

### 3

## Referencial Teórico

### 3.1

#### Introdução

O referencial teórico tem por finalidade apresentar estudos já realizados por outros autores sobre o tema ou, mais especificamente, sobre o problema de pesquisa. Adotando essa premissa, o pesquisador tem por objetivo:

- i. homogeneizar os conceitos que serão a base da compreensão do presente trabalho;
- ii. viabilizar a formulação de hipóteses que são aqui desenvolvidas para responder o problema da pesquisa; e
- iii. transmitir ao leitor elementos suficientes para a análise da pertinência do problema e da metodologia adotada.

Assim sendo, efetua-se uma revisão bibliográfica sobre o *Facility Location Problem* - problema de localização de instalações - e as principais estratégias de solução existentes na literatura sobre o tema.

Faz-se uma revisão da literatura existente sobre Teoria da Decisão, com ênfase na evolução histórica que levou à crescente utilização de múltiplos critérios no auxílio à tomada de decisão, bem como a adoção de métodos multicriteriais desenvolvidos em face dessa demanda.

Os principais métodos multicriteriais discretos de auxílio à tomada de decisão são revistos, ressaltando as características fundamentais de abordagem e paradigma científico que diferenciam os estudos das duas principais Escolas existentes.

A revisão bibliográfica proposta busca compreender o processo gradativo e ainda contínuo, sofrido pela Pesquisa Operacional tradicional, com a incorporação de conceitos de outras áreas do conhecimento humano, que promoveram a

ampliação do estudo das decisões para além dos rígidos moldes da otimização clássica.

Por fim, busca-se compreender que a análise multicritério origina-se como crítica ao modelo clássico da Teoria de Decisão, passando de uma concepção na qual o problema de decisão é matematicamente bem definido: decisor, com critérios únicos e a informação é perfeita, para um enfoque cuja característica reside na pluralidade dos atores e critérios, bem como na informação imperfeita.

### 3.2

#### **Problema de Localização de Instalações - FLP**

Pizzolato (2004) salienta que o problema de localização pode ser considerado onipresente, por ser objeto de um interesse tão amplo que tem gerado uma vastidão de artigos e pesquisas.

Segundo Silva (2004) *apud* Current, Daskin e Schilling (2002), os seres humanos têm analisado as decisões sobre localização desde que habitaram a primeira caverna. Os autores referenciados relacionam 51 referências bibliográficas sobre localização de instalações envolvendo diversas aplicações e destacando o aspecto multidisciplinar desse assunto, além de citar alguns fatores que têm colaborado para o destaque historicamente legado à pesquisa sobre o assunto, os quais brevemente, seriam:

- i. as decisões sobre localização são regularmente tomadas em todos os níveis das organizações humanas, desde indivíduos e famílias, até empresas, agências governamentais e, ainda, agências internacionais;
- ii. as decisões sobre localização são geralmente estratégicas por natureza, envolvendo elevados recursos de capital, cujos efeitos econômicos acarretam resultados dificilmente reversíveis no curto prazo. No setor privado, tais decisões influenciam, mormente, a capacidade de uma empresa em competir no seu mercado. Já no setor público, essas decisões relacionam-se ao nível de serviço (público) e à competência para atrair ou agrupar famílias e atividades econômicas;
- iii. as decisões de localização regularmente impõem exterioridades econômicas, tanto positivas quanto negativas, incluindo o

desenvolvimento econômico, geração de empregos e de renda, poluição, congestionamento, dentre outros;

- iv. modelos matemáticos de localização são, muitas vezes, extremamente difíceis de resolver, pelo menos até a sua otimalidade. Destarte, mesmo os modelos mais simples são geralmente intratáveis computacionalmente para exemplos de maior porte; e
- v. modelos de localização correspondem a aplicações específicas, ou seja, sua forma estrutural (Função Objetivo, Restrições e Variáveis) estrutura-se conforme as peculiaridades do problema em estudo. Assim sendo, não existe um único modelo que seja apropriado para todas as aplicações potenciais ou existentes.

Melachrinoudis e Min (2000) comentam que os problemas de decisão, em particular as decisões sobre localização de facilidades envolvem muitos critérios, quantitativos e qualitativos, que podem ser conflitantes por natureza, como, por exemplo, minimizar custos totais e maximizar qualidade. Para lidar com este dilema, são necessárias ferramentas de auxílio à decisão que considerem os fatores relevantes que afetam a decisão a ser tomada, como também o *tradeoff* entre eles.

Segundo Gualda (1995), os problemas de localização podem classificar-se em dois grandes grupos, a saber:

1. métodos indutivos – baseiam-se na análise de dados e informações estatísticos, históricos e provenientes de pesquisas de campo (questionários), através dos quais as razões ou indicações quanto à melhor localização para uma dada instalação são perscrutadas; e
2. métodos dedutivos – consistem no estabelecimento de um modelo representativo da realidade, passível de tratamento matemático, para resolver o problema de localização; dados históricos ou estatísticos são usados para testar os resultados produzidos por tais modelos.

Há que se distinguir, ainda segundo o mesmo autor, os problemas de macro e micro localização, sendo o primeiro precedente ao segundo no que concerne à escolha de localização da instalação pretendida. Enquanto a macro localização

pretende a busca por uma região, a micro localização associa-se à escolha de um sítio específico dentro da região.

Os problemas de macro localização certamente são mais adequados à aplicação de métodos do tipo dedutivo, enquanto os problemas de micro localização, por envolverem um elevado número de fatores pessoais e políticos na tomada de decisão, voltam-se aos métodos indutivos.

Além disso, ao se modelar problemas de localização, costuma-se reconhecer duas vertentes principais. Os problemas que correspondem a serviços ordinários são chamados de *minisoma*, em que a modelagem implica minimizar um somatório de distâncias. Os problemas que correspondem a serviços extraordinários são denominados *minimax*, em que se deseja minimizar a maior distância.

Pizzolato (2004) assevera, no caso de serviços ordinários, que a preocupação maior reside na *distância média usuário- instalação*. O ideal é minimizar a média das distâncias, pois tais distâncias devem ser percorridas seguidamente. No caso de escolas, por exemplo, o aluno percorre diariamente a distância residência-escola-residência. O caso de correios, parques, fornecimento de água, gás, esgoto, limpeza urbana, etc. é estritamente semelhante, pois todos eles envolvem custos operacionais decorrentes do acesso, manutenção e uso contínuo, os quais dependem de sua extensão total.

Quanto aos serviços extraordinários, a preocupação básica relaciona-se à *maior distância eventualmente percorrida*, pois o fator tempo pode ser crucial para a qualidade do serviço. Alguns exemplos compreendem os serviços prestados por bombeiros, polícia, ambulâncias, hospitais, etc, todos característicos de situações em que o tempo de atendimento é crítico. Costuma-se estabelecer, nas circunstâncias mais desfavoráveis, que o tempo para oferecer o serviço não deve ultrapassar um determinado máximo (PIZZOLATO, 2004).

