para aplicação do modelo ELECTRE TRI considerando também o fato de que a maturidade dos liderados pode estar em constante mudança.

A idéia do modelo ELECTRE TRI neste capítulo é fornecer a classificação de alternativas em categorias de níveis de maturidade para posterior prescrição de um estilo de liderança mais adequado a ser adotado pelo líder. Tanto a metodologia de inferência quanto a aplicação do modelo ELECTRE TRI devem ser de conhecimento de um analista – participante do processo decisório com o papel de apoiar o decisor na aplicação do modelo e análise do problema. Segundo Vinke (1992) e Roy (1996) o analista é um facilitador que além de auxiliar na estruturação e solução do problema, também ajuda o decisor na sua visualização.

A seção seguinte faz uma breve discussão sobre a aplicação apresentada, no contexto apresentado.

3.3 Discussão

Foi proposta neste capítulo uma estrutura para classificação dos liderados quanto ao seu nível de maturidade. Para tanto, foi utilizado o modelo de inferência de parâmetros de Mousseau et al. (2001) para inferir os pesos dos critérios de avaliação.

Esta modelagem é utilizada, dentre outros fatores, por se considerar que a avaliação da maturidade dos liderados deve partir da análise destes, pelos critérios considerados no modelo, sem que uma avaliação muito positiva em um critério de maturidade no trabalho venha compensar uma muito negativa em um critério de maturidade psicológica, e vice-versa.

Em uma situação em que a quantidade de liderados a ser avaliada é extensa, o problema de designação destes a uma categoria de maturidade apropriada pode se tornar muito complexo. Além disso, o esforço cognitivo para avaliação pode ser extremamente alto e levar a resultados inconsistentes. A modelagem multicritério permite modelar este problema e fornecer resultados satisfatórios, pois possibilita tratar das subjetividades inerentes a uma avaliação qualitativa. O método de inferência ELECTRE TRI, utilizado neste capítulo considerou o julgamento do decisor enquanto seus esforços para atribuição dos liderados às suas respectivas categorias de maturidade (exemplos de atribuição) foram possíveis, sem discrepâncias. Isto porque esta atribuição inicial é, justamente, a base de informação que o modelo utilizou para realizar a inferência dos pesos dos critérios por meio de um modelo de otimização. No entanto, é preciso enfatizar que quanto mais seguro estiver o líder sobre suas designações iniciais, mais confiáveis serão os resultados.

Com relação à Liderança Situacional, apesar das críticas ao modelo de Hersey & Blanchard (1986) concernentes à possível inexistência de liderados que possuam os perfis adequados a cada categoria, o modelo de inferência $M\pi$ possibilita a construção de um modelo ELECTRE TRI capaz de absorver esta lacuna e prever uma classificação coerente. Isto porque as atribuições utilizadas como entradas do modelo de inferência, de acordo com recomendações de utilização do modelo, devem ser feitas com segurança pelo decisor, ou seja, este não deve levantar dúvidas sobre estas atribuições. Desta forma, o modelo de inferência

pode conduzir a resultados satisfatórios e condizentes com a realidade da problemática em análise.

Nos resultados encontrados observou-se uma variação muito grande no valor dos pesos dos critérios. Estes resultados levam à discussão de que outros critérios podem ser utilizados para avaliar os liderados no sentido de se obter uma forma mais exaustiva de investigar a sua maturidade. A formulação da teoria da Liderança Situacional também foi discutida por Eslami et al. (2005) os quais argumentam que o comportamento adotado pela liderança é afetado por uma abrangência maior de fatores além dos mencionados no modelo da Liderança Situacional.

Esta colocação pode ser consistente e também estimula uma investigação acerca dos critérios que podem ser relevantes na avaliação dos liderados. Entretanto, é preciso salientar que a proposta deste capítulo não diz respeito à proposição de uma teoria de liderança, mas sim a modelagem de uma teoria já existente no intuito de torná-la mais eficaz. Porém, a possibilidade de avaliação de outros critérios não configura uma mudança na teoria, mas sim a busca de uma forma mais completa de identificar a maturidade dos liderados.

A proposta apresentada pode ser vista como algo mais amplo e não deve ser limitada a teoria sobre liderança aqui estudada, deve, porém, ser entendida como um estudo inicial que pode ser aplicado em qualquer teoria de liderança que parta da análise, sob vários critérios, dos indivíduos a serem avaliados. Os critérios para análise dos liderados são particularidades da teoria adotada para este estudo, assim como as questões levantadas para identificar as medidas de determinadas características nos indivíduos, e ainda, o instrumento de coleta destas características.

É preciso destacar também a dificuldade em se estabelecer avaliações precisas dos liderados, assumindo que se tratam de critérios subjetivos para avaliar “ações” subjetivas. A utilização de um método multicritério é apropriada como forma de apoiar a decisão e estruturar o problema em questão. Além disso, o método de sobreclassificação ELECTRE TRI demonstrou grande aplicabilidade ao contexto apresentado. Aliado a este fato, o modelo de inferência possibilitou ao decisor a utilização do ELECTRE TRI sem que fosse necessário estabelecer os parâmetros de entrada – uma grande dificuldade para o decisor, dado o contexto apresentado.

4 MODELO MULTICRITÉRIO DE SOBRECLASSIFICAÇÃO FUZZY BASEADO EM α -CUTS

Este capítulo apresenta uma proposta de modelo de sobreclassificação para avaliação dos liderados, considerando o caráter impreciso inerente a este problema subjetivo, e as incertezas relativas às avaliações dos liderados.

A motivação da construção deste modelo se deu pela busca de soluções para o problema de avaliação dos liderados. O problema consiste em identificar o nível de maturidade dos liderados e diante desta informação, prescrever o estilo de liderança mais adequado a ser empregado pelo líder.

A estruturação deste problema converge para problemática de classificação, onde os liderados devem ser designados para classes que indiquem seu nível de maturidade. Todavia, a análise e a busca de solução para este problema apontam para duas questões: a primeira é a dificuldade por parte do decisor em determinar as classes que definem a maturidade dos liderados; a segunda é a dificuldade em avaliar a maturidade dos liderados de forma precisa. Estas questões são consideradas merecedoras de uma atenção especial devido ao fato de o problema de definição da maturidade dos liderados exigir muitas avaliações subjetivas e imprecisas.

Em busca de um modelo capaz de incorporar esta imprecisão levanta-se a possibilidade de que tanto a avaliação dos liderados segundo os critérios estabelecidos quanto a definição das classes de atribuição possam ser consideradas como tendo um comportamento *fuzzy*. Diante deste contexto, é proposto um modelo multicritério de sobreclassificação *fuzzy*.

O procedimento de classificação proposto leva em conta as relações de sobreclassificação e a característica *fuzzy* das avaliações. A proposta é designar os liderados para categorias *fuzzy* pré-definidas, que indiquem seus níveis de maturidade, considerando a imprecisão da definição das classes e a dificuldade encontrada pelo tomador de decisão ao realizar as designações dos liderados às classes de maturidade.

4.1 Caracterização do problema

No modelo proposto cada categoria de maturidade é definida *a priori* por um número *fuzzy* e, respeitando o pressuposto 1, não há sobreposição entre elas. As avaliações dos liderados resguardam informações incompletas e subjetivas - de caráter *fuzzy*.

A formulação proposta tomou como base a abordagem do método de sobreclassificação ELECTRE TRI-C, fundamentada em seus pressupostos, sem considerar a discordância.

Este método é utilizado como base para formulação do modelo proposto, em detrimento do ELECTRE TRI, por ter se verificado dificuldade, por parte do decisor, em determinar os limites superior e inferior das classes, o que no ELECTRE TRI-C acontece de forma diferente: as alternativas são comparadas com ações de referência para proceder à classificação (Almeida-Dias et al., 2010).

A proposta é comparar a avaliação da maturidade dos liderados com classes que representam as maturidades de referência, as quais são definidas por números *fuzzy*.

A fim de representar as classes de maturidade, para as quais os liderados devem ser designados, é escolhida a função triangular. A avaliação do nível de maturidade também é feita mediante a utilização de funções triangulares, isto porque, há uma maior facilidade na manipulação de números *fuzzy* triangulares, do que nos demais formatos, e ainda, podem proporcionar resultados satisfatórios (Aouam et al., 2003; Pérez-Gladish et al., 2010).

Com o objetivo de auxiliar na formulação e solução do problema apresentado, é desenvolvida uma ferramenta gráfica, conforme descrição no tópico a seguir.

4.2 Interface gráfica para avaliação das ações

A utilização de uma ferramenta gráfica tem, em primeiro lugar, a função de tornar o entendimento do problema mais claro com respeito à sua característica *fuzzy* e ainda, prover uma ilustração do processo de sobreclassificação. A segunda razão para o uso da ferramenta é que esta pode ser uma interface para avaliar ações e, portanto, é uma forma de facilitar a educação dos julgamentos do decisor com relação às alternativas - por se tratar de uma maneira mais intuitiva de avaliação.

A necessidade de uso desta ferramenta surgiu a partir da dificuldade, encontrada pelo líder, em avaliar precisamente os liderados. A possibilidade de avaliar os liderados a partir desta interface visa reduzir os esforços do líder ao emitir seu julgamento, e ainda, prover avaliações mais reais.

A ideia é organizar em um gráfico, como o exemplo da Figura 4.1 (ilustrando o critério g_1), as categorias de maturidade, que são funções triangulares *fuzzy*, para cada critério de

avaliação dos liderados; e as avaliações destes, as quais são funções triangulares baseadas no julgamento do líder.

Ao longo da linha que representa o critério g_1 estão as classes de maturidade *fuzzy* para as quais os liderados devem ser designados. As avaliações dos liderados são funções triangulares *fuzzy*, conforme representação na Figura 4.1 pelo TFN hachurado, o qual é um número *fuzzy* normalizado e convexo.

