

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

**MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO
PARA RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO JABOATÃO EM
PERNAMBUCO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE
POR

VANESSA BATISTA DE SOUSA SILVA

Orientadora: Profa. Danielle Costa Moraes, D.Sc.
Co-orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD

RECIFE, ABRIL / 2008

S586m

Silva, Vanessa Batista de Sousa

Modelo multicritério de decisão em grupo para recuperação da Bacia do Rio Jaboatão em Pernambuco / Vanessa Batista de Sousa Silva. – Recife: O Autor, 2008. x, 124 f.; il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2008.

Inclui referências bibliográficas e Apêndices.

1. Engenharia de Produção. 2. Apoio a Decisão Multicritério. 3. Decisão em Grupo. 4. PROMETHEE. 5. Recursos Hídricos. I. Título.

658.5 CDD (22.ed.)

UFPE/BCTG/2008-100



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

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE
MESTRADO ACADÊMICO DE

VANESSA BATISTA DE SOUSA SILVA

**"MODELO MULTICRITÉRIO DE DECISÃO EM GRUPO PARA RECUPERAÇÃO
DA BACIA DO RIO JABOATÃO EM PERNAMBUCO"**

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: PESQUISA OPERACIONAL

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata VANESSA BATISTA DE SOUSA SILVA **APROVADA COM DISTINÇÃO**.

Recife, 30 de abril de 2008.

Profª. DANIELLE COSTA MORAIS, Doutor (UFPE)

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

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

Profª. MARIA DO CARMO MARTINS SOBRAL, PhD (UFPE)

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me dado sabedoria para reconhecer o momento certo de encarar este novo desafio e por ter me dado coragem e força para lidar com as grandes mudanças que sucederam à minha decisão.

A meus pais e irmãos pelo incentivo, confiança e amor.

Ao Professor Adiel Teixeira de Almeida que me apresentou o programa, me orientou e, principalmente, me fez perceber que valeria muito a pena. Agradeço também à parceria do Professor Adiel junto com a Professora Danielle Costa Morais, pela orientação acadêmica e pela confiança na minha capacidade de realizar este trabalho.

A Fernando Schramm com quem tenho compartilhado sonhos e conquistas.

Às amigas de mestrado Lucyenne Cândido, Tuane do Egito e Telma Lima pelo companheirismo que ajudou a simplificar as dificuldades.

Aos amigos Alessandra Barbosa, André Bazante, Juliana Loureiro, Luckerson Cruz e Yeda Lima, que são meu porto seguro nesta cidade.

Aos amigos do GPSID que estiveram sempre à disposição para ajudar.

Ao PPGEP e ao CNPq, que me concedeu apoio financeiro.

Aos membros do COBH-Jaboatão pela contribuição essencial ao desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

O comprometimento da qualidade da água é um dos fatores que mais influencia o problema da disponibilidade deste recurso. Diversos fatores contribuem para o processo de degradação de uma bacia hidrográfica e as responsabilidades são devidas a diferentes setores usuários dos recursos hídricos, que são também responsáveis pela maior parte dos investimentos feitos nesta área. Sendo assim, é essencial o envolvimento de representantes dos diferentes setores usuários na identificação de alternativas, caracterizando o programa de recuperação de uma bacia hidrográfica como sendo um programa de cooperação multilateral. O envolvimento de muitos decisores torna a determinação de alternativas uma atividade complexa, pois diferentes percepções devem ser estabelecidas e argumentadas. Diante da complexidade exposta, faz-se necessária a aplicação de um método que considere as diferentes percepções, representadas por múltiplos critérios estabelecidos e diferentes medidas de importância atribuídas a cada um deles por cada decisor. Uma abordagem multicritério para apoiar decisão em grupo é bastante útil para auxiliar neste tipo de tomada de decisão que envolve muitas alternativas, múltiplos critérios, alguns deles conflitantes entre si, cujas consequências terão grande impacto sobre os envolvidos e sobre terceiros. Este estudo apresenta um modelo de decisão em grupo que fornece um *ranking* de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, Pernambuco, por meio da utilização do método de sobreclassificação PROMETHEE II. Para cada decisor foi obtido um *ranking* das alternativas e em seguida os *rankings* individuais foram agregados resultando num *ranking* global que contempla as preferências do grupo.

ABSTRACT

The impairment of water quality is one of the factors that most contributes to the problem of water availability. Several factors contribute to the degradation of a hydrographic basin, and responsibilities for this degradation lie in different water resource sectors. These sectors are also responsible for most of the investments made in the basins. Therefore, to identify alternatives for environmental recuperation of a hydrographic basin, it is essential to develop a multilateral cooperation program, which involves representatives of the various water sectors. The involvement of multiple decision makers in the determination of alternatives to preserve a hydrographic basin can be very complex, since different view points must be established and debated. Given this complexity, it is necessary to implement a method that considers the different points of view, represented by multiple established criteria, and by various measures of importance assigned by each of the decision makers. A multicriteria approach to support group decision is a useful tool for decision makers, since it involves many alternatives, multiple criteria, some of them conflicting with each other, and whose consequences will have great impact on those involved and on third parties. This study presents a model of group decision support system in which provides a ranking of alternatives for environmental recuperation of Rio Jaboatão, Pernambuco, hydrographic basin through the use of the outranking method PROMETHEE II. For each decision maker the alternatives were ranked and then the individual rankings were combined into a global ranking which contained the preferences of the entire group.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1	RELEVÂNCIA DO ESTUDO	2
1.2	OBJETIVOS	3
1.3	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	4
2	BASE CONCEITUAL	5
2.1	APOIO A DECISÃO MULTICRITÉRIO	5
2.1.1	ESTRUTURAS DE PREFERÊNCIAS	6
2.1.2	CONCEITOS BÁSICOS	9
2.2	MÉTODOS MULTICRITÉRIOS.....	10
2.2.1	TEORIA DA UTILIDADE MULTIATRIBUTO	11
2.2.2	MÉTODO ELECTRE	11
2.2.3	MÉTODO PROMETHEE	12
2.3	MÉTODOS MULTICRITÉRIOS PARA DECISÃO EM GRUPO.....	16
2.3.1	ELECTRE-GD.....	18
2.3.2	GDDS PROMETHEE.....	19
3	BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO.....	24
3.1	IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DEGRADAÇÃO.....	30
3.1.1	POLUIÇÃO DE ORIGEM URBANA	30
3.1.2	POLUIÇÃO DE ATIVIDADES AGRÁRIAS	33
3.1.3	POLUIÇÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA	34
3.1.4	POLUIÇÃO INDUSTRIAL	35
3.2	COMITÊ DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO.....	37
4	MODELO DE DECISÃO EM GRUPO PARA RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO JABOATÃO.....	42
4.1	ESCOLHA DO MÉTODO.....	43
4.2	DESCRIÇÃO DO MODELO	44
4.2.1	ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA.....	45
4.2.2	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL	52
4.2.3	AVALIAÇÃO EM GRUPO	57
4.2.4	RESOLUÇÃO DE CONFLITOS	58
5	APLICAÇÃO NUMÉRICA DO MODELO.....	60
5.1	AVALIAÇÃO INDIVIDUAL.....	61
5.1.1	PESOS DOS CRITÉRIOS	61
5.1.2	FUNÇÕES DE PREFERÊNCIA	61