Em síntese, pode-se constatar que os serviços ordinários, correspondentes a problemas de *minisoma*, pretendem a minimização da soma de distâncias, cujo espaço de soluções restringe-se aos vértices da rede, como demonstrado por Hakimi (1964); ao passo que os problemas de *minimax* encontram solução em qualquer ponto da rede, dificultando sua solução prática. Assim, não há um modelo matemático genérico que seja apropriado para tais tipos de problemas.

Segundo Formigoni (2005), um problema de localização de facilidades geralmente envolve uma das três situações abaixo listadas:

- i) localizar “m” unidades arbitrariamente, partindo da hipótese de que inexistem unidades na área;
- ii) localizar “k” unidades adicionais, considerando que já existem unidades na área; e
- iii) dadas “m” unidades existentes, reorganizar a sua distribuição de tal forma a fechar unidades ociosas, aumentar a capacidade de unidades existentes ou instalar novas unidades.

### 3.2.1

#### Modelos para Localização de Instalações

Inúmeros autores têm buscado reunir as principais tendências (atuais e futuras) dos modelos de localização de instalações, dentre os quais é possível destacar os trabalhos de Brandeau e Chiu (1989), Owen e Daskin (1998), Avella *et al.* (1998) e Reville *et al.* (2007) e, no Brasil, as pesquisas de Martos (2000), Hamad (2006) e Romero (2006).

Carvalho (2008) *apud* Brandeau e Chiu (1989) salienta que os autores realizaram um amplo trabalho de revisão, classificando os estudos prévios com a utilização de uma taxionomia com 31 categorias, envolvendo as principais características dos problemas de localização. Classificaram-se 54 tipos de problemas estudados e publicados entre 1952 e 1989. Nesse trabalho, os autores também propuseram uma classificação baseada nas metodologias de solução dos modelos de localização, conforme a seguir:

1. métodos exatos ou otimizadores – procura-se a solução matemática, através da verificação de todas as possibilidades existentes. A solução encontrada é ótima e pode-se comprová-la matematicamente. Em alguns modelos, especialmente os que possuem grande número de variáveis, pode-se mostrar muito demorado ou até mesmo inviável;

2. heurísticos – busca-se a melhor solução para o problema, através da definição de algumas regras para verificação das alternativas. Tais métodos não garantem soluções ótimas, mas dependendo da eficiência das regras usadas, pode-

se encontrar soluções próximas do ótimo, com grande redução no tempo de processamento; e

3. simulação – montam-se modelos que representem o problema a ser estudado (muitas vezes estocástico), por meio de *softwares*. A partir do modelo, são gerados diversos cenários e suas respectivas estatísticas. A partir dos resultados obtidos, faz-se a seleção dos locais com melhor desempenho, de acordo com o função objetivo.

Owen e Daskin (1998) produziram uma nova revisão dos modelos de problemas de localização de instalações, cujo enfoque principal foi o de contrapor os modelos estáticos e determinísticos aos modelos estocásticos e dinâmicos. Como resultado, os autores verificaram que os modelos para aplicações reais não podem se basear apenas na busca pelo ótimo para a situação vigente (ou para o cenário mais provável).

Quanto à diferença entre modelos determinísticos e estocásticos, Romero (2006) *apud* Gualda (1995) salienta que os primeiros não possuem variáveis aleatórias e baseiam-se, em particular, nas teorias de programação linear, programação inteira, programação geométrica, programação não-linear, programação dinâmica e na teoria dos grafos e de fluxos em redes. Já os modelos estocásticos possuem uma ou mais variáveis aleatórias como “entradas” e tais “entradas” levam a “saídas” aleatórias, as quais podem ser consideradas como estimativas das verdadeiras características de um modelo. Esses modelos baseiam-se, em particular, nas teorias dos processos estocásticos, nas filas, jogos, análises de decisão, programação dinâmica e simulação.

Avella *et al.* (1998) reúnem opiniões de diversos acadêmicos que participaram de um evento, ocorrido na Espanha, em junho de 1995, sobre o estado atual e as projeções futuras dos modelos discretos de localização de instalações. Os autores mencionam as dificuldades existentes nos modelos de localização que buscam soluções reais ótimas, sugerindo abordagens multi-objetivo no caso do envolvimento de agentes com objetivos conflitantes e da análise de situações complexas.

Várias técnicas também são mencionadas, no artigo de Avella *et al.* (1998), como possíveis maneiras de resolver problemas de localização, dentre as quais a utilização de: probabilidades, Teoria *Fuzzy*, simulação Monte Carlo; e técnicas

heurísticas e meta heurísticas, como: *Simulated Annealing*, *Tabu Search* (Busca Tabu), Algoritmos Genéticos, Relaxação Lagrangeana, etc.

Revelle *et al.* (2007) definem um modelo de localização como sendo um conjunto composto por: um espaço físico (com uma métrica definida), consumidores que estão posicionados em locais conhecidos dentro do espaço, e instalações que precisam ser localizadas no espaço, de acordo com os critérios definidos pela função objetivo. Os autores propõem a classificação dos modelos de localização em quatro categorias, a saber:

1. analíticos – melhoram a percepção dos gestores sobre os *tradeoffs* existentes na cadeia. Baseiam-se em um grande número de simplificações, tais como considerar a distribuição da demanda uniforme em toda a área estudada, considerar os custos das instalações como sendo fixo em qualquer localidade escolhida, custo fixo de transporte por km percorrido, etc.;
2. contínuos – consideram que as instalações podem ser localizadas em qualquer ponto da área estudada. As demandas são pontos discretos. O problema se resume a definir coordenadas  $(x,y)$  de cada uma das instalações de forma a se minimizar a distância total percorrida, ponderada pela carga transportada. Nos casos de aplicação prática, são pouco utilizados, por ser improvável uma situação em que 100% da área estudada esteja disponível para sediar o empreendimento. Normalmente, são utilizados para aplicações como localizações de câmeras de vigilância ou sensores para medição de poluição;
3. modelos de rede – consideram a alocação de uma instalação em uma rede composta por nós e arcos orientados. São utilizados, por exemplo, para dimensionamento de serviços de emergência em estradas; e
4. modelos de localização discretos – um volume discreto de demandas precisa ser atendido por instalações a serem localizadas. São definidos locais candidatos para receber as instalações (conjunto discreto). Na maioria das vezes, são modelados através de programação linear inteira mista, mas podem se tornar insolúveis por este método. Muitos pesquisadores têm se dedicado

a desenvolver métodos heurísticos para a solução desses problemas.

Martos (2000) conduziu um extenso levantamento da literatura sobre modelos de localização regional e dos atributos considerados em cada modelo, enquanto Hamad (2006) realizou uma vasta catalogação dos modelos de localização de instalações (fábricas e depósitos) que atendem mercados em diferentes países - em escala global-, apresentando a evolução histórica do conhecimento científico referente a este campo de estudo da Pesquisa Operacional, citando os trabalhos de Tog e Walter (1980); Hodder e Dincer (1984); Haug (1985); Hodder e Jucker (1985); Allen (1991); Haug (1992); Bijayamada e Chakravarty (1994); Caniel e Khumaela (1996), Kirca e Koksalan (1996); Min e Melachrinoudis (1996); Meijboom e Vos (1997); Mohamed (1999); Flipo (2001); Bhutta (2001); Hadjinicola e Kumar (2002); Verter (2002); Syam (2002) e Rios (2003).