A facilidade de uso é uma grande vantagem desta ferramenta, que funciona conforme a seguir: primeiramente, os critérios (g_1, g_2, \dots, g_n) utilizados para avaliar as ações precisam ser determinados. A partir daí, as ações de referência, que representam as categorias são definidas. Estas ações de referência são funções *fuzzy* triangulares, conforme representação no gráfico pelos TFNS M_1, M_2, M_3 e M_4 , e representam os graus de maturidade dos liderados. O próximo passo é proceder a classificação das ações deslizando o triângulo ABC (avaliação da ação) ao longo da linha que representa as categorias para proceder à classificação, de acordo com o critério g_1 .

Finalmente, o decisor irá avaliar seu “grau de segurança” quanto à avaliação das ações, com o auxílio de termos lingüísticos, juntamente com a representação gráfica. A utilização de variáveis lingüísticas, de acordo com Zadeh (1975) auxilia no tratamento de situações complexas, quando se torna difícil quantificar variáveis precisamente.

São consideradas neste problema três variáveis lingüísticas (graus de “precisão”) para a avaliação do liderado (Tabela 4.1). Entanto, é preciso ressaltar que a quantidade de níveis indicadores da “precisão” da avaliação pode variar de problema para problema. E ainda, esta precisão não é plena, pois se assim fosse, não seria necessário utilizar um número *fuzzy*. A variação da precisão é uma forma de “medir” o grau de *fuzzyness* da avaliação.

Tabela 4.1 – Precisão da avaliação dos liderados

| Número <i>fuzzy</i> | Precisão da avaliação |
|---------------------|--|
| A''BC'' | O líder apresenta segurança quanto à avaliação do liderado |
| A'BC' | O líder apresenta pouca segurança quanto à avaliação do liderado |
| ABC | O líder apresenta insegurança quanto à avaliação do liderado |

A proposta é que o decisor indique a precisão de sua avaliação pela escolha de uma dentre as três avaliações de forma a estabelecer a segurança com que o faz, conforme as variações representadas pelos números triangulares *fuzzy*, da seguinte forma:

- O número *fuzzy* triangular ABC: ao optar por este número *fuzzy*, o líder demonstra um alto grau de insegurança com relação à precisão de sua avaliação. Neste caso o líder se mostra bastante inseguro quanto à avaliação do liderado;
- O número *fuzzy* triangular A'BC': neste caso o líder não consegue determinar com segurança a avaliação da maturidade do liderado, entretanto, apresenta algum grau de segurança;
- O número *fuzzy* triangular A''BC'': este número *fuzzy* representa o maior grau de precisão que o líder consegue alcançar ao avaliar o liderado. Entretanto, mesmo estando mais seguro quanto a esta avaliação, deve-se observar que o líder não possui segurança total para avaliar o liderado de forma determinística e devido a isso, este maior grau de precisão é representado por um número *fuzzy*.

É preciso ressaltar que este processo é interativo e tanto a definição do “*fuzziness*” da avaliação, quanto a classificação propriamente dita são passíveis de ajustes até que o decisor se sinta capaz de concluir a avaliação que está realizando.

Conforme representação da Figura 4.1 se torna mais fácil para o líder avaliar a precisão do número *fuzzy* que representa a avaliação de um determinado liderado pela simples variação na amplitude do número *fuzzy*. Nesta ilustração, como se pode observar, é representada a variação da precisão da avaliação do liderado para o mesmo critério, onde o líder demonstra “segurança” (a), “pouca segurança” (b) e “insegurança” (c).

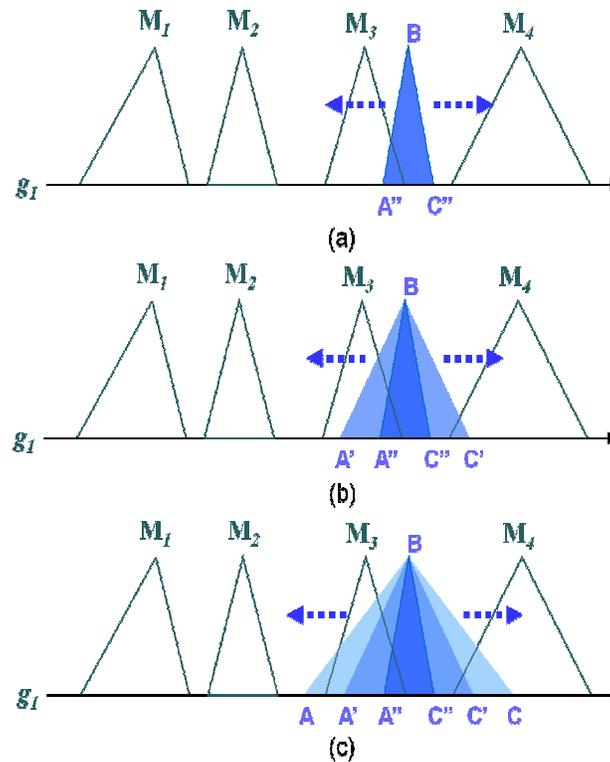


Figura 4.1 - Ferramenta gráfica para auxiliar na representação e avaliação das ações

A Figura (4.2) ilustra a avaliação de um liderado qualquer para três critérios distintos, g_1 , g_2 e g_3 , supondo o caso em que as classes para definição das maturidades de referência variem de critério para critério. Este gráfico, além de representar a precisão da avaliação, representa a classificação propriamente dita, pois como se pode observar, a avaliação desliza pelo eixo horizontal “passando” pelas classes de referência que definem os níveis de maturidade.

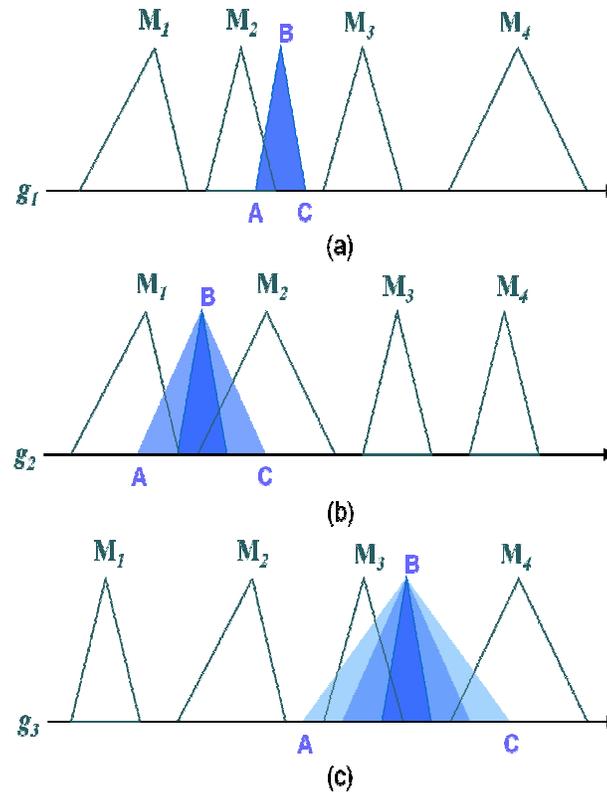


Figura 4.2 – Exemplo da ferramenta gráfica para avaliação segundo 3 critérios distintos

A ferramenta apresentada acima objetiva apoiar o processo de decisão por meio de um procedimento que possa facilitar a solução do problema e auxiliar na extração de informações consistentes do decisor.

Esta interface gráfica é uma ferramenta que pode ajudar o decisor a compreender melhor o problema e avaliar as ações de forma mais clara. E ainda, fornece uma interface amigável para tal avaliação, onde o decisor pode lidar com o problema sem “pensar” em valores exatos, e fazer as avaliações das ações somente por meio da manipulação do gráfico.

4.3 Modelo de sobreclassificação fuzzy proposto com base em α -cuts

O problema que se propõe solucionar se refere à designação de alternativas (liderados) a categorias (classes de maturidade), mediante as dificuldades que podem ser enfrentadas pelo decisor na definição das classes de maturidade e das avaliações dos liderados. Para tanto, é proposto um modelo de sobreclassificação com base na abordagem do ELECTRE TRI-C, onde as classes que definem a maturidade dos liderados são determinadas por “ações de

referência *fuzzy*”, e as avaliações dos liderado, também são consideradas como tendo um comportamento *fuzzy*.

A relação de sobreclassificação utilizada neste modelo é construída por meio da utilização de intervalos, chamados α -cuts, conforme representação na Figura 4.3, e é justificada, inclusive, pela facilidade de cálculo que seu uso proporciona (Gheorghe et al., 2004, Lu & Wang, 2005).