5.1.3	JULGAMENTO DAS ALTERNATIVAS EM RELAÇÃO AOS CRITÉRIOS	62
5.1.4	<i>RANKING</i> INDIVIDUAL	65
5.1.5	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	67
5.2	AVALIAÇÃO EM GRUPO	68
5.2.1	<i>RANKING</i> GLOBAL	68
5.2.2	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE	70
6	CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	73
6.1	CONCLUSÕES	73
6.2	PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS	75
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	76
	APÊNDICE 1	81
	APÊNDICE 2	121

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Método de agregação em nível de entrada.....	17
Figura 2.2 – Método de agregação em nível de saída	18
Figura 2.3 – Formulário para geração de alternativas	21
Figura 2.4 – Da avaliação individual para matriz de avaliação global	22
Figura 3.1 – Mapa das 12 regiões hidrográficas e da divisão político-administrativa do Brasil ..	25
Figura 3.2 – Mapa da Bacia do Rio Jaboatão.....	27
Figura 3.3 – Estruturação do problema	30
Figura 4.1 – Fluxograma das etapas do modelo.....	45
Figura 5.1 – Estágios de avaliação individual e em grupo.....	60
Figura 5.2 – Gráfico da variação de posição nos rankings individuais para A4, A2, A3 e A6.....	69
Figura 5.3 - Gráfico da variação de posição nos rankings individuais para A5, A8, A7 e A1	70

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 - Relações básicas de preferência	7
Quadro 2.2 – Relações consolidadas para a modelagem de preferência	7
Quadro 2.3 – Estruturas de preferência básicas sem incomparabilidade	8
Quadro 2.4 - Estruturas básicas de preferência com incomparabilidade.....	9
Quadro 2.5 – Formas para função de preferência.....	14
Quadro 3.1 – Indústrias potencialmente poluidoras da bacia do Rio Jaboatão	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Matriz de preferência.....	19
Tabela 2.2 - Tabela de Avaliação.....	21
Tabela 3.1 - Área de drenagem da bacia do Rio Jaboatão	26
Tabela 3.2 - Carga poluidora dos esgotos sanitários.....	31
Tabela 3.3 – Entidade que compõem o COBH-Jaboatão.....	40
Tabela 4.1 – Caracterização da situação da bacia do Rio Jaboatão	46
Tabela 4.2 – Representantes do comitê da bacia hidrográfica	47
Tabela 4.3 – Decisores e suas respectivas representações	48
Tabela 4.4 – Alternativas para solucionar/controlar/reduzir o processo de degradação da bacia.....	50
Tabela 4.5 - Critérios e respectivas descrições	51
Tabela 4.6 – Conversão escala verbal em escala numérica para o critério C4.....	53
Tabela 4.7 - Conversão escala verbal em escala numérica para o critério C5, C6 e C7	53
Tabela 4.8 – Avaliação da escala para o critério C4	54
Tabela 4.9 - Avaliação da escala para o critério C5.....	54
Tabela 4.10 - Avaliação da escala para o critério C6.....	55
Tabela 4.11 - Avaliação da escala para o critério C7.....	55
Tabela 4.12 – Índices de preferência das alternativas e respectivos fluxos positivos e negativos.....	56
Tabela 4.13 – Fluxos líquidos das alternativas para todos os decisores	57
Tabela 5.1 - Pesos dos critérios consolidados (aplicação)	61
Tabela 5.2 – Funções de preferência e respectivo parâmetro p para todos os decisores	62
Tabela 5.3 – Avaliação das alternativas para os critérios C1, C2 e C3.....	63
Tabela 5.4 – Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM1.....	64
Tabela 5.5 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM2	64
Tabela 5.6 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM3	64
Tabela 5.7 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM4	64
Tabela 5.8 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM5	65
Tabela 5.9 – Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM1.....	65
Tabela 5.10 - Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM2	66
Tabela 5.11 - Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM3	66
Tabela 5.12 - Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM4	66
Tabela 5.13 - Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM5	67

Tabela 5.14 – Ranking global das alternativas.....	68
Tabela 5.15 - Pesos dos critérios após anular C1 e C2	71
Tabela 5.16 – Ranking global das alternativas sem C1 e C2	71

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso natural indispensável à sobrevivência do homem e demais seres vivos do Planeta. É um recurso cada vez mais limitado e exaurido pelas ações impactantes do homem nas bacias hidrográficas, degradando a sua qualidade e prejudicando os ecossistemas (PAZ *et al.*, 2000).