Para Hamad (2006), ferramentas de otimização que utilizam a Programação Linear Mista (PLIM) vêm apresentando melhores resultados para a resolução de modelos de localização de instalações, cujos objetivos consistem em maximizar o lucro ou minimizar o custo, conforme atestam Love *et al.* (1988), Ballou (1998), Shapiro (2001), Wanke (2001) e Lacerda (2005).

Por fim, Romero (2006) efetuou, ainda, um levantamento dos fatores, critérios e subcritérios locais levados a efeitos por diversos autores que utilizaram aplicações reais da Teoria de Localização em seus trabalhos. A autora utiliza o método AHP e, para tanto, estrutura a hierarquia dos critérios para o problema de localização de plataformas logísticas, buscando os critérios mais utilizados em problemas de localização na literatura existente. A autora conclui que a utilização do método AHP foi permitiu uma análise acurada do problema de localização proposto, pelo fato de se tratar de um problema complexo em que a escolha da melhor alternativa implicou a decisão sobre um conjunto de alternativas competitivas que foram avaliadas sob critérios conflitantes.

### 3.3

#### Análise da Decisão

##### 3.3.1

##### Histórico

Não se tem conhecimento da gênese da tomada de decisão, porém é sabido que, desde os primórdios da humanidade, decisões são tomadas em conformidade com o conhecimento e a evolução científica de cada período histórico.

Na pré-história, por exemplo, as decisões eram tomadas seguindo-se impulsos naturais, sonhos e instinto. No século VI a.C., Lao-Tzu desenvolveu o princípio intitulado *non-willful action*, que significava permitir que os eventos seguissem o seu curso natural. Nesse mesmo período, Confúcio defendia que as decisões deveriam ser benevolentes, rituais, recíprocas e baseadas em crenças (O'CONNELL *ET AL.*, 2006).

No século V a.C., os cidadãos de Atenas, seguindo uma forma primitiva de democracia, votavam suas decisões. Já durante o período da Grécia antiga, no século IV a.C., Platão introduziu a Teoria do Conhecimento. Segundo o filósofo, o mundo dividia-se em dois planos: o “sensível” – material e visível dominado pelo desejo e pela emoção; e o “inteligível” – espiritual (alma racional) e invisível dominado pela razão. Dois tipos de conhecimento eram percebidos: o “empírico” – sensível, particular, mutável e relativo; e o “científico” – intelectual, universal, imutável e absoluto. Diante de um problema decisório, o indivíduo deveria descobrir a essência do problema e suas alternativas. Para atingir essa essência, dever-se-ia passar do plano “sensível” para o “inteligível”: este movimento ascendente era possível por intermédio da matemática, fazendo com que o conhecimento racional “iluminasse” o mundo dominado pelos desejos e emoções, permitindo a escolha da melhor alternativa (MADEIRA JÚNIOR, 2004).

Para Silva (1990), no entanto, talvez a mais antiga contribuição metodológica e filosófica para o desenvolvimento da análise da decisão, na sua forma atual, tenha ocorrido, em 1738, quando Daniel Bernoulli apresentou o Paradoxo de São Petersburgo, contestando o “dinheiro” como medida adequada de valor. Surgia, então, o conceito de “utilidade”, como medida numérica para descrever a real importância das consequências de uma decisão. Bernoulli tornou-

se o precursor da Teoria da Utilidade<sup>11</sup>, mostrando que a utilidade de um valor em dinheiro variava de indivíduo para indivíduo, conforme o “valor moral” intrínseco a cada ser humano (utilidade esperada).

O economista Vilfredo Pareto introduziu, em 1896, um conceito de ótimo que se denomina Otimalidade ou Eficiência Paretiana e pode ser considerado como crucial para a Teoria Econômica e para o estudo das decisões. Romero (1996) relata que, em sua formulação inicial, Pareto considera que: “uma coletividade se encontra num estado ótimo se nenhuma pessoa dessa coletividade pode melhorar sua situação sem que piore a situação de alguma outra pessoa da mesma”.

No decorrer dos séculos XVIII a XX, a Teoria da Utilidade desenvolveu-se irresolutamente, tomando vulto, somente após a Segunda Grande Guerra Mundial, - com as contribuições de Frank P. Ramsey (1931), John von Neuman e Oscar Morgenstern (1947) e Leonard Savage (1954) - período auge dos avanços tecnológicos também sentidos na Pesquisa Operacional e na Ciência da Administração (SILVA, 1990).

### 3.3.2

#### Teoria da Decisão

O estudo da análise da decisão vem sendo, então, amplamente discutido até os dias atuais, consolidando-se como Teoria. Quanto à análise de decisões, Scön (1982) afirma que decisões organizacionais críticas são complexas e únicas.

Churchill (1990) acrescenta que os problemas de decisão envolvem situações complexas, nas quais regularmente há:

- i. incertezas quanto ao caminho a seguir, aos objetivos a serem alcançados, às diferentes alternativas de solução e aos grupos de pessoas envolvidas e/ou atingidas pela decisão;
- ii. conflitos de valores e objetivos entre os grupos ou pessoas interessadas na decisão;
- iii. diferentes relações de poder entre os indivíduos ou grupos de interesse envolvidos no processo decisório;

---

<sup>11</sup> A complementação do histórico sobre decisão será efetuada no item 3.7.1, com o enfoque voltado aos métodos multicriteriais.

- iv. múltiplos critérios na avaliação das alternativas que, *a priori*, não estão claros;
- v. elevada quantidade de informações, tanto quantitativas quanto qualitativas, que devem ser consideradas durante o processo decisório;
- vi. informações incompletas, não obstante a grande quantidade de dados disponíveis; e
- vii. soluções criativas, e, muitas vezes inéditas.

O questionamento basilar da Teoria da Decisão é a pergunta intrínseca que se pronuncia no decorrer de qualquer processo decisório: Como é possível tomar uma boa decisão?

Gomes (2007) ressalta que foi precisamente no esforço de tentar responder a esse questionamento que a Teoria da Decisão firmou-se como campo do conhecimento científico. Uma decisão que pode parecer excelente hoje poderá, no futuro, ser passível de revelar-se catastrófica, porque as decisões são válidas para um cenário específico, o que inclui os valores do cliente-alvo da decisão, seja uma pessoa, um grupo de indivíduos ou uma organização.

Para Clemen (1996), a Teoria da Decisão, então arraigada na racionalidade humana, utiliza-se de um método científico que compreende genericamente as seguintes fases:

- a. identificar o cenário decisório e entender seus objetivos;
- b. identificar alternativas;
- c. decompor e modelar o problema;
- d. escolher a melhor alternativa;
- e. efetuar análise de sensibilidade; e
- f. implementar a alternativa escolhida.