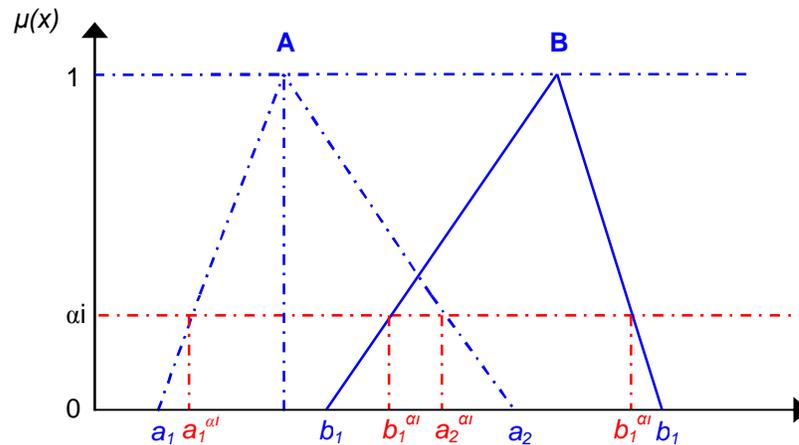


Figura 4.3 –Representação do α -cut

Considerando dois números *fuzzy* triangulares A e B, normalizados e convexos, caracterizados por suas funções de pertinência μ_A e μ_B : o α_i -cut define os intervalos $(a_1^{\alpha_i}, a_2^{\alpha_i})$ para A, e $(b_1^{\alpha_i}, b_2^{\alpha_i})$ para B, onde $i = \overline{1, N}$, e N é o número de α -cuts. Considerando o número triangular *fuzzy* (a_1, a_2, a_3) , os intervalos α -cuts podem ser encontrados pela seguinte Equação (Giachetti & Young, 1997):

$$[(a_2 - a_1)\alpha + a_1, (a_2 - a_3)\alpha + a_3], \quad \forall \alpha \in]0,1] \tag{4.1}$$

Para cada α -cut determinado é definido um intervalo, por meio da Equação (4.1), e com base nestes intervalos são construídos índices de sobreclassificação, cuja agregação irá determinar a relação de sobreclassificação mono-critério. Esta agregação pode ser realizada pela média ponderada dos índices α -cut $(S^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}))$, definidos nas equações (4.2 e 4.3). A ponderação destes índices permite ao decisor a flexibilidade de definir a importância de cada nível α -cut durante a agregação (Gheorghe et al., 2004).

A avaliação dos conjuntos *fuzzy* A e B é baseada na definição da relação de sobreclassificação (Perny & Roy, 1992), estendida aos intervalos construídos pelo nível α -cut em A e B. À medida que o intervalo a^{α_i} (Figura 4.3) é projetado para a direita, o grau de sobreclassificação de A em relação a B aumenta (Gheorghe et al., 2004).

Os índices que representam a relação de sobreclassificação são: o *left α_i -cut index* e o *right α_i -cut index*. Ambos são definidos para o caso de maximização, quando o maior valor de uma performance é preferível a um menor; e de minimização, quando o menor valor de uma performance é preferível a um maior.

Para cada nível α_i -cut, um índice α_i -cut é definido como uma função RxR em [0,1], para cada par de alternativas (a,b), representados, respectivamente, pelos números *fuzzy* A e B da seguinte forma:

$$\text{Maximização: } S_{\max}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) = (1-k) * S_{l_{\max}}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) + k * S_{r_{\max}}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) \quad (4.2)$$

$$\text{Minimização: } S_{\min}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) = (1-k) * S_{r_{\min}}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) + k * S_{l_{\min}}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) \quad (4.3)$$

Onde $k \in [0,1]$ e representa o grau de otimismo do decisor, o qual progride de 0 a 1, conforme Liou & Wang (1992). No modelo proposto será considerado o grau de otimismo igual a 0,5, mesmo porque esta análise de otimismo do decisor não está sendo considerada no modelo proposto.

Para cada nível α_i -cut, um índice à esquerda, $S_l^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i})$ é definido como uma função de RxR em [0,1], onde R é o conjunto dos números reais:

$$\text{Maximização: } S_{l_{\max}}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) = \begin{cases} 0, & a_2^{\alpha_i} < b_1^{\alpha_i}, \\ \frac{a_2^{\alpha_i} - b_1^{\alpha_i}}{a_2^{\alpha_i} - a_1^{\alpha_i}}, & a_1^{\alpha_i} < b_1^{\alpha_i} \leq a_2^{\alpha_i} \\ 1, & a_1^{\alpha_i} \geq b_1^{\alpha_i}. \end{cases} \quad (4.4)$$

Para cada nível α_i -cut, um índice à direita, $S_r^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i})$ é definido como uma função de RxR em [0,1], onde R é o conjunto dos números reais:

$$\text{Maximização: } S_{r_max}^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i}) = \begin{cases} 0, & a_2^{\alpha_i} < b_1^{\alpha_i}, \\ \frac{a_2^{\alpha_i} - b_1^{\alpha_i}}{b_2^{\alpha_i} - b_1^{\alpha_i}}, & b_1^{\alpha_i} \leq a_2^{\alpha_i} < b_2^{\alpha_i} \\ 1, & a_2^{\alpha_i} \geq b_2^{\alpha_i}. \end{cases} \quad (4.5)$$

Da mesma forma, um índice à direita, $S_r^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i})$ e um índice à esquerda, $S_l^{\alpha_i}(a^{\alpha_i}, b^{\alpha_i})$, são definidos para o caso de minimização, para a situação onde se quer minimizar o valor das avaliações.

Uma relação mono-critério de sobreclassificação “S_k”, associada ao critério “g_k”, é definida para os casos de maximização (Equação 4.2) e de minimização (Equação 4.3). A relação global de sobreclassificação “S” é definida pela agregação das relações mono-critério “S_k” considerando os pesos de cada critério “g_k” (Gheorghe et al., 2005).

O item a seguir apresenta um exemplo numérico de aplicação do modelo proposto neste capítulo.

4.4 Exemplo numérico

São considerados, para aplicação numérica do modelo proposto, quatro liderados, cujas avaliações quanto aos seus graus de maturidade são denominadas por l₁, l₂, l₃ e l₄, e três critérios para avaliação da maturidade, g₁, g₂ e g₃. O valor do parâmetro k, conforme mencionado será considerado como 0,5.

Para efeito de cálculo será considerado apenas um índice α -cut igual a 0,25.

Os graus de maturidade dos liderados são representados pelas classes de referência, denotadas por {M1, M2, M3}, e são definidos por um conjunto de ações características, B = {b₀, b₁, ..., b₅}. Estas são representadas por números *fuzzy* e são consideradas como sendo as mesmas para todos nos critérios, com os seguintes valores: b₀(0,0,0), b₁(1,0,2,5,3,0), b₂(3,3,3,8,4,0), b₃(4,5,5,0,6,0) e b₄(7,0,7,0,7,0).

As avaliações dos liderados (l₁, l₂, l₃, l₄) são números triangulares *fuzzy* e seus valores estão apresentados na Tabela 4.2. Elas assumem valores numéricos para o intervalo α -cut, para cada critério, e esses valores são utilizados para calcular o índice de sobreclassificação.

Tabela 4.2 - Avaliações dos liderados nos três critérios

| Liderados | Critérios | | |
|-----------|---------------|---------------|---------------|
| | g_1 | g_2 | g_3 |
| l_1 | (2,0,3,0,3,5) | (2,0,2,0,3,0) | (2,0,2,0,3,0) |
| l_2 | (2,0,3,0,5,0) | (3,0,4,0,5,0) | (3,0,3,0,4,0) |
| l_3 | (3,0,4,0,5,0) | (4,0,5,0,5,0) | (3,0,5,0,5,0) |
| l_4 | (3,0,4,0,4,0) | (4,0,6,0,6,0) | (4,0,5,0,6,0) |

Considerando os pesos dos critérios utilizados para avaliação da maturidade como $w_j=(0.25.0.35.0.40)$, a Tabela 4.3 abaixo apresenta os índices de sobreclassificação para todos os critérios:

Tabela 4.3 - Valores dos índices de sobreclassificação

| Liderados | s(a,b) | | | s(b,a) | | |
|-----------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|
| | b_1 | b_2 | b_3 | b_1 | b_2 | b_3 |
| l_1 | 0,971 | 0,000 | 0,000 | 0,700 | 1,000 | 1,000 |
| l_2 | 1,000 | 0,860 | 0,384 | 0,104 | 0,858 | 1,000 |
| l_3 | 1,000 | 0,983 | 0,423 | 0,000 | 0,423 | 1,000 |
| l_4 | 1,000 | 0,965 | 0,379 | 0,000 | 0,290 | 0,971 |

Para validar a afirmação “a sobreclassifica b” é considerado o índice de credibilidade como $\lambda=0,5$ e uma análise de sensibilidade é conduzida considerando o valor do índice de credibilidade como sendo $\lambda=0.8$.

A Tabela 4.4 apresenta os resultados do processo de classificação, para ambos os valores de λ . Este resultado indica o grau de maturidade dos liderados.

Tabela 4.4 - Resultados da classificação dos liderados

| Liderados | $\lambda = 0.5$ | | $\lambda = 0.8$ | |
|-----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Menor categoria | Maior categoria | Menor categoria | Maior categoria |
| l_1 | M1 | M1 | M1 | M1 |
| l_2 | M2 | M2 | M2 | M2 |
| l_3 | M2 | M3 | M2 | M3 |
| l_4 | M3 | M3 | M3 | M3 |

Conforme os resultados encontrados, a atribuição dos liderados se manteve a mesma, mesmo mediante um diferente valor do parâmetro λ . Este comportamento da classificação pode significar um grau de robustez elevado da aplicação

4.5 Discussão

Como benefício desta proposta tem-se que a utilização da teoria dos conjuntos *fuzzy* permitiu modelar a característica subjetiva e imprecisa da avaliação dos liderados ao possibilitar que o líder definisse um número *fuzzy* onde seu julgamento está inserido, ao invés de um valor determinístico.

Além disto, por se tratar de um problema de classificação onde as classes têm um comportamento *fuzzy*, o que inclusive é um problema comumente encontrado, a modelagem multicritério *fuzzy* se mostrou totalmente aderente.

Apesar de todas as vantagens que o modelo proposto apresenta para apoiar o decisor, o processo de avaliação dos liderados, em alguns casos, pode ser complexo, impreciso e complicado para o decisor. A fim de superar esta dificuldade, é elaborada uma ferramenta gráfica para atuar como interface na determinação das avaliações dos liderados. Esta ferramenta representa um grande facilitador para o decisor por permitir uma forma de avaliar em que não seja necessária a determinação dos valores exatos das funções que representam as avaliações *fuzzy*. Pela utilização do gráfico, o líder pode realizar a avaliação de forma mais intuitiva e assim, reduzir os possíveis erros relativos à obrigação de determinar valores numéricos diretamente.