No caso das metrópoles, Ministério do Meio Ambiente-MMA & Agência Nacional das Águas-ANA (2007) destacam os seguintes fatores como os de maior expressão na delimitação do quadro de disponibilidade de recursos hídricos:

- baixos níveis de tratamento dos esgotos domésticos;
- disposição inadequada de resíduos sólidos: lixões a céu aberto ou ausência/insuficiência de coleta;
- impermeabilização crescente do solo urbano, com redução nos tempos de concentração e interferência nas condições naturais de drenagem, amplificando os efeitos das cheias a jusante;
- comprometimento de mananciais próximos, com escassez de disponibilidade hídrica em qualidade adequada;
- interdependência mútua entre todos estes fatores, em razão de condições operacionais decorrentes dos próprios padrões inadequados de urbanização e de uso e ocupação do solo.

Os fatores, geralmente, ocorrem de forma combinada e as responsabilidades são devidas a diferentes setores usuários dos recursos hídricos. De acordo com MMA & ANA (2007), 95% dos investimentos que afetam os recursos hídricos são empreendidos pelos setores usuários. Sendo assim, é essencial o envolvimento de representantes destes setores na identificação de alternativas, caracterizando o programa de recuperação de uma bacia hidrográfica como sendo um programa de cooperação multilateral.

O envolvimento de diferentes decisores torna a determinação de alternativas para recuperação de uma bacia hidrográfica uma atividade complexa, pois diferentes percepções devem ser estabelecidas e argumentadas. Diante da complexidade exposta, faz-se necessária a aplicação de um método que considere as diferentes percepções, representadas por múltiplos critérios estabelecidos e por diferentes medidas de importância atribuídas a cada um deles por cada um dos decisores. Dessa forma, será possível encontrar um conjunto de alternativas que melhor se adéque aos interesses e necessidades dos envolvidos e que apresente um melhor

desempenho, considerando todos os aspectos envolvidos na situação, sejam eles técnicos, financeiros, sociais ou ambientais.

O estudo foi realizado sobre a bacia do Rio Jaboatão em Pernambuco, cuja extensão abrange os Municípios pernambucanos de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Recife, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão. Ao longo da bacia são desenvolvidas importantes atividades econômicas que abrangem setores, tais como químico, produtos alimentares, metalurgia, têxtil, bebidas, papel/papelão, material plástico, material elétrico/comunicação, sucroalcooleiro, vestuário/artefatos/tecidos, calçados, mecânica, produtos farmacêuticos/veterinário e material de transporte (AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS-CPRH, 2007). Além disso, a bacia é responsável pelo abastecimento de regiões com alta densidade demográfica e com alto potencial turístico, tais como Recife e Jaboatão dos Guararapes. Diante disto, é notável a importância que a bacia do Rio Jaboatão representa ao desenvolvimento econômico e social das microrregiões pernambucanas de Recife, Suape e Vitória de Santo Antão e também aos ecossistemas e biomas destas microrregiões.

O estabelecimento de um programa de recuperação para a bacia do Rio Jaboatão exigiu esforços analíticos e metodológicos, resultando no desenvolvimento de um modelo para determinação de alternativas para recuperação da bacia a partir de uma análise multicritério da situação.

O modelo utilizou o método multicritério PROMETHEE II para apoiar a decisão em grupo. O modelo foi construído de modo a melhor considerar e tratar os diferentes pontos de vistas e interesses conflitantes dos decisores usuários das bacias, responsáveis pela degradação.

1.1 Relevância do Estudo

A bacia do Rio Jaboatão enfrenta hoje sérios problemas de degradação decorrentes da utilização desordenada de sua área de drenagem. Este processo de degradação é contínuo e crescente, e se medidas não forem adotadas, a utilização da bacia como um recurso hídrico para abastecimento doméstico e industrial terá um custo cada vez mais elevado refletindo em sérios problemas econômicos e sociais para as microrregiões pernambucanas Recife, Suape e Vitória de Santo Antão, podendo, inclusive, vir a gerar conflitos sobre as formas de utilização do recurso.

Decisões sobre recursos hídricos geralmente envolvem múltiplos objetivos e ações cujas conseqüências são altamente intangíveis, incluindo itens tais como biodiversidade, recreação,

paisagem, saúde pública, etc.. Estas características fazem com que a análise multicritério, na qual alternativas são avaliadas em relação a um conjunto de critérios, seja uma abordagem interessante para tratar este tipo de decisão (HAJKOWICZ & HIGGINS, 2008).

A seleção da medida (ação) ou conjunto de medidas é tida como a fase mais importante do processo de implementação de um programa de controle de degradação (BRAGA *et al.*, 2005). Dessa forma, a utilização de um método multicritério para auxiliar o grupo de decisores nesta fase do processo é necessária, pois garante uma melhor estruturação do problema, proporcionando maior entendimento da situação e de suas conseqüências; garante que todos os critérios envolvidos no problema sejam considerados, o que aumenta a qualidade das recomendações; e ainda uma maior transparência e agilidade ao processo decisório, o que é essencial à situação, visto que, nestes casos, os decisores possuem outras atribuições prioritárias e o tempo é um fator crítico nas reuniões do grupo.

Este estudo está alinhado a uma das perspectivas de análise utilizada para fins de estabelecimento do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) que se refere ao chamado “capitalismo natural”. Nesta perspectiva de análise, o elemento de dinâmica da economia seria atribuído a uma maior produtividade na exploração de recursos naturais e mitigação dos correspondentes impactos ambientais, caracterizando o meio ambiente como elemento impulsionador da economia (MINISTÉRIO DE MEIO AMBIENTE-MMA, 2006).

1.2 Objetivos

Esta dissertação tem por objetivo propor um modelo multicritério de apoio a decisão em grupo para priorização de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão.

Os objetivos específicos são:

- Elaborar uma revisão da literatura sobre apoio a decisão multicritério, incluindo o estudo de métodos multicritérios, tanto para decisão individual quanto para decisão em grupo;
- Realizar um estudo sobre a bacia do Rio Jaboatão e seu comitê, focando na identificação e avaliação das condições de degradação da bacia e na identificação dos decisores que participarão do processo;
- Formular alternativas para controlar o problema da degradação da bacia do Rio Jaboatão;

- Propor os critérios mais relevantes para a priorização de alternativas de modo a obter um melhor desempenho do programa de recuperação da bacia do Rio Jaboatão;
- Propor o modelo para priorização de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão;
- Efetuar aplicação numérica do modelo proposto utilizando dados realísticos.