Existe, ainda, um consenso, por parte dos estudiosos da Teoria da Decisão, de que o caminho necessário para se tomar uma boa decisão normalmente abrange as seguintes etapas, não necessariamente nesta sequência (GOMES, 2007):

1. ter certeza de que se pretende resolver o problema verdadeiro que se tem à frente – e não algum outro problema, inexistente na realidade;

2. pensar suficientemente sobre o problema, procurando manter distanciamento de eventuais envolvimento emocionais, jamais tendo como verdade a opinião alheia;
3. obter todas as informações relevantes;
4. identificar de forma clara o que efetivamente importa, ou seja, o “núcleo duro” da decisão;
5. considerar explicitamente os comprometimentos de natureza moral e ética;
6. gerar o conjunto mais amplo possível de alternativas viáveis;
7. listar os objetivos da tomada de decisão, tanto quantitativos como qualitativos;
8. para cada um dos objetivos listados, explicitar os critérios da decisão. Assim, um objetivo como “maximizar a importância social do projeto” pode ser desdobrado nos critérios: a) atendimento às necessidades mais urgentes da população carente, b) promoção da mobilidade social;
9. explicitar as consequências de cada alternativa com relação a cada um dos critérios de decisão, junto com uma estimativa da probabilidade de que cada uma dessas consequências, de fato, se materialize. A melhor forma de fazê-lo é por meio de uma tabela, na qual as linhas estarão associadas às alternativas e as colunas corresponderão aos critérios. A informação contida no cruzamento entre cada linha com cada coluna advirá de cálculos, juízos de valor e/ou consultas a expertos;
10. partindo-se das nove etapas anteriores, realimentando-as, porém, na medida do necessário, utilizar um dos vários métodos analíticos disponíveis na literatura de Teoria da Decisão – os “métodos multicritério” – para selecionar, ordenar, classificar ou descrever detalhadamente as alternativas a partir das quais se tomará a decisão. A realimentação se deve ao fato de que, ao longo dessa análise técnica, poderá emergir algum aspecto do problema sobre o qual não se tinha atentado durante as nove etapas anteriores, gerando, assim, por exemplo, novas alternativas ou novos critérios;

11. efetuar crítica dos resultados obtidos na décima etapa. Tentando assumir tanto a posição de quem tomará a decisão como de quem viverá as consequências diretas e indiretas da decisão. Eventualmente, em decorrência dessa crítica, haverá necessidade de se refazer a décima etapa; e
12. produzir recomendações bem objetivas para quem tomará a decisão, aqui incluídas a proposta da decisão em si e a melhor forma de implementá-la, garantindo a documentação transparente de todas as etapas, com vistas à aprendizagem organizacional. A percepção da viabilidade da implementação de cada uma das alternativas candidatas deverá, aliás, permear todo o processo descrito anteriormente, podendo, em muitos casos, constituir-se um dos critérios de decisão.

As nove primeiras etapas constituem o que se denomina, geralmente, por “estruturação do problema”. A décima e a décima primeira etapa constituem a “análise da decisão”, ao passo que a última é a “síntese” (GOMES, 2007).

### 3.4

#### **Processo decisório**

O conceito de decisão ou tomada de decisão encontra-se inextricavelmente relacionado ao processo decisório. A decisão, na verdade, realiza-se através de um processo (dinâmico) que evolui com o transcorrer do tempo, durante o qual ocorrem muitas confrontações e interações entre as preferências dos atores (ROY, 1985).

O fluxo do processo de decisão ocorre em diversas etapas – não em um determinado ponto no tempo – que não são necessariamente pré-determinadas ou organizadas de maneira lógica.

Segundo Cavassin (2004) *apud* Bana e Costa (1995), a tomada de decisão é, apesar de ser parte integrante do dia a dia das pessoas, “uma atividade intrinsecamente complexa e potencialmente das mais controversas, em que temos naturalmente que escolher não apenas entre possíveis alternativas de ação, mas

também entre pontos de vista e formas de avaliar essas ações, enfim, de considerar toda uma multiplicidade de fatores direta e indiretamente relacionados com a decisão a tomar”.

O processo decisório envolve alguns procedimentos necessários à definição de problemas, avaliação de alternativas e escolha de uma diretriz de ações e ou de soluções. Tal processo pode se tornar bastante complexo, caso se tenha um grande número de alternativas diferentes pontos de vista com relação aos tomadores de decisão<sup>12</sup>, critérios conflitantes para a resolução do problema, entre outras questões que podem ocorrer. Desta forma, a tomada de decisão nem sempre será feita de forma simples e despercebida, muitas vezes exigindo-se a aplicação de técnicas de auxílio à tomada de decisão.

O processo decisório também envolve alguns atores. Atores - ou na literatura inglesa “stakeholders” – são as pessoas, grupos e/ou instituições que participam direta ou indiretamente do processo decisório, ou seja, que possuem interesse nos resultados da decisão (ENSSLIN; MONTIBELLER; NORONHA, 2001).

Segundo Gomes (2007), eis alguns dos principais participantes envolvidos na prática da Teoria da Decisão:

- a) tomador de decisão – aquele a quem foi formal ou moralmente delegado o poder de decisão. Também chamado proprietário da decisão ou, simplesmente, decisor, é o responsável último pela decisão a ser tomada. Pode ser uma única pessoa ou um conjunto de indivíduos (um grupo, um comitê, uma companhia), a quem são dirigidas as recomendações sobre qual decisão deve-se tomar;
  
- b) agente de decisão – indivíduo ou grupo de indivíduos que, direta ou indiretamente, realiza cálculos, gera estimativas, ordena preferências e juízos de valor que se empregam ao longo da análise de decisão; e

---

<sup>12</sup> Decisor, tomador de decisão ou agente decisor (tradução do inglês Decision Maker – DM).

- c) analista da decisão<sup>13</sup> – profissional conhecedor dos fundamentos e dos métodos da Teoria da Decisão, a quem se atribui a tarefa de administrar a estruturação do problema, sua análise e a produção de recomendações ao tomador de decisão. Pode-se também dizer que a modelagem e a resolução do problema são as atividades essenciais do analista da decisão, que, constantemente, interage com os agentes de decisão e com o próprio tomador de decisão.

Assim, as funções desempenhadas pelo tomador de decisão e pelo analista da decisão são complementares, mesmo que, em última instância, a responsabilidade direta da decisão caiba ao primeiro e não ao segundo.

### 3.5

#### Paradigmas Científicos

Para Kuhn (1996), paradigma é um modelo de mundo que compreende o conjunto de teorias que buscam explicar os fenômenos estudados. O autor defende, em sua célebre obra *A estrutura das revoluções científicas*, que paradigmas diferentes estabelecem uma visão muito distinta de mundo, não podendo ser comparados. Novos paradigmas podem responder, com mais eficiência, um número de questões maior que o anterior, ou podem fazer face a problemas que tenham maior prioridade para a ciência. Essas prioridades mudam de acordo com a sociedade e época, de modo que o novo paradigma pode ser substituído no futuro por um velho paradigma.