O modelo proposto é motivado por um problema real, que é a determinação do nível de maturidade dos liderados a fim de prescrever o melhor estilo de liderança a ser adotado. Entretanto, percebe-se que este modelo pode ser aplicado em diversos problemas de classificação com característica *fuzzy*, o que na vida real, acontece com grande frequência.

5 MODELO MULTICRITÉRIO DE CLASSIFICAÇÃO DE TFNS COM BASE EM SUAS ÁREAS

A solução proposta para o problema de definição do nível de maturidade do liderado indica a classificação destes quanto ao seu grau de maturidade, utilizando números *fuzzy* triangulares, tanto para avaliá-los quanto para definir as classes de maturidade. A utilização de números *fuzzy* é decorrente da dificuldade encontrada pelo decisor em utilizar avaliações determinísticas.

Estas questões são levantadas no capítulo 4, onde são utilizados intervalos α -cuts para construção das relações de sobreclassificação e a partir daí é proposto um modelo multicritério, de caráter *fuzzy*, para classificar os liderados.

No presente capítulo, é proposto um modelo de sobreclassificação onde são utilizadas as áreas dos números *fuzzy* para construir as relações de preferência. Para tanto, é construída uma relação, chamada de K, para comparar os números *fuzzy* com base em suas áreas.

Espera-se com isso que o modelo possa ser utilizado em avaliações bastante imprecisas, onde a determinação dos intervalos definidos pelos α -cuts não seja suficiente para mensurar o grau de sobreclassificação, ou ainda, que a quantidade de intervalos α -cut necessária para prover informação suficiente para avaliar a sobreclassificação seja extensa.

Diante do exposto, é proposta a utilização da área dos números *fuzzy*, por meio da relação de preferência K, para proceder sua classificação dos liderados, com base na abordagem de sobreclassificação explorada pelo modelo ELECTRE TRI-C.

O tópico seguinte apresenta alguns conceitos introdutórios para uma melhor compreensão do modelo proposto.

5.1 Conceitos introdutórios sobre a análise de TFNS utilizando suas áreas

Para o modelo *fuzzy* proposto é utilizada a função de pertinência triangular, tanto para representar as classes de maturidade para as quais os liderados devem ser designados, quanto para a avaliação destes de acordo com os critérios do formulário de avaliação (Anexo 1).

De acordo com Zimmermann (1987) uma relação de preferência *fuzzy* R em um conjunto A é um conjunto *fuzzy* em $A \times A$ tal que $\mu_R: A \times A \rightarrow [0, 1]$.

O modelo de classificação proposto é construído com base no método de Tseng & Klein (1989) que utiliza a distância de Hamming para expressar as relações de preferência *fuzzy*. Estes autores desenvolveram, baseando-se no conceito de diferença, a noção de dominância e indiferença e a utilizaram para ordenar números *fuzzy*. Estas noções estão descritas, de forma simplificada, a seguir:

Considerando dois números *fuzzy* triangulares A e B, os quais são normalizados, i.e., $\max_{x \in R} \mu_A(x) = 1$, convexos, i.e., $\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2)) \quad \forall x_1, x_2 \in R$ e $\forall \lambda \in [0,1]$, e caracterizados por suas funções de pertinência μ_A e μ_B (Klir & Yuan, 1995; Almeida-Dias, 2008), tem-se que:

- i. Se há uma área de sobreposição entre estes dois números, então pode-se considerar que A e B são indiferentes um ao outro nesta área;
- ii. Se há uma ou mais áreas onde não há sobreposição, então, nestas áreas, ou A domina B ou B domina A

As Figuras 5.1 e 5.2 (abaixo) representam as possíveis situações de dominância e indiferença quando há ou não sobreposição (Tseng & Klein, 1989):

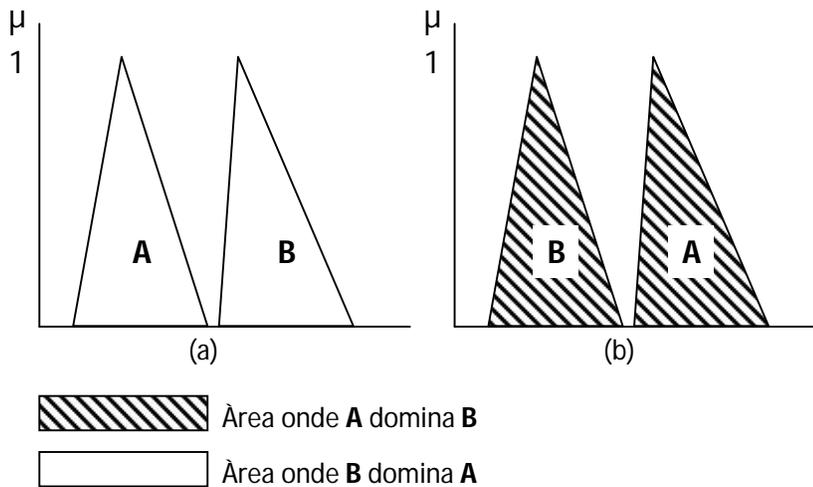


Figura 5.1 – Possíveis situações de dominância entre números fuzzy não- sobrepostos

Fonte: Adaptado de Tseng & Klein (1989)

Conforme observado na Figura 5.1, é nítida a dominância de B sobre A em (a), e de A sobre B em (b), pois não há sobreposição entre as ações A e B.

Na Figura 5.2 são apresentadas as cinco possíveis situações que podem ocorrer ao comparar uma ação A com outra ação B.

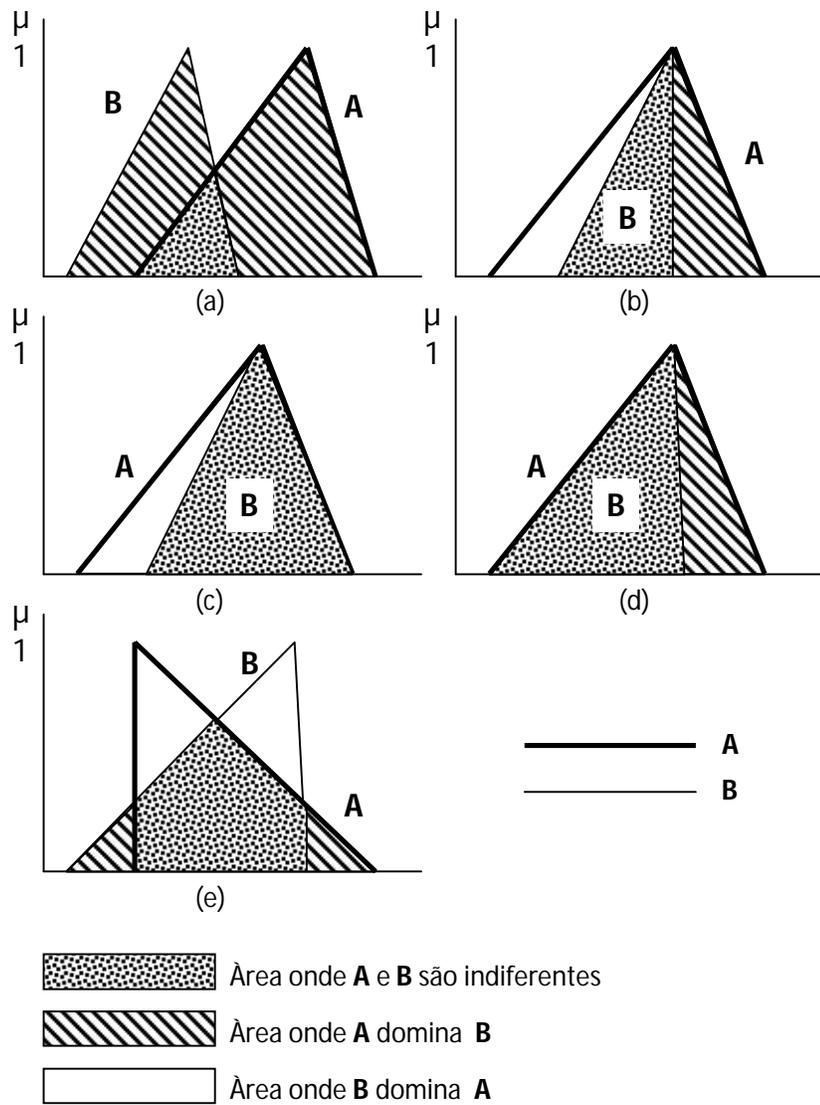


Figura 5.2 – Possíveis situações de indiferença e dominância entre números fuzzy sobrepostos

Fonte: Adaptado de Tseng & Klein (1989)

A partir do exposto, Tseng & Klein (1989) definem as relações de preferência entre dois números fuzzy A e B (equações 5.1 e 5.2), as quais indicam o grau com que A é preferível ou indiferente a B e vice versa, conforme a seguir:

$$R(A, B) = \frac{(\text{áreas onde A domina B}) + (\text{áreas onde A e B são indiferentes})}{(\text{área de A}) + (\text{área de B})} \tag{5.1}$$

$$R(B, A) = \frac{(\text{áreas onde } B \text{ domina } A) + (\text{áreas onde } A \text{ e } B \text{ são indiferentes})}{(\text{área de } A) + (\text{área de } B)} \quad (5.2)$$

Pelas definições representadas pelas equações (5.3 e 5.4) pela definição da distância de Hamming, tem-se que na comparação de dois números *fuzzy*, as áreas não sobrepostas, isso é, a soma das áreas onde A domina B, a soma das áreas onde B domina A ou ambas, representam, na realidade a distância de Hamming entre dois números *fuzzy* A e B. Sendo assim, a distância de Hamming entre dois números *fuzzy* A e B, numa reta Real, corresponde a área em que não há sobreposição entre os números *fuzzy* (Tseng & Klein, 1989).

$$R(A, B) = \frac{D(A, B) + D(A \cap B, 0)}{D(A, 0) + D(B, 0)} \quad (5.3)$$

$$R(B, A) = \frac{D(B, A) + D(A \cap B, 0)}{D(A, 0) + D(B, 0)} \quad (5.4)$$

Onde:

$D(A, B)$ é a área onde A domina B;

$D(B, A)$ é a área onde B domina A;

$D(A, 0)$ é a área de A;

$D(B, 0)$ é a área de B;

$D(A \cap B, 0)$ é a área onde A e B são indiferentes.