1.3 Estrutura da Dissertação

A dissertação está estruturada em seis capítulos:

O capítulo I apresenta uma introdução ao estudo de bacias hidrográficas, destacando a importância que estas representam ao desenvolvimento econômico e social das regiões abrangidas, os principais fatores que contribuem para a degradação de uma bacia hidrográfica. O capítulo também apresenta uma visão geral sobre a bacia do Rio Jaboatão onde o estudo foi desenvolvido, sendo destacada, no mesmo capítulo, a relevância do estudo e os objetivos específicos.

O capítulo II traz a base conceitual e a revisão da literatura para o estudo. É apresentado uma revisão sobre apoio a decisão multicritério, incluindo o estudo de métodos para apoio a decisões individuais e em grupo.

O capítulo III apresenta estudo sobre bacias hidrográficas: definições, conceitos, termos e classificações. O capítulo também apresenta uma visão geral da Divisão Hidrográfica Nacional instituída pelo Plano Nacional de Recursos Hídricos. Também é feita uma breve apresentação sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco. Em seguida é apresentado um estudo sobre a bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, destacando as principais atividades desenvolvidas ao longo da bacia e as principais fontes de degradação, e um estudo sobre o Comitê da Bacia Hidrográfica de Rio Jaboatão (COBH-Jaboatão).

O capítulo IV apresenta um modelo multicritério de decisão em grupo para auxiliar decisores na priorização de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão. É também apresentada uma justificativa para a escolha do método, o conjunto de alternativas considerado, os critérios de avaliação utilizados, e os decisores do processo decisório.

O capítulo V traz uma aplicação do modelo utilizando dados realísticos.

O capítulo VI apresenta as conclusões do estudo e recomendações a trabalhos futuros.

2 BASE CONCEITUAL

2.1 Apoio a decisão multicritério

A maioria dos problemas de decisão são problemas que envolvem múltiplos critérios, sendo alguns deles conflitantes entre si. Decisões, relativamente, simples como a compra de um carro, levam em consideração diversos critérios como, por exemplo, o preço, o conforto, a qualidade, o desempenho etc. Cada indivíduo prioriza cada um desses critérios de forma diferenciada, revelando características, perspectivas e interesses pessoais diferentes.

Os problemas que envolvem múltiplos critérios, chamados de problemas multicritérios, não estão restritos a uma área isolada. Eles aparecem em todos os ramos da Pesquisa Operacional e cada vez mais pesquisadores e profissionais da área estão cientes da existência de problemas multicritérios em problemas de decisão da vida real seja qual for a sua natureza (VINCKE, 1992).

Decisões são feitas sobre um conjunto de alternativas (ações). Escolher ou ordenar as alternativas pode ser um problema complexo, visto que, dificilmente existirá uma alternativa que apresentará, simultaneamente, o melhor desempenho em todos os critérios. Não existindo esta alternativa, a idéia é identificar uma ou mais alternativas que apresentem bons desempenhos considerando todos os critérios envolvidos e as respectivas medidas de prioridade atribuídas a cada um dos critérios pelos envolvidos na decisão.

A tomada de decisão pode ser definida, de forma simples, como um esforço para resolver o dilema dos critérios conflituosos, cuja presença impede a existência da “solução ótima” e conduz à procura da “solução de melhor compromisso” (ZELENEY, 1982 *apud* MORAIS & ALMEIDA, 2006).

Dificilmente grandes decisões são tomadas por um único indivíduo. Mesmo que a responsabilidade da decisão seja de um indivíduo específico, a decisão em si geralmente é o produto de interação entre preferências individuais e as preferências de outros (ROY, 1996).

Segundo Roy (1996), um processo de decisão é formado por confrontos entre as preferências de diferentes atores e de terceiros. Os atores são indivíduos, entidades ou comunidades, também chamados de *stakeholders*, que têm interesse na decisão e irão intervir para afetar diretamente os valores do sistema que eles estão envolvidos (ROY, 1996). Terceiros são aqueles que não participam da decisão, mas que são afetados pelas

consequências da decisão e, por isso, suas preferências devem ser levadas em consideração (ROY, 1996).

Os *stakeholders* envolvidos no processo de decisão possuem geralmente objetivos e valores diferentes. Por esta razão, o apoio a decisão quase sempre solicitará que um *stakeholder* particular, chamado de decisor, seja identificado (ROY, 1996).

Segundo Vinke (1992), um problema de decisão multicritério é uma situação na qual, definido um conjunto A de alternativas e uma família F de critérios, o decisor pode querer:

- determinar um subconjunto de alternativas consideradas as melhores em relação a F (problema de escolha);
- dividir A em subconjuntos de acordo com determinadas normas (problema de classificação) ou;
- ordenar as alternativas de A da melhor para pior, ou seja, ordem decrescente (problema de ordenação).

A seguir, são apresentadas a estrutura de preferência e alguns conceitos básicos referentes aos métodos de apoio a decisão multicritério.

2.1.1 Estruturas de preferências

No estudo da estrutura de preferência, Vincke (1992) assume que, quando um decisor precisa comparar duas ações *a* e *b*, este irá reagir de acordo com uma das seguintes formas: (i) preferindo uma à outra; (ii) indiferente à escolha de uma ou de outra; (iii) se recusa ou não se sente hábil a compará-las. Já Roy (1996) assume que comparação entre duas ações *a* e *b* coloca o ator em uma das quatro situações básicas seguintes: (i) situação de indiferença; (ii) situação de preferência estrita; (iii) situação de preferência fraca; (iv) situação de incomparabilidade.

Segundo Roy (1996), as relações indiferença (I), preferência estrita (P), preferência fraca (Q) e incomparabilidade (R), definidas sobre um conjunto de ações potenciais, formam um Sistema Básico de Relações de Preferências para um ator sobre o conjunto de ações se:

- elas puderem representar as preferências do ator com respeito às ações do conjunto, de acordo com as definições e propriedades do Quadro 2.1
- elas forem exaustivas: uma das relações deve existir para qualquer par de ações;
- elas forem mutuamente exclusivas: para um mesmo par de ações, só deve existir uma relação.