Ensslin *et al.* (2001) explicam que as metodologias (ou métodos) voltadas ao Apoio à Decisão (MCDA - *Multiple Criteria Decision Aid*<sup>14</sup>) adotam o construtivismo como paradigma científico, ao contrário das metodologias voltadas à Tomada de Decisão (MCDM) que seguem o paradigma racionalista. Assim, os MCDA enquadram-se no primeiro caso, enquanto a Pesquisa Operacional tradicional enquadra-se no segundo (ENSSLIN *ET AL.*, 2001).

<sup>13</sup> Na presente dissertação, o termo “analista da decisão”, quando usado no singular, refere-se ao pesquisador (ou a autora) desta pesquisa.

<sup>14</sup> Na literatura, os dois termos, MCDM e MCDA, muitas vezes são tratados como sinônimos. Na presente dissertação, o AHP é citado como exemplo de MCDM, para o qual se adota o paradigma racionalista, segundo a classificação de Ensslin *et al.* (2001).

Há que se destacar, no que concerne aos paradigmas científicos, que sua característica marcante é a incomensurabilidade (KUHN, 1996). Em outras palavras, Ensslin *et al.* (2001) afirmam que as considerações válidas para um paradigma podem ser consideradas completamente inválidas para outro, já que o objetivo e a validação dos modelos são totalmente diferentes. Por exemplo, a busca pelo ótimo, empreendida pelos seguidores do racionalismo, parece inválida aos praticantes do construtivismo. Assim sendo, uma vez escolhido o paradigma científico a ser utilizado, faz-se necessário seguir suas normas, não sendo exequível mitigar os paradigmas.

A tabela 1 apresenta um comparativo entre as principais características dos paradigmas racionalista e construtivista:

	PARADIGMA RACIONALISTA	PARADIGMA CONSTRUTIVISTA
TOMADA DE DECISÃO	Momento em que ocorre a escolha da solução ótima	Processo ao longo do tempo envolvendo interação entre os atores
DECISOR	Totalmente racional	Dotado de sistema de valores próprio
PROBLEMA A SER RESOLVIDO	Problema real	Problema construído (cada decisor constrói seu próprio problema)
MODELOS	Representam a realidade objetiva	Constituem ferramentas aceitas pelos decisores como úteis no apoio à decisão
RESULTADOS DOS MODELOS	Soluções ótimas	Recomendações que visam a atender aos valores dos decisores
OBJETIVO DA MODELAGEM	Encontrar a solução ótima	Gerar conhecimento aos decisores sobre seu problema
VALIDADE DO MODELO	Modelo é válido quando representa a realidade objetivamente	Modelo é válido quando serve como ferramenta de apoio à decisão
PREFERÊNCIA DOS DECISORES	São extraídas pelo analista	São construídas com o analista de decisão
FORMA DE ATUAÇÃO	Tomada de decisão	Apoio à decisão

**Tabela 1 – Características dos Paradigmas Racionalista e Construtivista**

FONTE: O Apoio à decisão; pg 37 (ESSLIN *ET AL.*, 2001).

### 3.6

#### Análise Multicritério

Parreiras (2006) comenta que a análise multicritério tem como principal objetivo auxiliar o homem a fazer escolhas em conformidade com seus interesses, em circunstâncias de dúvidas, incertezas, conflitos de informações e concorrência entre vários critérios. Ao contrário da otimização, cujos problemas são estáveis e definidos, a análise multicritério versa sobre problemas cuja formulação está sujeita a alterações ao longo de seu processo de solução, visto que o próprio processo de decisão é considerado parte integrante do problema.

Para Nijkamp e Spronk (1979), a característica básica da análise multicritério é o fato de que vários aspectos relevantes da decisão podem ser levados em consideração sem a necessidade de traduzi-los em termos monetários, por exemplo.

Na otimização clássica sob restrições ou na programação matemática com uma única função objetivo, procura-se o valor máximo ou mínimo de uma única função objetivo, submetida a um conjunto de restrições a ser respeitado. Isso equivale a afirmar que todas as consequências derivadas da escolha de cada uma das alternativas podem ser reduzidas ou expressas em termos de uma única função avaliadora. E ainda, todas as condições ou restrições devem ser atendidas, o que introduz a uma rigidez excessiva às decisões.

Entretanto, na prática, o tomador de decisão costuma usar vários critérios simultaneamente para avaliar as diferentes alternativas, sendo alguns deles difíceis de medir no que se refere às consequências não monetárias (por exemplo, o impacto sócio ambiental, a qualidade, a segurança, etc). Ainda que pudessem ser incorporados ao modelo por intermédio de restrições, percebe-se a dificuldade de se lidar, ao mesmo tempo, com múltiplas dimensões, além da monetária (GOMES, 2007).

Assim sendo, a análise multicritério estuda formas de auxiliar o homem, neste contexto denominado decisor, a decidir mediante a presença de incertezas e conflitos de interesses. Normalmente, um único ponto de vista é insuficiente para abrigar toda a informação necessária e todas as contradições inerentes ao problema, surgindo então a importância de considerar vários critérios durante o processo a análise de decisão.

Shmidt (1995) considera que, em se tratando de análise multicritério para a tomada de decisão, a experiência e o conhecimento das pessoas são pelo menos tão valiosos quanto os dados utilizados.

### **3.7 Métodos Multicritérios**

Até os anos 60, a Pesquisa Operacional foi dominada pela procura do ótimo, que se tornou a principal justificativa para o desenvolvimento de novos métodos (Roy, 1985).

A análise multicritério ganhou um interesse crescente, na Europa, no início dos anos 70. Este interesse direcionava-se a aplicações práticas, em especial em problemas de localização (Guigou, 1971; Schärling, 1973), planejamento arquitetônico (Ventura, 1973; Michel, 1974) e problemas de transportes (CAMIER *ET AL.*, 1974).

Sternadt (1997) menciona que um dos primeiros livros dedicados à análise multicritério foi escrito por Guigou (1974) e, com o passar dos anos, muitas pesquisas e metodologias multicriteriais foram desenvolvidas. Essas pesquisas estavam voltadas essencialmente para a elaboração de critérios de agregação e pouco se dedicavam à elaboração de modelos de estruturação dos problemas. O autor acrescenta, ainda, que tais metodologias foram apresentadas por alguns autores, dentre os quais: Roy (1985), Norese e Ostanello (1989), Ostanello (1990), Bouyssou (1990), Grassin (1986), Roy e Slowinsk (1993) e Bana e Costa (1995).

#### **3.7.1 Classificação dos Métodos Multicritérios**

A partir da diversificação das pesquisas, diferentes classificações para os Métodos Multicritérios têm sido sugeridas pelos estudiosos deste assunto, dentre os quais: Schärling (1985), Steuer e Gardiner (1990), Stewart (1992), Vincke (1992), Roy (1985) e Siskos e Spyridakos (1999).

Enssiln *et al* (2001) *apud* Roy (1996) propõem a classificação dos Métodos Multicritério em três diferentes abordagens, aqui enumeradas:

- a. Critério Único de Síntese;
- b. Subordinação de Síntese; e

c. Julgamento Local Interativo.