A seguir é apresentado o modelo de classificação *fuzzy* proposto

5.2 Modelo multicritério proposto para classificação de TFNs com base em suas áreas

Considerando $A = \{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ como sendo as ações potenciais, $G = \{g_1, g_2, g_3, \dots, g_m\}$, com $m \geq 2$, um conjunto de m critérios, distintos, para avaliação das alternativas e $C = \{C_1, C_2, C_3, \dots, C_q\}$, com $q \geq 2$, um conjunto ordenado de categorias, definidas a priori, onde a categoria C_1 é a pior categoria e C_q é a melhor categoria. Cada categoria C_h é definida por uma ação de referência chamada de b_h , $h=1, 2, \dots, k$. Para $b_h = \{b_0, b_1, \dots, b_h, \dots, b_k, b_{k+1}\}$, b_0 e b_{k+1} são definidas da seguinte forma: $g_j(b_0)$ é a pior avaliação no critério g_j e $g_j(b_{k+1})$ é a melhor

avaliação no mesmo critério, $\forall g_j \in G$. Para qualquer ação a , tem-se $g_j(b_0) < g_j(a) < g_j(b_{k+1})$, $\forall g_j \in G$. E ainda, $\forall g_j \in G$, tem-se $g_j(b_1) - g_j(b_0) > 0$ e $g_j(b_{k+1}) - g_j(b_k) > 0$ (Almeida-Dias et al., 2010).

Tseng & Klein (1989) utilizaram as equações $R(A,B)$ e $R(B,A)$ para ordenar números *fuzzy*. Posteriormente esta formulação foi utilizada por Güngör & Arıkan (2000) e por Wang (1997) para expressar relações de preferência. Entretanto, observa-se que estas equações, da forma como são apresentadas, são impróprias para modelar uma relação de sobreclassificação. Um dos indícios para tal afirmação é que estes três últimos autores afirmaram que R expressa uma relação de preferência, baseados na assunção de que $R(A,B) + R(B,A) = 1$. No entanto, em uma relação de sobreclassificação, a soma destas duas relações de preferência resulta em um valor igual ou maior que 1.

Diante do exposto, é proposta outra formulação com base nas áreas dos números *fuzzy*, chamada de K , a qual será detalhada adiante.

A Equação K proposta faz com que a relação expressada entre as ações seja compreendida como uma relação de preferência com base na relação binária de sobreclassificação, seguindo sua definição.

A dominância entre ações pode ser observada visualmente por meio da observação das Figuras 5.1, 5.2 e 5.3. Com base nesta análise visual, percebe-se que para análise da relação de sobreclassificação a área onde A domina B envolve a área de indiferença, isto é, na relação R onde se considerava a área onde uma ação era preferível à outra, passou-se a considerar também a área de indiferença. Sendo assim, as equações 5.1 e 5.2 podem ser escritas da seguinte forma (equações 5.5 e 5.6):

$$K_j(A, B) = \frac{D(A, B) + 2 * D(A \cap B, 0)}{D(A, 0) + D(B, 0)} \quad (5.5)$$

$$K_j(B, A) = \frac{D(B, A) + 2 * D(A \cap B, 0)}{D(A, 0) + D(B, 0)} \quad (5.6)$$

A relação K pode ser analisada pela Tabela 5.1 onde estão apresentados alguns exemplos de análise da relação de sobreclassificação para as diversas possibilidades de comparação entre duas alternativas.

A Tabela 5.1 apresenta os resultados dos cálculos da relação R e da relação K, de forma comparativa a fim de esclarecer a afirmação de que a Equação K proposta trata de uma análise de sobreclassificação – o que fica claro pelas ilustrações e cálculos realizados.

Tabela 5.1 – Comparação entre os cálculos de R e de K'

| | TFN A | TFN B | $R_j(A,B)$ | $K_j(A,B)$ | $R_j(B,A)$ | $K_j(B,A)$ |
|-----------|---------------|----------------|------------|------------|------------|------------|
| Relação 1 | (2,0,3,0,4,0) | (2,0,3,0,4,0) | 0,500 | 1,000 | 0,500 | 1,000 |
| Relação 2 | (2,0,3,0,4,0) | (2,0,3,0,3,0) | 0,670 | 1,000 | 0,330 | 0,670 |
| Relação 3 | (2,0,3,5,5,0) | (3,0,3,5,4,0) | 0,500 | 0,750 | 0,500 | 0,750 |
| Relação 4 | (2,0,3,0,4,0) | (3,0,4,0, 5,0) | 0,125 | 0,250 | 0,870 | 1,000 |
| Relação 5 | (2,0,2,0,5,0) | (1,0,4,0,4,0) | 0,430 | 0,770 | 0,570 | 0,900 |
| Relação 6 | (3,0,3,0,6,0) | (1,0,4,0,4,0) | 0,690 | 0,940 | 0,310 | 0,560 |

A Figura 5.3 ilustra as relações de sobreclassificação apresentadas na Tabela 5.1. Na relação 1 (Figura 5.3(a)), o cálculo de $R(A,B)$ resulta em 0,5 e o cálculo de $K'_j(A,B)$ é 1,0. O cálculo de K indica total concordância com a afirmação A sobreclassifica B (da mesma forma para BSA), o que é nítido na figura que mostra total sobreposição entre as áreas dos números *fuzzy*. Analisando o cálculo de R, esta concordância resulta em 0,5, o que diverge da definição de sobreclassificação.

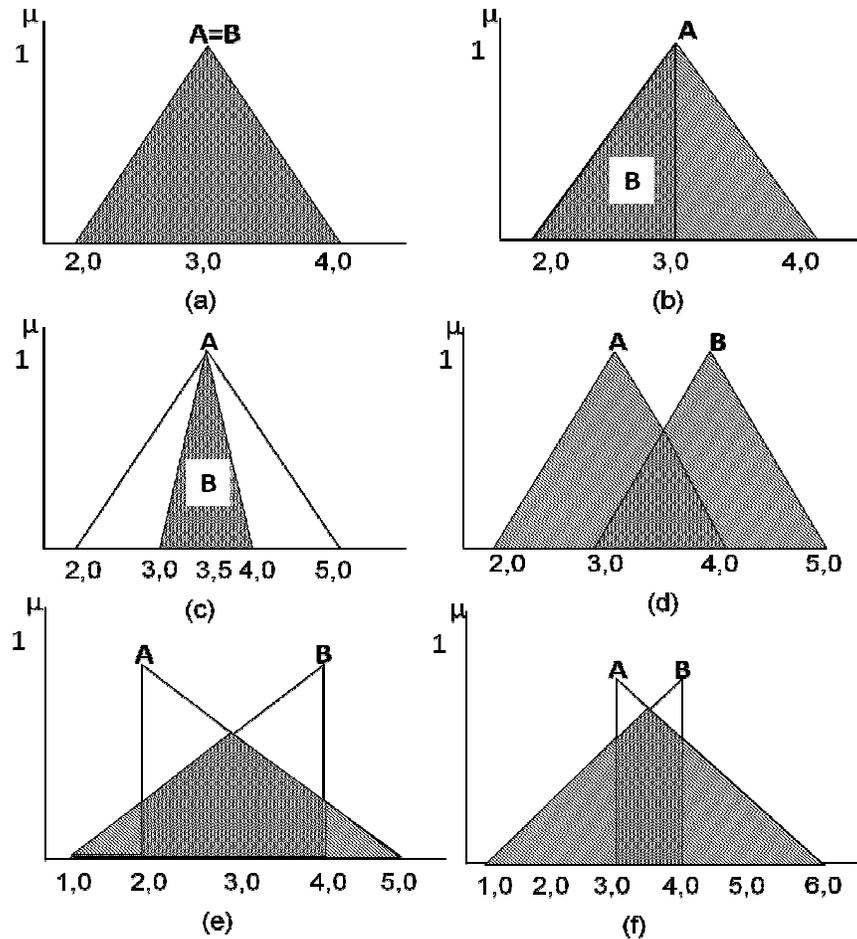


Figura 5.3 – Ilustração das relações apresentadas na Tabela 5.1

Ainda na Figura 5.3, estão apresentadas as demais relações da Tabela 5.1, da seguinte forma: Relação 1 na figura (a); Relação 2 na figura (b); Relação 3 na figura (c); Relação 4 na figura (d); Relação 5 na figura (e); Relação 6 na figura (f). As ilustrações facilitam a compreensão da relação de sobreclassificação K proposta.

Todavia, a relação K_j apresenta uma avaliação mono-critério, e o que se pretende é analisar as relações de preferência entre as ações e as categorias para múltiplos critérios de avaliação. Sendo assim, para construir o processo de classificação é necessário medir a contribuição das avaliações das ações sob cada critério. Para agregar as avaliações das ações, é utilizado um parâmetro inter-critério: o peso, cuja soma em todos os critérios precisa ser igual a 1. O conjunto dos pesos, $P=(p_1, p_2, \dots, p_n)$, indica quanto cada critério contribui para afirmação ASB, representando o poder de voto de cada critério a favor desta afirmação.