Quadro 2.1 - Relações básicas de preferência

Situação	Definição	Relações binárias (Propriedades)
Indiferença	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a equivalência entre duas ações.	I: reflexiva e simétrica
Preferência Estrita	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem uma preferência significativa em favor de uma (bem identificada) das duas ações.	P: assimétrica
Preferência Fraca	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que invalidem a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas essas razões são insuficientes para se deduzir uma preferência estrita em favor de outra ou uma indiferença entre duas ações; portanto, não é possível diferenciar nenhuma das situações precedentes.	Q: assimétrica
Incomparabilidade	Corresponde à ausência de razões claras e positivas para justificar qualquer uma das três situações precedentes.	R: simétrica

Fonte: ROY, 1996

Roy (1996) também diz que é possível representar outras relações de preferência que são caracterizadas por agrupamentos ou combinações das quatro relações básicas (I, P, Q e R): Não-preferência ($\sim$), Preferência ($\succ$), J - Preferência (J), K - Preferência (K) e Sobreclassificação (S), Quadro 2.2.

Quadro 2.2 – Relações consolidadas para a modelagem de preferência

Situação	Definição	Relações binárias (Propriedades)
Não-preferência $\sim$	Corresponde a uma ausência de situações claras e objetivas pra justifica a preferência estrita ou fraca em favor de uma das ações e, portanto, consolidar as situações de indiferença ou de incomparabilidade sem ser capaz de diferenciá-las.	$\sim \Rightarrow aIb$ ou aRb
Preferência $\succ$	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência estrita ou fraca em favor de uma (bem identificada) das duas ações e, portanto, consolida as situações de preferência estrita e fraca sem, no entanto, ser capaz de diferenciá-las.	$\succ \Rightarrow aPb$ ou aQb
J – Preferência (Presunção de preferência)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência fraca, sem se preocupar quão fraca, em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência fraca e indiferença.	$J \Rightarrow aQb$ ou aIb
K - Preferência	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência estrita em favor de uma (bem identificada) das duas ações ou a incomparabilidade entre elas, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita e incomparabilidade.	$K \Rightarrow aQb$ ou aRb
Sobreclassificação (Outranking)	Corresponde à existência de razões claras e objetivas que justifiquem a preferência ou J - preferência em favor de uma (bem identificada) das duas ações, mas não exista nenhuma divisão significativa estabelecida entre as situações de preferência estrita, preferência fraca e indiferença.	$S \Rightarrow aPb$ ou aQb ou aIb

Fonte: ROY, 1996

Segundo Roy (1996), as nove relações binárias (I, R, $\sim$, P, Q, $\succ$, J, K, S) definidas sobre um conjunto de ações potenciais, formam um Sistema Consolidado de Relações de Preferências para um ator sobre o conjunto de ações potenciais se:

- elas puderem representar as preferências do ator com respeito às ações do conjunto, de acordo com as definições e propriedades do Quadro 2.1 e do Quadro 2.2;
- elas forem exaustivas;
- elas forem mutuamente exclusivas;
- pelo menos uma das cinco relações ($\sim$, $\succ$, J, K, S) é não nula.

Roy (1996) ainda define o Sistema Perfeito de Relação de Preferências e o Sistema Básico de Relações Sobreclassificação que são casos particulares do sistema básico e do sistema consolidado.

Quadro 2.3 – Estruturas de preferência básicas sem incomparabilidade

Estrutura	Representação Funcional (g definida em A, $\forall a, b \in A$)	Propriedades das Relações	Observações
Pré-ordem completa	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Leftrightarrow g(a) = g(b)$	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R = 0; Ausência de Incomparabilidade.	Noção intuitiva de classificação, com possibilidade de empate por similaridade.
Ordem completa	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b)$	P: transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R = 0.	Noção intuitiva de classificação, sem possibilidade de empate por similaridade.
Semi-ordem	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q$ $aIb \Leftrightarrow g(a) - g(b) \leq q$ q = limiar de indiferença	P: transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R = 0	Existência de um limiar abaixo do qual o decisor não consegue explicar a diferença, ou se recusa a declarar a preferência.
Ordem de intervalo (limiar de indiferença variável)	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + q(g(b)),$ $g(a) \leq g(b) + q(g(b)),$ $aIb \Leftrightarrow g(b) \leq g(a) + q(g(a))$	P: transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva e Simétrica; R = 0 $aPb, bIc, cPd \Rightarrow aPd$	Limiar que varia ao longo da escala de valores
Pseudo-ordem	$aPb \Leftrightarrow g(a) > g(b) + p(g(b)),$ $aQb \Leftrightarrow q < g(a) - g(b) \leq p(g(b)),$ $aIb \Leftrightarrow g(a) - g(b) \leq q$	P e Q: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva e simétrica; R = 0	Limiar de Indiferença (q): abaixo do qual é clara a indiferença. Limiar de Preferência (p): acima do qual não há dúvida quanto à preferência.

Fonte: VINCKE, 1992

Vincke (1992) apresenta algumas estruturas de preferência que não admitem incomparabilidade, ou seja, R é vazio, Quadro 2.3. Segundo Vincke (1992) a consideração de

ausência de incomparabilidade não é muito realista, visto que em muitas aplicações os decisores não se sentem confortáveis ou não são capazes de revelar suas preferências. As estruturas de preferências que permitem a incomparabilidade são chamadas de estruturas parciais de preferências, Quadro 2.4, (VINCKE, 1992 apud MORAIS & ALMEIDA, 2006).