Cavassin (2004) *apud* Vincke (1992) sugere a divisão dos métodos multicritério em três categorias, mesmo considerando indistintos os limites entre elas:

- a. Teoria da Utilidade Multiatributo (MAUT – *MultiAttribute Utility Theory*);
- b. Métodos de sobreclassificação<sup>15</sup>; e
- c. Métodos interativos.

### 3.7.2

#### Teoria da Utilidade Multiatributo

Esta abordagem é considerada clássica na análise multicritério, desenvolvida por pesquisadores da Escola Americana - Keeney e Raiffa (1976), fundamentando-se em modelos matemáticos restritivos e axiomáticos rígidos, que determinam como o decisor deve agir para que sua decisão seja racional. Em contrapartida, importantes contribuições nos campos da psicologia, da sociologia e da ciência cognitiva levaram ao desenvolvimento de outros modelos multicritérios - reunidos na Escola Francesa ou Européia (PARREIRAS, 2006).

Considerando a classificação sugerida por Roy (1985), a MAUT adota a abordagem de Critério Único de Síntese, na qual um determinado critério é transformado em uma função de utilidade, que pode ser especificada numericamente, assumindo a preexistência de um sistema de preferências, transitividade e independência das preferências do decisor (CAVASSIN, 2004).

A Teoria da Utilidade Multiatributo consiste em uma extensão natural da Teoria da Utilidade (Gomes *et al.*, 2002 *apud* Fishburn, 1970), para o contexto no qual cada alternativa seja descrita por uma lista de atributos, no qual o tomador da decisão busca sempre a solução correspondente ao maior valor possível da função de utilidade. No conjunto de métodos multicritérios, a MAUT é o único método que, a rigor, recebe o nome de teoria, embora seja empregado, algumas vezes, como método analítico. O fato de ser considerado também como teoria sugere que

---

<sup>15</sup> Em português, os termos sobreclassificação, superação, subordinação ou prevalência são encontrados, na literatura sobre o tema, como tradução de *outranking* e *surclassement*, em inglês e francês, respectivamente.

a MAUT tem sólida fundamentação, sendo provavelmente o método multicritério menos adequadamente considerado heurístico.

Vale ressaltar que o método AHP (descrito no capítulo 4) - criado por Saaty, em 1977 - também pode ser considerado como de Critério Único de Síntese, que decompõe o problema em níveis hierárquicos, determinando uma medida global para cada alternativa, através da síntese dos valores dos agentes da decisão, classificando-as ou priorizando-as. Ele é um dos primeiros métodos desenvolvidos para solucionar problemas de tomada de decisão na presença de múltiplos critérios, quantitativos e qualitativos (GOMES, 2007).

### 3.7.3

#### Métodos de sobreclassificação

Tais métodos são representantes da Escola Francesa ou Européia, admitindo uma abordagem de Subordinação (prevalência) de Síntese que difere do Critério Único de Síntese, típico da Escola Americana, modelando as preferências do decisor através de uma relação binária, (Madeira Júnior, 2004 *apud* Vieira, 2002), a qual se baseia no princípio de que uma alternativa pode apresentar um grau de dominância sobre outra, ao invés da suposição de que uma única (“melhor”) solução pode ser identificada (RAMADAN *ET AL*, 2004 *APUD* KANGAS, 2001).

O princípio subjacente à abordagem da Subordinação de Síntese é expresso pelo axioma de comparabilidade parcial, primeiramente desenvolvido por Roy (1985), segundo o qual três situações fundamentais de preferência podem ser encontradas: Incomparabilidade (R) Preferência Estrita (P) e Indiferença (I) e, ainda, em algumas circunstâncias, a Preferência Fraca (Q), a qual leva em consideração casos de indecisão entre P e I (MADEIRA JÚNIOR, 2004).

Entre os métodos mais conhecidos e utilizados estão: a família ELECTRE – *Elimination et Choix Traduisant la Réalité*, a família PROMETHEE – *Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*, ORESTE e TOPSIS (*Technique Order Preference by Similarity to Ideal Solution*).

### 3.7.4

#### Métodos interativos

Conforme assevera Cavassin (2004), diferentemente das duas primeiras abordagens, nas quais a preferência é introduzida *a priori*, o terceiro e mais recente grupo envolve os métodos que alternam passos de cálculos e diálogos com o decisor.

O primeiro passo de cálculos apresenta uma solução inicial que é apresentada ao tomador da decisão, que reage dando informações extras sobre suas preferências. Com a incorporação dessas informações, uma nova solução pode ser construída. Para ser definido como um método interativo, o papel do decisor deve ser não só no sentido de definir o problema, mas também de intervir no procedimento, para elaboração da solução. Dentre muitos métodos propostos na literatura, alguns exemplos são: o STEM, criado por Benayon et al. (1971), que reduz progressivamente o espaço das soluções de compromisso iterativamente pela adição de restrições aos valores dos critérios; o Método de Vanderpooten, criado por Vanderpooten e Vincke (1989), que propõe comparações par a par entre a alternativa preferida corrente e outra que represente um potencial de melhoramento (CAVASSIN, 2004).

### 3.7.5

#### Classificação quanto aos objetivos

O conceito de otimalidade ou eficiência paretiana, como já visto no item 3.2.1, alcançou grande importância no âmbito das decisões multicritérios, podendo ser então definida como: “um conjunto de soluções é eficiente (ou Pareto ótimas) quando está formado por soluções factíveis (isto é, que cumprem as restrições), tais que inexistem outras soluções factíveis que proporcionem uma melhoria num atributo sem piorar ao menos um dos demais atributos” (ROMERO, 2006).

A inclusão de múltiplos objetivos resulta, geralmente, em um problema de maior complexidade, pois esses objetivos podem ser conflitantes. Assim, a noção de solução ótima deixa de ser aplicável, dando lugar ao conceito de conjunto de soluções não dominadas, também chamado conjunto das soluções não inferiores. Ainda, o conceito de solução não dominada aparece na literatura com os nomes de

solução ótima de Pareto ou solução eficiente. Uma solução viável de um problema multiobjetivo é dita não dominada quando não existe outra solução que melhore um dos objetivos sem causar degradação nos outros. Este assunto será mais detalhadamente abordado no capítulo seguinte. O problema multicritério relaciona-se aos métodos e procedimentos pelos quais os vários critérios podem ser formalmente associados no processo de análise. De uma forma geral, estes problemas dividem-se em problemas multiatributos e multiobjetivos. Os primeiros caracterizam-se pela existência de uma quantidade finita de alternativas explicitamente conhecidas. Os problemas multiobjetivos referem-se aos casos em que as alternativas são definidas implicitamente por um conjunto de restrições matemáticas (CAVASSIN, 2004).