A função de agregação proposta está apresentada na Equação (5.7), a qual indica o grau da relação de sobreclassificação de uma alternativa A sobre outra B (da mesma forma para BSA).

$$S(A, B) = \sum_{i=1}^n p_i K'_j (A, B) \tag{5.7}$$

5.3 Exemplo numérico

Nesta sessão, um exemplo numérico para aplicação do modelo proposto é apresentado. São considerados quatro liderados, cujas avaliações quanto ao grau de maturidade estão expressas pelas variáveis l_1, l_2, l_3 e l_4 , e três critérios, g_1, g_2 e g_3 . As classes de referência, que representam os graus de maturidade estão denotadas por $\{M1, M2, M3\}$, e são definidas por um conjunto de ações características, $B = \{b_0, b_1, \dots, b_5\}$, as quais são representadas por números *fuzzy* e, neste exemplo, são consideradas como sendo as mesmas para todos nos critérios com os seguintes valores: $b_0(0,0,0)$, $b_1 (1.0,2.5,3.0)$, $b_2 (3.3,3.8,4.0)$, $b_3 (4.5,5.0,6.0)$ e $b_4 (7.0,7.0,7.0)$.

As avaliações dos liderados (l_1, l_2, l_3, l_4) são números triangulares *fuzzy* e seus valores estão apresentados na Tabela 5.1.

Tabela 5.2 - Avaliações em todos os critérios

| Ações | Critérios | | |
|-------|---------------|---------------|---------------|
| | g_1 | g_2 | g_3 |
| l_1 | (2,0,3,0,4,0) | (4,0,4,0,5,0) | (3,0,5,0,6,0) |
| l_2 | (2,0,4,0,5,0) | (3,0,4,0,5,0) | (4,0,5,0,6,0) |
| l_3 | (3,0,3,0,5,0) | (4,0,5,0,6,0) | (5,0,5,0,6,0) |
| l_4 | (4,0,5,0,6,0) | (4,0,6,0,6,0) | (4,0,5,0,6,0) |

Considerando os pesos dos critérios como $w_j=(0.25.0.35.0.40)$, a Tabela 5.3 abaixo apresenta os índices de sobreclassificação para todos os critérios:

Tabela 5.3 - Valores dos índices de sobreclassificação

| Liderados | s(l,bj) | | | s(bj,l) | | |
|-----------|---------|-------|-------|---------|-------|-------|
| | b1 | b2 | b3 | b1 | b2 | b3 |
| 11 | 1,000 | 0,718 | 0,341 | 0,075 | 0,384 | 1,000 |
| 12 | 1,000 | 0,961 | 0,454 | 0,038 | 0,402 | 0,943 |
| 13 | 1,000 | 0,903 | 0,893 | 0,000 | 0,201 | 0,870 |
| 14 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 0,000 | 0,000 | 0,746 |

Para validar a afirmação “a sobreclassifica b” é considerado o índice de credibilidade como $\lambda=0,5$ e uma análise de sensibilidade é conduzida considerando o valor do índice de credibilidade como sendo $\lambda=0,7$. A Tabela 5.4 mostra o resultado das atribuições para ambos os valores de λ .

Tabela 5.4 – Resultados da classificação

| Ações | $\lambda=0,5$ | | $\lambda=0,7$ | |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Menor categoria | Maior categoria | Menor categoria | Maior categoria |
| a1 | C2 | C3 | C2 | C3 |
| a2 | C2 | C3 | C2 | C3 |
| a3 | C3 | C3 | C3 | C3 |
| a4 | C3 | C3 | C3 | C3 |

Os resultados encontrados mostram que, mesmo para diferentes valores do parâmetro λ , a classificação dos liderados se manteve, o que pode reforçar a consistência destes resultados.

5.4 Discussão

Neste capítulo uma avaliação *fuzzy* dos liderados, para o problema de classificação multicritério, é proposta com o objetivo de incorporar a subjetividade e a imprecisão da avaliação e da definição das classes de atribuição dos liderados.

A análise de sobreclassificação, por meio da utilização das áreas dos números *fuzzy*, possibilitou a consideração de toda sua área de *fuzzyness*. Este modelo se mostra bastante adequado a números *fuzzy* com maior dispersão, onde se fossemos utilizar os intervalos α -cuts seriam necessários vários destes intervalos a fim de abranger toda variação do número.

Ao comparar a utilização da área dos números *fuzzy* com a utilização dos intervalos α -cuts para construção das relações de preferência, observa-se que, de fato, não há vantagem ou desvantagem na utilização de qualquer um destes métodos para avaliar números triangulares.

O que precisa ser considerado é o grau de *fuzzyness* a fim de que se possa escolher o modelo mais apropriado. Há que se avaliar, porém, que sem o auxílio de apoio computacional, a utilização de quaisquer dos métodos pode levar a cálculos difíceis de serem executados.

Neste capítulo é proposta uma relação de preferências, denominada K, construída com base nas áreas dos números *fuzzy*, para cada critério. Posteriormente, foram utilizados os pesos dos critérios para agregar as relações de preferência e construção da relação de sobreclassificação.

Como benefício desta proposta tem-se a utilização de um modelo de fácil aplicação capaz de incorporar as imprecisões das avaliações por meio da utilização de números *fuzzy*.

6 CONCLUSÕES

De acordo com Zopounidis & Doumpos (2002), a relação de sobreclassificação é um dos mais amplos critérios de agregação no contexto da MCDA. E, ainda, considera-se uma importante vantagem dos métodos de sobreclassificação a possibilidade de levar em conta escalas ordinais sem convertê-las em escalas abstratas, que possuam um intervalo abstrato imposto, e, ao mesmo tempo, mantenham o seu significado verbal original (Martel & Roy, 2006).

Neste trabalho, foram propostos modelos para tratar do problema de classificação dos liderados, segundo os critérios de avaliação da Teoria Situacional de Liderança. Para tanto, parte-se do pressuposto de que os liderados avaliados pertencem ao mesmo contexto ou “situação”, ou seja, que fazem parte do mesmo projeto em avaliação. Foram identificadas algumas possíveis dificuldades a serem enfrentadas pelo decisor e propostas soluções para cada situação distinta.

Em um primeiro cenário, buscou-se solucionar o problema de determinação dos pesos dos critérios para avaliação dos liderados, uma possível dificuldade a ser encontrada pelo decisor (o líder) na aplicação do modelo de classificação. Para tanto, foi proposta uma estrutura e aplicado um modelo de inferência capaz de extrair os pesos dos critérios a partir de exemplos de atribuição.

Outra questão considerada neste trabalho é a dificuldade, por parte do decisor, em determinar as classes de referência de maturidade para designação dos liderados. Também é abordada a questão da dificuldade em se determinar estas avaliações, pelo fato de possuírem caráter subjetivo. Sendo assim, devido à característica *fuzzy* identificada na modelagem proposta, as avaliações dos liderados e as classes de maturidade para as quais estes devem ser designados foram representadas TFN's.

Para construção do modelo, os números *fuzzy* foram trabalhados utilizando-se o conceito de α -cuts. Todavia, percebeu-se que a utilização de poucos níveis de α -cut pode, no caso de avaliações por números triangulares com grande amplitude, levar a uma distorção na análise das relações de dominância. Isto porque, a depender dos níveis escolhidos dos α -cuts, podem ser gerados intervalos que não contenham informação suficiente para representar os números

fuzzy avaliados. Logo, a recomendação da utilização dos intervalos α -cuts fica direcionada a avaliações que não apresentem tanta dispersão.

E, ainda, foi criada uma ferramenta gráfica para auxiliar o decisor nas avaliações dos liderados. Esta ferramenta, por meio de variáveis linguísticas, define o grau de segurança do decisor ao realizar uma avaliação e ainda, provê uma representação visual do problema de classificação, com o objetivo de facilitar a compreensão do problema, por parte do decisor, e extrair informações mais precisas de suas avaliações.

Ao mesmo tempo, buscou-se também uma solução para os casos em que as avaliações dos liderados e as classes de designação destes apresentem uma grande amplitude. A fim de solucionar este problema, é sugerida a construção de um modelo representativo da relação de sobreclassificação, tomando-se como base a área dos números *fuzzy*. Este procedimento neutraliza qualquer distorção que possa ser encontrada em avaliações de grande amplitude, pelo fato de considerar toda a área de representação do número *fuzzy*.

Na construção deste modelo, foi proposta uma nova formulação para tratar do problema de sobreclassificação utilizando a área dos números *fuzzy*. Esta formulação trata das relações de preferência entre duas alternativas *fuzzy*, utilizando a área do TFN, no contexto da análise de sobreclassificação.

Diante do exposto, observa-se que as propostas apresentadas nesta tese buscam formas de avaliar o liderado mediante possíveis dificuldades encontradas pelo líder. Entretanto, pode haver o questionamento sobre qual modelo é mais apropriado a cada situação. Como resposta, tem-se que o modelo a ser utilizado é consequência da dificuldade encontrada pelo líder e das informações disponíveis sobre o contexto do problema, o que pode ocasionar, inclusive, na utilização de mais de um modelo para uma situação específica.

Outra questão que requer ênfase é a periodicidade de avaliação do liderado. Os autores do formulário de avaliação recomendam que sempre que o desempenho do liderado começar a regredir, o líder deverá reavaliá-lo. Todavia, é preciso ressaltar que a necessidade de avaliar a maturidade do liderado pode ser requerida no variar das situações, tendo em vista que mudanças no contexto podem gerar um diferente olhar sobre a maturidade e diferentes reações dos liderados. E ainda, outra questão pode surgir a partir desta proposição: com que frequência avaliar os liderados em caso de projetos longos? Neste caso há que se considerar uma

avaliação empírica do líder quanto à percepção do momento adequado a refazer a análise. Outra questão importante que deve ser considerada para motivar uma nova avaliação são os resultados do projeto, ou seja, quando estes estiverem divergindo dos objetivos desejados, pode ser o momento de uma nova avaliação do liderado a fim de buscar eliminar interferências opostas aos objetivos do projeto com relação à liderança.