Quadro 2.4 - Estruturas básicas de preferência com incomparabilidade

Estrutura	Representação Funcional (g definida em $A, \forall a, b \in A$)	Propriedades das Relações	Observações
Pré-ordem parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$ $aIb \Rightarrow g(a) = g(b)$	P: Transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R: Simétrica e não-reflexiva	Noção intuitiva de classificação, com possibilidade de empate por similaridade. $R \neq \emptyset$
Ordem parcial	$aPb \Rightarrow g(a) > g(b)$	P: transitiva e Assimétrica; I: Reflexiva, Simétrica e Transitiva; R: Simétrica e não-reflexiva	Noção intuitiva de classificação, sem possibilidade de empate por similaridade. $R \neq \emptyset$

Fonte: VINCKE, 1992

2.1.2 Conceitos básicos

Critérios:

Um critério é uma função g , definida em um conjunto A , com valores totalmente ordenados e que representa as preferências do decisor de acordo com algum ponto de vista. Para problemas com vários critérios, tem-se uma função para cada critério: $g_1, g_2, \dots, g_j, \dots, g_n$. A avaliação da alternativa a em relação ao critério j é escrita como: $g_j(a)$ (VINCKE, 1992).

De acordo com Vincke (1992), os critérios são definidos como:

- Critério verdadeiro: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura completamente pré-ordenada (modelo tradicional);
- Semi-critério: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura semi-ordenada (modelo com apenas um limiar);
- Critério intervalar: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura ordenada por intervalos (modelo com limiar variável);
- Pseudo-critério: se a estrutura de preferência básica é uma estrutura pseudo-ordenada (modelo com dois limiares e restrições nos limiares).

Relação de Dominância:

Vincke (1992) define Relação de Dominância da seguinte forma: dado dois elementos a e b do conjunto A , a domina b se e somente se $g_j(a) \geq g_j(b)$ $j = 1, 2, \dots, n$, onde ao menos uma das desigualdades é estrita.

Ação Eficiente:

Uma alternativa a é eficiente se, e somente se, nenhuma outra alternativa do conjunto A domina a . O conjunto de alternativas eficientes, que pode ser igual ao conjunto A , no caso em que a relação de dominância é um conjunto vazio, é, geralmente, considerado o conjunto de interesse dentro das alternativas disponíveis.

2.2 Métodos multicritérios

Segundo Vincke (1992), os especialistas em apoio a decisão multicritério dividem os métodos em três famílias: (i) teoria da utilidade multiatributo; (ii) métodos de sobreclassificação; (iii) métodos interativos. Roy (1985) classifica essas famílias da seguinte forma: (i) abordagem critério único de síntese, eliminando a possibilidade de incomparabilidade; (ii) abordagem de sobreclassificação, aceitando a incomparabilidade; (iii) abordagem julgamento interativo, com interações do tipo “tentativa e erro”.

- Abordagem critério único de síntese: Família de inspiração americana também conhecida como Escola Americana. Consiste na agregação de diferentes pontos de vista em uma única função que será conseqüentemente otimizada. Estuda as condições matemáticas de agregação, formas particulares de função de agregação e a construção do método.
- Abordagem de sobreclassificação: Família de inspiração francesa também conhecida como Escola Européia. Consiste, primeiramente, na construção da relação chamada de relação de sobreclassificação que representa as preferências dos decisores. O segundo passo consiste em explorar a relação de sobreclassificação com o objetivo de ajudar os decisores a resolver seus problemas.
- Abordagem julgamento interativo: Esta abordagem propõe métodos que alternam passos de cálculo, fornecendo sucessivas soluções de

compromisso, e passos de diálogo, que são fonte extra de informação sobre as preferências dos decisores.

A seguir são apresentados alguns dos principais métodos multicritérios das escolas americana e europeia.

2.2.1 Teoria da Utilidade Multiatributo

A Teoria da Utilidade Multiatributo (*Multiple Attribute Utility Theory*-MAUT) é um método da Escola Americana. É chamada de teoria porque a função utilidade multiatributo é obtida a partir da relação existente entre a estrutura de preferência do decisor e a estrutura axiomática da teoria da utilidade (GOMES *et al.*, 2006).

Os axiomas são hipóteses em relação às preferências do decisor. Se o decisor aceita os axiomas e se ele é racional, então ele vai aceitar a ordenação de preferência resultante da MAUT (GOMES *et al.*, 2006).

Na MAUT, as conseqüências são avaliadas a partir da função utilidade. A função utilidade u associa a cada conseqüência x um número $u(x)$ que representa a utilidade, ou seja, representa a medida de preferência que o decisor atribui à conseqüência x . A escolha será feita com base nas utilidades.

A solução do problema de decisão é determinar a função utilidade, u , e maximizar o seu valor esperado, sabendo que o valor esperado é associado a uma distribuição de probabilidade das alternativas.

Segundo Gomes *et al.* (2006), os axiomas da teoria da utilidade são:

- Ordenabilidade: aPb ou bPa ou aIb ;
- Transitividade: se aPb e bPc então aPc (a relação também é válida para a indiferença);
- Continuidade: se $aPbPc$ então existe um p tal que $bI\langle a, p; c, 1-p \rangle$;
- Substitubilidade: se aIb então $\langle a, p; c, 1-p \rangle I \langle b, p; c, 1-p \rangle$;
- Redutibilidade: $\langle \langle a, p; b, 1-p \rangle, q; b, 1-q \rangle I \langle a, pq; b, 1-pq \rangle$;
- Monotonicidade: se aPb então $\langle a, p; b, 1-p \rangle P \langle a, q; b, 1-q \rangle$ se, e somente se, $p > q$;

2.2.2 Método ELECTRE

Os métodos da família ELECTRE são métodos da Escola Europeia. Eles foram desenvolvidos por Roy e membros do *Laboratoire d'Analyse et Modélisation de Systèmes*

pour l'Aide à la Décision-LAMSADE, University of Paris Dauphine (BELTON & STEWART, 2002).

Os métodos ELECTRE são baseados em índices de concordância e discordância. O índice de concordância mede a “força” da informação de que uma alternativa a é pelo menos tão boa quanto uma alternativa b . O índice de discordância mede a força da evidência contrária a essa hipótese (BELTON & STEWART, 2002). Para cada par ordenado de ações será associado um índice de concordância e um índice de discordância.

A cada critério é atribuído um peso, que deve ser proporcional à importância do critério. Os pesos servem como escala para comparar critérios (BELTON & STEWART, 2002).