Muitos problemas do mundo real apresentam uma coleção de objetivos a serem otimizados que são na maioria das vezes conflitantes entre si, ou seja, é impossível melhorar um objetivo sem deteriorar algum outro. Estes problemas são conhecidos como multiobjetivos e distinguem-se de todos os demais ramos da teoria da otimização quanto ao sentido que o conceito de solução ótima que o problema adquire. Por se tratar de objetivos conflitantes, na otimização multiobjetivo cada objetivo corresponde a uma solução ótima. Isso faz com que esses problemas apresentem um conjunto de soluções ótimas. Os algoritmos evolutivos, por exemplo, têm sido utilizados com sucesso para determinar a fronteira Pareto ótima dos problemas de otimização multiobjetivo, porque eles trabalham com uma população de pontos (possíveis soluções) que podem conter informações sobre várias regiões do espaço de busca, oferecendo, desta forma, maiores possibilidades para encontrar o conjunto Pareto ótimo ou uma aproximação dele.

Conforme Kodikara (2008) ilustra, os métodos decisórios multicriteriais existentes podem ser agrupados em dois grandes ramos, no que tange aos objetivos envolvidos no problema:

- i. único objetivo; e
- ii. múltiplos objetivos ou multiobjetivo.

A abordagem multiobjetivo é aplicada ao problema desta pesquisa, de localização de Unidades Celulares de Intendência, já que se trata da determinação de múltiplos critérios em atendimento a múltiplos objetivos concorrentes, quais

sejam: a) econômicos – minimizar custos de deslocamento e manutenção, sempre que possível; b) relacionados ao emprego e preparo da FAB – maximizar atendimento a áreas com maior potencial de emprego; c) sistêmico-doutrinários – atender ao preconizado pelo Sistema de Intendência Operacional; e d) relativos às preferências de Oficiais envolvidos no processo decisório – maximizar a contribuição participativa dos experts no assunto.

### 3.7.6

#### Métodos multicriteriais contínuos e discretos

No ramo contínuo, denominado Programação Multiobjetivo, os problemas possuem objetivos múltiplos, em que as alternativas podem adquirir um número infinito de valores. Um problema de decisão com várias funções objetivo pode-se representar da seguinte forma:

$$\text{Max } F(x), x \in X \quad (1)$$

Onde:

$x$  é o vetor  $[x_1, x_2, \dots, x_n]$  das  $n$  variáveis de decisão;

$X$  é o conjunto de todos os valores possíveis para as variáveis de decisão;

$F(x)$  é o vetor  $[f_1(x), f_2(x), \dots, f_n(x)]$  de  $p$  Funções Objetivo (FO) do problema.

Entre os métodos multicriteriais contínuos,<sup>16</sup> pode-se citar a Programação por Metas (*Goal Programming*), método de Charnes e Cooper (1961) e o Método das Restrições (*Constraint Method*), desenvolvido por Cohen e Markes (1975).

No ramo discreto, o decisor possui uma escolha dentre várias alternativas existentes – o problema possui um número finito de alternativas e um conjunto de medidas de desempenho (critérios que são apresentados sob várias perspectivas) sob as quais as alternativas discretas são avaliadas.

Exemplos de métodos multicriteriais discretos são descritos a seguir, excetuando-se a Programação por Metas (*Goal Programming*).

### 3.7.7

---

<sup>16</sup> Os métodos multicriteriais contínuos não são objeto de estudo desta dissertação.

## Problema de Decisão Multicritério

Parreiras (2004) postula que um problema de decisão multicritério envolve os seguintes elementos básicos:

- **Conjunto A de alternativas (ações, opções ou possíveis soluções).** Nos problemas classificados como discretos, tal conjunto corresponde a uma lista discreta, finita e geralmente pequena em que cada elemento  $a \in A$  corresponde a uma opção. Em problemas de decisão originados no contexto da otimização multiobjetivo, este conjunto corresponde a um subconjunto de  $\mathbb{R}^k$ , em que cada alternativa corresponde a um vetor de variáveis de otimização  $\vec{x} = (x_1, x_2, \dots, x_k)$ . Nesse tipo de problema, classificado como contínuo,  $A$  tende a ser mais denso do que nos problemas discretos, sendo frequentemente contínuo e limitado apenas por restrições matemáticas.

- **Conjunto de consequências ou atributos**<sup>17</sup>. A decisão final exige que as alternativas sejam comparadas entre si, levando-se em conta os efeitos da implementação de cada uma delas. Assim, em problemas discretos, cada alternativa  $a \in A$  pode ser descrita por suas consequências ou atributos  $(a_1, a_2, \dots, a_m)$ . No contexto específico da otimização multiobjetivo, cada alternativa  $a$  corresponde a um vetor de parâmetros de otimização  $\vec{x}_a$  e suas consequências podem ser definidas a partir da avaliação das funções objetivo  $(f_1(\vec{x}_a), f_2(\vec{x}_a), \dots, f_m(\vec{x}_a))$ .

- **Conjunto C de critérios.** São esses critérios que regem as comparações entre alternativas. Cada critério representa um ponto de vista segundo o qual as comparações são realizadas, sendo modelado, na prática, por uma função  $c_i(\cdot) : A \rightarrow \mathbb{R}$ , que associa um número a cada alternativa. Esse número deve refletir a nota dada pelo decisor à alternativa, considerando o efeito de sua implementação, segundo somente esse ponto de vista. Vale ressaltar que é admissível que uma ou mais consequências da implementação de uma alternativa se refiram ao mesmo critério.

### 3.7.8

<sup>17</sup> Nesta dissertação, os termos efeito, consequência e atributo são usados como sinônimos.

## Escola Americana

A Escola Americana tem por base a Teoria da Utilidade, segundo a qual os problemas de decisão podem ser modelados matematicamente pela maximização de uma função, chamada de função utilidade, teoricamente capaz de representar a utilidade de cada alternativa para o decisor. Através dessa função, é atribuída a cada alternativa uma nota (valor escalar ordinal), que permite a ordenação de todas as alternativas, da melhor até a pior. A alternativa preferida - a de maior utilidade - é, portanto, aquela que possui a maior nota. Assim, os métodos da Escola Americana caracterizam-se por auxiliar o decisor a construir uma função utilidade conforme suas preferências, baseando-se na teoria axiomática que assegura a existência dessa função (PARREIRAS, 2004).

A atitude da Escola Americana é racionalista, pois instrui o decisor a agir conforme algumas regras pré-estabelecidas consideradas necessárias para assegurar um comportamento racional e determina como os métodos devem funcionar, tendo como base os itens a seguir:

- i. uma teoria axiomática bem estruturada que confere aos métodos uma certa rigidez, exigindo do decisor uma atitude isenta de dúvidas ou hesitações, com preferência e indiferença transitivas e com capacidade de avaliar critérios independentes entre si; e
- ii. a convicção de que, antes do início do processo de decisão, o decisor já tem seus valores e seu sistema de preferências bem definidos. Por isso, em geral, seus métodos de decisão extraem do decisor um grande volume de informações para a construção de modelos racionais que respeitem sua preferência e seus valores (PARREIRAS, 2004).

Os principais métodos da Escola Americana são descritos abaixo<sup>18</sup>, ressaltando que autores frequentemente os classificam, na literatura sobre o tema, como Métodos de Auxílio à Tomada de Decisão (MCDM), seguindo o Paradigma Racionalista:

---

<sup>18</sup> Adaptado de Parreiras, 2004.