A avaliação dos liderados pode-se encontrar ainda em um cenário de “inexistência de informação”, por estes configurarem uma equipe nova ou quando o líder não tem qualquer informação que possa embasar seu julgamento. Neste caso, mesmo ciente do viés que pode haver, o decisor pode solicitar dos liderados uma auto-avaliação a fim de obter um ponto de partida para avaliá-los. Com esta medida, busca-se a melhor forma de gerenciar partindo de alguma informação sobre as pessoas a serem lideradas.

Diante do exposto, o presente trabalho tem como resultado possibilidades para solucionar o problema de definição do melhor estilo de liderança a ser adotado, levando em conta possíveis dificuldades que podem ser encontradas.

6.1 Limitações e recomendações para trabalhos futuros

A liderança, sob a perspectiva de suas diversas abordagens, ainda enfrenta o obstáculo da subjetividade, no que tange à aplicabilidade de modelos capazes de fornecer recomendações objetivas quanto à melhor forma de exercê-la.

A possibilidade de uma formulação mais robusta sobre liderança pode ser entendida como uma limitação à aplicação da modelagem proposta. Porém como limitação deste trabalho pode-se apontar a falta de aplicações práticas e testes que possam reforçar a aplicabilidade dos modelos propostos.

A presente pesquisa propõe-se a fornecer soluções para classificação dos liderados, de acordo com seu nível de maturidade. Estas soluções são apresentadas levando-se em consideração algumas possíveis dificuldades que podem ser encontradas pelo decisor.

A construção da relação de sobreclassificação, desenvolvida ao longo destes capítulos, tomou como base os pressupostos dos métodos ELECTRE TRI e ELECTRE TRI-C, em que as classes para designação das ações devem ser completamente ordenadas. Entretanto, pode haver problema caso estas classes não impliquem em uma ordenação completa, levando a

sobreposição entre estas. Como sugestão para um futuro trabalho, tem-se a proposição de um modelo que leve em consideração esta sobreposição entre as classes na relação de sobreclassificação;

Entretanto, existem outras questões que ainda precisam ser estudadas. Algumas sugestões para trabalhos futuros, em continuidade a este estudo, são apresentadas a seguir:

- A aplicação dos modelos propostos em um estudo de caso e a contínua observância dos resultados encontrados, ao longo do tempo, como forma de avaliar possíveis progressos na consecução das tarefas pelos liderados;
- A elaboração de um questionário mais amplo, que possibilite testar a importância de outras variáveis na avaliação do liderado;
- A aplicação da modelagem multicritério em outras escolas de liderança.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, A.T. O conhecimento e o uso de métodos multicritério de apoio a decisão. Recife-PE, Editora Universitária UFPE, 2011.
- ACKOFF, R.L. & SASIENI, M.W. Pesquisa Operacional. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1975.
- ALMEIDA-DIAS, J.; FIGUEIRA, J. R. & ROY, B. ELECTRE TRI-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions. *European Journal of Operational Research*, 204: 565-580, 2010.
- _____. ELECTRE TRI-C: A Multiple Criteria Sorting Method Based on Central Reference Actions”, *Cahier du LAMSADE*, N° 274, 2008.
- ANDRADE, E.L. *Introdução à Pesquisa Operacional: métodos e modelos para análises de decisores*. Rio de Janeiro, LTC, 2009.
- AOUAM, T.; CHANG, S.I. & LEE, E.S. Fuzzy MADM: An outranking method. *European Journal of Operational Research*, 145: 317-328, 2003.
- AVERY, G.C. & RYAN, J. Applying Situational Leadership In Australia. *Journal of Management Development*, 21(4): 242-262, 2002.
- BARKER, R. The nature of leadership. *Human Relations*, 54(4): 469-494, 2001.
- BECCALI, M.; CELLURA, M. & MISTRETTA, M. Decision-making in energy planning: application of the ELECTRE method at regional level for the diffusion of renewable energy technology. *Renewable Energy*, 28: 2063–2087, 2003
- BEHZADIAN, M.; KAZEMZADEH, R.B.; ALBADVI, A. & AGHDASI, M. PROMETHEE: a comprehensive literature review on methodologies and applications. *European Journal of Operational Research*, 200: 198–215, 2010.
- BELACEL, N. Multicriteria assignment method PROAFTN: Methodology and medical applications. *European Journal of Operational Research*, 125: 175–183, 2000.
- BELLMAN, R.E. & ZADEH, L.A. Decision-making in a fuzzy environment. *Management Science*, 17: 141-164, 1970.
- BERGAMINI, C.W. *Liderança: administração do sentido*. São Paulo, Atlas, 1994.
- BLANCHARD, K.H. *Leading at a higher level*. Upper Saddle River, NJ, Prentice-Hall, 2007.
- CACIOPPE, R. Leadership moment by moment! *Leadership & Organization Development Journal*, 18(7): 335–345, 1997.

- CHEN, L-H. & LU, H-W. An approximate approach for ranking fuzzy numbers based on left and right dominance. *Computers and Mathematics with Applications*, 41: 1589-1602, 2001.
- CHEN, J. C. & SILVERTHORNE, C. Leadership effectiveness, leadership style and employee readiness. *Leadership & Organization Development Journal*, 26(4): 280-288, 2005.
- CZYZAK, P. & SLOWINSKI, R. Possibilistic construction of fuzzy outranking relation for multiple-criteria ranking. *Fuzzy Sets and Systems*, 81(1): 123–131, 1996.
- DIAS, L.C. & CLÍMACO, J. On computing ELECTRE's credibility indices under partial information. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 8(2): 74–92, 1999.
- _____. ELECTRE TRI for groups with imprecise information on parameter values. *Group Decision and Negotiation*, 9(5): 355–377, 2000.
- DIAS, L.C. & MOUSSEAU, V. Inferring ELECTRE'S veto-related parameters from outranking examples. *European Journal of Operational Research*, 170: 172–191, 2006.
- DIAS, L.C.; MOUSSEAU, V.; FIGUEIRA, J. & CLÍMACO, J. An aggregation/disaggregation approach to obtain robust conclusions with ELECTRE TRI. *European Journal of Operational Research*, 138: 332-348, 2002.
- DOUMPOS, M.; MARINAKIS, Y.; MARINAKI, M. & ZOPOUNIDIS, C. An evolutionary approach to construction of outranking models for multicriteria classification: the case of the ELECTRE-TRI method. *European Journal of Operational Research*, 199: 496–505, 2009.
- ESLAMI, A.; KRALJEVIC, M. & TUNBJER, M. Project Management; from a Situational Leadership perspective, 2005. (Bachelor's Thesis within Management. Internationella Handelshögskolan, Suécia).
- FERNANDEZ, & NAVARRO, J. A new approach to multi-criteria sorting based on fuzzy outranking relations: The THESEUS method. *European Journal of Operational Research*, 213: 405–413, 2011.
- FIGUEIRA, J.; GRECO, S. & EHRGOTT, M, ed. ELECTRE Methods. *Multiple criteria decision analysis: State of the art surveys*, Springer Science and Business Media, NewYork, 2005.
- GELDERMANN, J.; SPENGLER, T. & RENTZ, O. Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: iron and steel making industry. *Fuzzy Sets and Systems*, 115(1): 45–65, 2000.
- GHEORGHE, R.; BUFARDI, A. & XIROUCHAKIS, P. Construction of a two-parameters fuzzy outranking relation from fuzzy evaluations. *Fuzzy sets and Systems*, 143: 391-412, 2004.
- _____. Construction of global fuzzy preference structures from two-parameters single-criterion fuzzy outranking relations. *Fuzzy sets and Systems*, 153: 303-330, 2005.
- GIACHETTI, R.E & YOUNG, R.E. A parametric representation of fuzzy numbers and their arithmetic operators. *Fuzzy Sets and Systems*, 91: 185-202, 1997.

- GOLEC, A. & KAHYA, E. A *fuzzy* model for competency-based employee evaluation and selection. *Computers & Industrial Engineering*, 52: 143–161, 2007.
- GOLEMAN, D. Leadership that gets results. *Harvard Business Review*, 78-90, 2000.
- GOLETSIS; Y.; PAPALOUKAS, C.; FOTIADIS, D.; LIKAS, A. & MICHALIS, L. Automated ischemic beat classification using genetic algorithms and multicriteria decision analysis. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 51(10): 1717–1725, 2004.
- GONÇALVES, H. S. & MOTA, C.M.M. Liderança Situacional em Gestão de Projetos. *Revista Produção*, 2011.
- GRAEFF, C.L. Evolution of Situational Leadership Theory: A Critical Review. *Leadership Quartely*, 8(2): 153-170, 1997.
- GÜNGÖR, Z. & ARIKAN, F. A *fuzzy* outranking method in energy policy planning. *Fuzzy sets and Systems*, 114(1): 115-122, 2000.
- HATAMI-MARBINI, A. & TAVANA, M. An extension of the ELECTRE I method for group decision-making under a fuzzy environment. *Omega*, 39: 373–386, 2011.
- HAY A. & HODGKINSON, M. Rethinking leadership: a way forward for teaching leadership? *Leadership & Organization Development Journal*, 27(2): 144-158, 2005.
- HERSEY, P. & BLANCHARD, K. *Management of Organizational Behavior – Utilizing Human Resources*. USA, Center of Leadership Studies, 1986.
- HOLLANDER, E.P. *Leadership dynamics: a practical guide to effective relationships*. New York, The Free Press, 1978.
- HUGHES, R.L.; GINNETT, R.C. & CURPHY, G.J. *Leadership: Enhancing the lessons of experience*. New York, McGraw-Hill, 2002.
- JACQUET-LAGRÈZE, E. & SISKOS, J. Assessing a set of additive utility functions for MCDA, the UTA Method. *European Journal of Operational Research*, 10: 151-164, 1982.
- KAUFMANN, A. & GUPTA, M.M. *Fuzzy Mathematical Models in Engineering and Management Science*. USA, Elsevier Science Publishers, 1988.
- KLIR, G.J. & YUAN, B. *Fuzzy Sets and Fuzzy Logic: Theory and Applications*. USA, Prentice-Hall Inc., 1995.
- KOUZES, J.M. & POSNER, B.Z. *An Instructor's Guide to the Leadership Challenge*. San Francisco, Jossey-Bass Publishers, 1995.
- LAZAREVIC, S.P. Personnel selection fuzzy model. *International Transactions in Operational Research*, 8: 89–105, 2001.