Os seguintes métodos da família ELECTRE são apresentados por Roy (1996), sendo cada uma deles aplicados a uma situação diferente:

- ELECTRE I: procura selecionar um conjunto de alternativas dominantes, sendo indicado para problemáticas de escolha ($P. \alpha$);
- ELECTRE II: resulta num *ranking* das alternativas não dominadas, sendo indicado para problemática de ordenação ($P. \gamma$);
- ELECTRE III: aplicável aos casos em que a família de pseudo-critério se verifica, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P. \gamma$);
- ELECTRE IV: é igualmente aplicável nos casos em que a família de pseudo-critério se verifica. Sua característica principal consiste na não utilização de ponderação associada à importância relativa dos critérios, sendo indicado para problemáticas de ordenação ($P. \gamma$);
- ELECTRE IS: indicado para problemáticas de escolha ($P. \alpha$) e para família de estrutura de pseudo-critério;
- ELECTRE TRI: aplicável aos casos da família de pseudo-critério, sendo indicado para problemáticas de classificação ($P. \beta$).

2.2.3 Método PROMETHEE

O PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) (BRANS, 1986 *apud* BEYNON & WELL, 2006) é um método de apoio a decisão que consiste em construir uma relação de sobreclassificação valorada (VINCKE, 1992).

O ponto de partida é uma matriz de avaliação de alternativas em relação aos critérios. Para cada critério j , deve ser definida uma função de preferência P_j , que assume valores entre 0 e 1. A função de preferência representa a forma como a preferência do decisor aumenta

com a diferença de desempenho entre alternativas para um dado critério, $[g_j(a) - g_j(b)]$, onde $g_j(a)$ representa o desempenho da alternativa a no critério j (BRANS & VINCKE, 1985).

Segundo Brans & Marechal (1986), o PROMETHEE sugere 6 (seis) formas diferentes para a função de preferência:

- Função critério usual: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for positiva e assume o valor zero se a diferença for negativa.
- Função critério forma U: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que um parâmetro pré-definido q , que representa o limiar de indiferença entre as duas alternativas. A função assume valor 0 se a diferença for menor ou igual a q .
- Função critério forma V: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que um parâmetro pré-definido p , que representa o limiar de preferência estrita entre as duas alternativas. Assume o valor 0 se a diferença for negativa. Se a diferença estiver entre p e 0, o valor da função é dado por uma equação linear.
- Função critério com níveis: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência p . Assume o valor 0 se a diferença for menor que o limiar de indiferença q . Se a diferença for um valor entre p e q , a função assume o valor 1/2.
- Função critério linear: assume o valor 1 se a diferença de desempenho for maior que o limiar de preferência p . Assume o valor 0 se a diferença for menor que o limiar de indiferença q . Se a diferença for um valor entre p e q , o valor da função é dado por uma equação linear.
- Função critério gaussiano: assume o valor de uma distribuição normal para diferenças de desempenho positivas e assume valor 0 para diferenças negativas.

O Quadro 2.5 apresenta um resumo das funções de preferência sugeridas pelo PROMETHEE.

Quadro 2.5 – Formas para função de preferência

Critério usual	$g_j(a) - g_j(b) > 0$	$P_j(a,b) = 1$
	$g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$P_j(a,b) = 0$
Critério forma U	$g_j(a) - g_j(b) > q$	$P_j(a,b) = 1$
	$g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$P_j(a,b) = 0$
Critério forma V	$g_j(a) - g_j(b) > p$	$P_j(a,b) = 1$
	$g_j(a) - g_j(b) \leq p$	$P_j(a,b) = [g_j(a) - g_j(b)]/p$
	$g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	$P_j(a,b) = 0$
Critério com níveis	$ g_j(a) - g_j(b) > p$	$P_j(a,b) = 1$
	$q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$	$P_j(a,b) = 1/2$
	$ g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$P_j(a,b) = 0$
Critério linear	$ g_j(a) - g_j(b) > p$	$P_j(a,b) = 1$
	$q < g_j(a) - g_j(b) \leq p$	$P_j(a,b) = [g_j(a) - g_j(b) - q]/(p-q)$
	$ g_j(a) - g_j(b) \leq q$	$P_j(a,b) = 0$
Critério gaussiano	$g_j(a) - g_j(b) > 0$	<i>A preferência aumenta segundo uma distribuição normal</i>
	$g_j(a) - g_j(b) \leq 0$	

Fonte: Almeida & Costa, 2002

Conforme Brans & Vincke (1985), a intensidade de preferência é determinada em todos os critérios para cada par de alternativas.

A partir das intensidades de preferência e dos pesos atribuídos a cada um dos critérios pelos decisores, é então calculado o índice de preferência. O índice de preferência é um parâmetro que mede a intensidade de preferência de uma alternativa sobre outra levando em consideração todos os critérios. Ele é obtido pela seguinte equação:

$$P(a,b) = \frac{1}{W} \sum_{j=1}^n w_j P_j(a,b) \quad (2.1)$$

em que :

$$W = \sum_{j=1}^n w_j \quad \text{onde } w_j \text{ é o peso do critério } j$$

O índice de preferência define uma relação de preferência valorada que pode ser utilizada na ordenação de alternativas. Depois de calculado o índice de preferência são calculados o fluxo positivo de sobreclassificação, $Q^+(a)$, e o fluxo negativo de sobreclassificação, $Q^-(a)$ (BELTON & STEWART, 2002).