**AHP** – *Analytic Hierachy Process*. O problema de decisão é dividido em níveis hierárquicos, com base em critérios que refletem os valores dos agentes da decisão, os quais estabelecem uma medida global para cada uma das alternativas a partir de uma comparação par a par, priorizando-as e classificando-as.

**FUZZY-AHP**<sup>19</sup> – *Hierarchical Semi-Numeric Method for pairwise Fuzzy Group Decision Making*. É um caso particular do AHP, que parte de sua estrutura hierárquica e utiliza variáveis linguísticas (baixo, médio, muito baixo, alto, muito alto, etc.) para fazer as avaliações dos critérios e alternativas.

**ANP** - *Analytic Network Process*. Através da estruturação em rede, o método mostra detalhadamente as relações de influência que existem entre diferentes critérios e aquelas que existem entre critérios e alternativas.

**MACBETH** – *Measuring Attractiveness by a Categorical based Evaluation Technique*. É um método que permite representar numericamente os julgamentos dos decisores sobre a atratividade global das ações, unindo a representação numérica da informação, com os critérios, dentro de um modelo de avaliação global.

**PROGRAMAÇÃO POR METAS** – *Goal Programming*. A programação de metas é uma simples modificação e extensão de programação linear, que permite uma solução simultânea de um sistema de objetivos complexos, em que o decisor ordena todas as alternativas a partir da distância de cada uma delas em relação a uma determinada meta que se deseja alcançar.

**SMARTS** – *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Swings*. A partir de um procedimento chamado de “*swing weights*” (peso das trocas), os autores incluem a questão da amplitude dos valores das alternativas nos critérios à noção de importância e compensação intercritérios.

**SMARTER** – *Simple Multi-Attribute Rating Technique using Exploiting Rankings*. Após a ordenação dos critérios, utilizam-se valores pré-determinados denominados *ROC weights (Rank Order Centroid weights)* para os pesos, simplificando a obtenção das utilidades multiatributo.

---

<sup>19</sup> A lógica *fuzzy*, apesar de procurar ser abrangente quanto ao tratamento de variáveis, não é uma abordagem que ganhou muito impulso no tratamento de problemas de localização, conforme assevera Romero (2006) *apud* Vallim (2004).

**TODIM** – *Tomada de Decisão Interativa e Multicritério*. O método faz uso da noção de uma medida global de valor calculável pela aplicação do paradigma em que consiste a Teoria dos Prospectos.

**UTADIS** – *Utilités Additives Discriminantes*. Classifica alternativas em categorias pré-definidas pela simples comparação entre o valor da função utilidade global para cada alternativa e constantes usadas para delimitar cada classe.

### 3.7.9

#### Escola Francesa ou Européia

Os métodos desenvolvidos pela Escola Francesa ou européia permitem uma modelagem mais flexível do problema, pois não admitem, necessariamente, a comparabilidade entre todas as alternativas, além de não imporem ao analista de decisões uma estruturação hierárquica dos critérios existentes.

Parreiras (2004) salienta que o nascimento da Escola Francesa deu-se com o desenvolvimento do primeiro método a empregar o conceito de sobreclassificação o ELECTRE I, em 1968. A origem do termo Escola Francesa deriva-se desse conceito, pois os primeiros métodos a empregá-lo foram desenvolvidos por pesquisadores franceses. Hoje, entretanto, a pesquisa sobre tomada de decisão segundo essa linha de pensamento não está restrita à França. Importantes contribuições têm surgido da Europa Ocidental, especialmente da Bélgica. Por isso alguns autores preferem o termo Escola Européia. Os métodos de decisão da Escola Francesa caracterizam-se por apresentar dois estágios. No primeiro, são realizadas comparações entre cada alternativa pertencente a  $A$  e as demais. A partir dessas comparações, são definidas relações de sobreclassificação entre cada par de alternativas de tal maneira que, dadas  $a, b \in A$ , se  $a$  é pelo menos tão boa quanto  $b$ , então pode-se dizer que  $a$  sobreclassifica  $b$ . No segundo estágio, essas relações são exploradas por meio de um conjunto de diretrizes, tendo como objetivo ordenar as alternativas da melhor para a pior, classificar as alternativas em categorias predefinidas ou obter a melhor alternativa de  $A$ .

Como já verificado, alguns autores enfatizam as diferenças entre as atitudes de cada Escola, utilizando o termo Tomada de Decisão Multicritério — *Multicriteria Decision Making* ou MCDM— para se referir à abordagem da

Escola Americana e o termo Auxílio ou Apoio à Tomada de Decisão Multicritério — *Multicriteria Decision Aid* ou MCDA — para se referir à abordagem da Escola Francesa. Outros preferem diferenciá-las dizendo que a atitude da Escola Americana é normativa ou racionalista, enquanto a da Escola Francesa é construtivista.

Parreiras (2004) lembra, ainda, que a atitude da Escola Francesa é construtivista, auxiliando o decisor a construir suas preferências, considerando que essas são inicialmente instáveis ou inexistentes. Por isso, os métodos extraem do decisor apenas as informações confiáveis e significativas. Em geral, envolvem a especificação de apenas alguns parâmetros de entrada e a execução de algoritmos complexos, que realizam as comparações entre os pares de alternativas, para construir um modelo coerente com as informações obtidas. Baseiam-se em modelos mais completos da preferência humana, os quais incluem incertezas e, às vezes, admitem julgamentos intransitivos. Por outro lado, a complexidade desses modelos dificulta seu uso operacional e torna os métodos de decisão menos transparentes.

A Escola Francesa é criticada, sobretudo, por não se fundamentar em uma teoria axiomática bem estruturada e completa, o que pode gerar, na prática, interpretações ambíguas e comportamento inesperado de seus métodos.

### 3.8

#### **Conclusões do capítulo**

Uma breve revisão bibliográfica sobre o Problema de Localização de Instalações (FLP) foi feita, no início do capítulo, sugerindo a utilização de abordagens multicritérios em problemas reais, em que os modelos de localização clássicos parecem não refletir apropriadamente a complexidade da medição de fatores intangíveis.

Outrossim, o capítulo voltou-se a uma revisão bibliográfica sobre a Teoria da Decisão, abordando exemplos modelos multicritérios e as duas principais linhas de estudo sobre o tema - as Escolas Americana e Européia ou Francesa.

Embora haja muita divergência entre autores sobre a classificação dos modelos multicritérios, a pesquisadora propôs a classificação adotada por Cavassin (2004), ressaltando a diferença principal de abordagem entre os

métodos estudados pelas Escolas - em que os MCDM adotam o Paradigma Racionalista e os MCDA, o Paradigma Construtivista.

O próximo capítulo destina-se à revisão conceitual sobre o método AHP – *Analytic Hierarchy Process*, desenvolvido por Thomas Saaty (1990), um exemplo de MCDM, identificando as principais razões pela escolha deste método para resolver o problema de localização de Unidades Celulares de Intendência da FAB.