- LIANG, G-S. & WANG, M-J.J. Personnel placement in a *fuzzy* environment. *Computers & Operations Research*, 19(2): 107–121, 1992.
- LIYOU, T-S. & WANG, M-J.J. Ranking fuzzy numbers with integral value, *Fuzzy Sets and Systems*, 50: 247–255, 1992.
- LU, H-W. & WANG, C.B. An Index for Ranking *Fuzzy* Numbers by Belief Feature. *Information and Management Sciences*, 16(3): 57-70, 2005.
- LUTHANS, F. *Organizational behavior*. New York, McGraw-Hill (series in management), 1995.
- MARTEL, J.M. & ROY, B. Analyse de la signification de diverses procédures d'agrégation multicritère. *INFOR*, 44(3):119–215, 2006 (em francês).
- MONTANA, P.J. & CHARNOV, B.H. *Management*. New York, Barron's Educational Series, 2000.
- MOUSSEAU, V. & DIAS, L.C. Valued outranking relations in ELECTRE providing manageable disaggregation procedures. *European Journal of Operational Research*, 156: 467–482, 2004.
- MOUSSEAU, V. & SLOWINSKI, R. Inferring an ELECTRE TRI model from assignment examples. *Journal of Global Optimization*, 12: 157-174, 1998.
- MOUSSEAU, V., DIAS, L.C. & FIGUEIRA, J. Dealing with inconsistent judgements in multiple criteria sorting models. *4OR: A Quarterly Journal of Operations Research*, 4(2): 145-158, 2006.
- MOUSSEAU, V.; FIGUEIRA, J. & NAUX, J. Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: some experimental results. *European Journal of Operational Research*, 130: 263-275, 2001.
- MOUSSEAU, V.; SLOWINSKI, R. & ZIELNIEWICZ, P. A user-oriented implementation of the ELECTRE-TRI method integrating preference elicitation support. *Computers & Operations Research*, 27: 757-777, 2000.
- MOUSSEAU, V.; FIGUEIRA, J.; DIAS, L.C.; SILVA, C.G. da & CLÍMACO, J. Resolving inconsistencies among constraints on the parameters of an MCDA model. *European Journal of Operational Research*, 147: 72–93, 2003.
- MULLER, R.; TURNER, J. R. The project manager's leadership style as a success factor on projects: a literature review. *Project Management Journal*, 36(1): 49-61, 2005.
- NGO THE, A. & MOUSSEAU, V. Using Assignment examples to infer category limits for the ELECTRE TRI method. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 11(1): 29-43, 2002.
- NGUYEN, T.H.; SHEHAB, T. & GAO, Z. Selecting an architecture engineering team by using *fuzzy* set theory. *Engineering. Construction and Architectural Management*, 15(3): 282-298, 2008.

- NORTHOUSE, P.G. *Leadership: Theory and practice*. Thousand Oaks - CA, Sage Publications, 2010.
- PEDRYCZ, W. Why triangular membership functions? *Fuzzy Sets and Systems*, 64: 21-30, 1994.
- PÉREZ-GLADISH, B.; GONZALEZ, I.; BILBAO-TEROL, A. & ARENAS-PARRA, M. Planning a TV advertising campaign: a crisp multiobjective programming model from fuzzy basic data. *Omega*, 38: 84-94, 2010.
- PERNY, P. & ROY, B. The use of fuzzy outranking relations in preference modelling. *Fuzzy sets and Systems*, 49: 33-53, 1992.
- PFEFFER, J. *The Human equation: building profits by putting people first*. Boston-MA, Harvard Business School Press, 1998.
- PMI. *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK)*. 3 ed. Project Management Institute, 2004.
- POHEKAR, S.D. & RAMACHANDRAN, M. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 8: 365–381, 2004.
- ROBBINS, S.P. *Organizational Behavior*. Prentice Hall, 2005.
- ROY, B. Main sources of inaccurate determination, uncertainty and imprecision in decision models, *Mathematical and Computer Modelling*, 12(10-11):) 1245-1254, 1989.
- _____. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Netherlands, Kluwer Academic Publishers, 1996.
- ROY, B. & BOUYSSOU, D. *Aide multicriterié à la décision: methods et cas*. Paris, Economica, 1993 (em francês).
- SCHEIN, H.E. *Organizational culture and leadership*. San Francisco, Jossey-Bass Inc Pub, 2004.
- SIMS JR, H.P.; FARAJ, S. & YUN, S. When should a leader be directive or empowering? How to develop your own situational theory of leadership. *Business Horizons. Kelley School of Business*, 52: 149—158, 2009.
- STONER, A.F.J. & FREEMAN, R.E. *Management*. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1992.
- TEMPONI C.; YEN J. & TIAO, W.A. House of quality: a fuzzy logic-based requirements analysis. *European Journal of Operational Research*, 117(2): 340–54, 1999.
- TERVONEN, T; FIGUEIRA, J.R.; LAHDELMA, R.; DIAS, J.A & SALMINEN, P. A stochastic method for robustness analysis in sorting problems. *European Journal of Operational*, 192: 236–242, 2009.

- THURSTON, D.L. & CARNAHAN, J.V. Fuzzy ratings and utility analysis in preliminary design evaluation of multiple attributes, *ASME Trans. Mech. Des.*, 114: 648-658, 1992.
- TSENG, T.Y. & KLEIN, C.M. New algorithm for the ranking procedure in fuzzy decision making. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 19(5): 1289-1296, 1989.
- VECCHIO, R.P. & BOATWRIGHT, K.J. Preferences for idealized styles of supervision. *The Leadership Quarterly*, 13: 327-342, 2002.
- VECCHIO, R. P., BULLIS, R. G., & BRAZIL, D. M. The utility of situational leadership theory: A replication in a military setting. *Small Group Research*, 37: 407–424, 2006.
- VINCKE, P. *Multicriteria decision-aid*. Bruxelles, John Wiley & Sons, 1992.
- WALTERS, L. Leading for quality: the implications of Situational Leadership. *Quality Management Journal*, 8(4): 48-63, 2001.
- WANG J. A fuzzy outranking method for conceptual design evaluation. *International Journal of Production Research*, 35: 995–2010, 1997.
- _____. Fuzzy outranking approach to prioritize design requirements in quality function deployment. *International Journal of Production Research*, 37(4): 899–916, 1999.
- _____. Ranking engineering design concepts using a fuzzy outranking preference model, *Fuzzy Sets and Systems*. 119: 161-170, 2001.
- YEVSEYEVA, I.; MIETTINEN, K.; SALMINEN, P. & LAHDELMA. SMAA-Classification – A new method for nominal classification. *Helsinki School of Economics*, W-442, 2007.
- ZADEH, L.A. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338-353, 1965.
- _____. The concept of a linguistic variable and its application to approximate reasoning. *Information Sciences*, 8: 199–249 (I), 301–357(II), 1975.
- ZIMMERMANN, H. J., *Fuzzy set Theory and its Application*. Kluwer Academic Publisher, 1987.
- ZOPOUNIDIS, C. & DOUMPOS, M. Multicriteria classification and sorting methods: a literature review. *European Journal of Operational Research*, 138(2): 229–46, 2002.

ANEXO 1

Formulário de avaliação do nível de maturidade

| AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE DE TRABALHO | | | | | | | | |
|--|---|--|----------|---|---|--|-------|---|
| Liderado avaliado: | | | Data: | | | Tarefa: | | |
| Escala | Alta | | Moderada | | | | Baixa | |
| | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | M4 | | M3 | | M2 | | M1 | |
| | 1. Experiência anterior de trabalho | Tem experiência apropriada ao trabalho | | | | Não tem experiência apropriada ao trabalho | | |
| 2. Conhecimento do trabalho | Possui os conhecimentos profissionais necessários | | | | Não possui os conhecimentos profissionais necessários | | | |
| 3. Compreensão das exigências de trabalho | Compreende perfeitamente o que deve ser feito | | | | Compreende pouco do que deve ser feito | | | |
| 4. Capacidade de solução de problemas | Tem capacidade plena de resolução de problemas | | | | Tem pouca capacidade de resolução de problemas | | | |
| 5. Capacidade de assumir responsabilidades | Tem capacidade de assumir responsabilidades | | | | Tem pouca capacidade de assumir responsabilidades | | | |
| Resultado da avaliação: | | | | | | | | |

| AVALIAÇÃO DO NÍVEL DE MATURIDADE PSICOLÓGICA | | | | | | | | |
|--|--|------------------|----------|---|-------------------------------------|------------------|-------|---|
| Liderado avaliado: | | | Data: | | | Tarefa: | | |
| Escala | Alta | | Moderada | | | | Baixa | |
| | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 |
| | M4 | | M3 | | M2 | | M1 | |
| | 1. Disposição para assumir responsabilidades | Muita disposição | | | | Pouca disposição | | |
| 2. Motivação de realização | Possui grande desejo de realização | | | | Possui pouco desejo de realização | | | |
| 3. Empenho | É muito dedicado | | | | Não se preocupa | | | |
| 4. Atitude no trabalho | Reage bem a uma situação inesperada | | | | Não reage a uma situação inesperada | | | |
| 5. Iniciativa | Tem espírito empreendedor | | | | Não tem espírito empreendedor | | | |
| Resultado da avaliação: | | | | | | | | |