O fluxo positivo representa a intensidade de preferência de uma alternativa sobre todas as outras (BELTON & STEWART, 2002), ou seja, o quanto uma alternativa sobre classifica as demais. Quanto maior $Q^+(a)$, melhor a alternativa. O fluxo positivo é dado pela expressão:

$$Q^+(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(a,b)}{n-1} \quad \text{onde } n \text{ é o número de alternativas} \quad (2.2)$$

O fluxo negativo representa a intensidade de preferência de todas as alternativas sobre uma determinada alternativa (BELTON & STEWART, 2002), ou seja, o quanto uma determinada alternativa é sobre classificada pelas demais. Quanto menor $Q^-(a)$, melhor a alternativa. O fluxo negativo é dado pela expressão:

$$Q^-(a) = \sum_{a \neq b} \frac{P(b,a)}{n-1} \quad (2.3)$$

As seguintes implementações do PROMETHEE são descritas na literatura (BRANS & VINCK, 1985; BRANS, 1986; BRANS & MARESCHAL, 1992; TALEB & MARESCHAL *apud* ALMEIDA & COSTA, 2002):

- PROMETHEE I: estabelece uma pré-ordem parcial entre as alternativas e é utilizado para a problemática de escolha;
- PROMETHEE II: estabelece uma pré-ordem completa entre as alternativas e é utilizado para a problemática de ordenação;
- PROMETHEE III: ampliação da noção de indiferença, com tratamento probabilístico dos fluxos;
- PROMETHEE IV: estabelece uma pré-ordem completa ou parcial entre as alternativas e é utilizado para a problemática de escolha e ordenação destinada a situações em que o conjunto de soluções viáveis é contínuo;
- PROMETHEE V: após estabelecer uma ordem completa entre as alternativas com o PROMETHEE II, são introduzidas restrições identificadas para as alternativas selecionadas e utilizada programação linear (0-1) pra resolver o problema;
- PROMETHEE VI: estabelece uma pré-ordem completa ou parcial entre as alternativas e é utilizado para a problemática de escolha e ordenação, é destinado a situações em que o decisor não consegue estabelecer um peso fixo para cada critério;

- PROMETHEE GAIA (*Geometrical Analysis for Interactive Assistance*): extensão dos resultados do PROMETHEE, através de um procedimento visual e interativo.

Segundo Haralambopoulos & Polatidis (2003), os métodos de sobreclassificação são os mais indicados para tratar de problemas relacionados a questões de energia e planejamento ambiental. Os autores justificam a afirmativa alegando que os métodos de sobreclassificação possibilitam aos decisores *insights* durante a estruturação do problema, modelam de forma realista as estruturas de preferência dos decisores e podem tratar as incertezas por meio de distribuição de probabilidade, conjuntos *fuzzy* e inclusão de limiares de preferência e indiferença. Por outro lado, os autores alertam que alguns métodos de sobreclassificação, a exemplo do ELECTRE III, são complicados e de difícil entendimento por parte dos decisores.

Para Halouani *et al.* (2007), o PROMETHEE é completamente adequado ao problema de seleção de projetos, porque ele faz a modelagem de preferência de uma maneira simples e flexível. Os autores também justificam a escolha do PROMETHEE por se tratar de um método de fácil entendimento por parte dos decisores, sendo considerado o mais intuitivo dentre os métodos multicritérios.

2.3 Métodos multicritérios para decisão em grupo

Decisão em grupo é usualmente entendida como a redução de diferentes preferências individuais em uma preferência coletiva única (JELASSI, 1990 *apud* LEYVA-LÓPEZ & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003).

Decisão em grupo pode ser entendida como a decisão tomada com base numa preferência coletiva obtida a partir de diferentes preferências individuais.

Segundo Srdjevic (2007), duas abordagens são comumente utilizadas para tratar de apoio a decisão em grupo. A primeira abordagem utiliza o apoio a decisão multicritério, particularmente útil para tratar de problemas estruturados. A segunda abordagem utiliza a teoria da escolha social, útil quando as informações disponíveis sobre o problema são limitadas, confidenciais e predominantemente qualitativas. As características inerentes ao problema é que irão determinar a abordagem e o método mais adequado.

Nos métodos multicritérios para decisão em grupo pode surgir o papel de um ator especial chamado de supra decisor (*Supra Decision Maker* – SDM). O SDM pode ser visto como uma entidade que representa os interesses da organização a qual ele representa. O papel dele pode ser desempenhado pelo analista de decisão (LEYVA-LÓPEZ & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003).

Na decisão em grupo, surge também o conceito de grupo colaborativo. De uma maneira geral, este elemento pode ser entendido como um grupo onde os integrantes expressam as preferências individuais e aceitam a decisão final obtida a partir da agregação de preferências de acordo com as regras estabelecidas pelo SDM (LEYVA-LÓPEZ & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003).

Leyva-López & Fernández-González (2003) destacam duas abordagens principais utilizadas para agregar preferências individuais: (i) agregação em nível de entrada; (ii) agregação em nível de saída.

Na abordagem agregação nível de entrada, os indivíduos entram em consenso sobre todos os parâmetros. A determinação dos parâmetros é obtida através de discussão estabelecida no início do processo. O método multicritério é aplicado utilizando os parâmetros que foram acordados pelo grupo. Esta abordagem é mais indicada quando não há muita divergência entre os membros do grupo sobre a determinação dos parâmetros.

Na abordagem nível de saída, só é necessário haver consenso sobre as alternativas. Cada indivíduo aplica o método multicritério escolhido para o grupo à sua estrutura de preferência. Em seguida, os resultados individuais são agregados e o resultado da agregação irá representar a decisão do grupo. Durante a agregação, os indivíduos são considerados como sendo critérios, sendo atribuídos pesos a cada um deles que representam a importância de cada indivíduo dentro do grupo.

Segundo Dias & Clímaco (2005), nos métodos de agregação em nível de entrada, um operador $f(.)$ agrega os as preferências individuais dos k decisores (T_k) em um conjunto T de valores aceitos pelo grupo. Em seguida, um operador $e(.)$ obtêm o resultado do método R compatível com T , Figura 2.1.

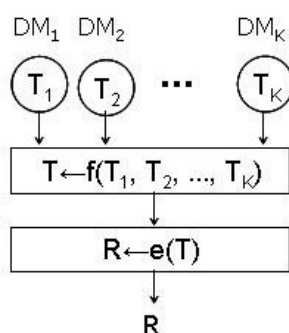


Figura 2.1 – Método de agregação em nível de entrada
Fonte: DIAS & CLÍMACO, 2005

Nos métodos de agregação em nível de saída, um operador $e(.)$ obtém os resultados do método R compatível com o T_k de cada decisor. Em seguida, um operador $h(.)$ agrega os resultados individuais R_k em um conjunto R , Figura 2.2.

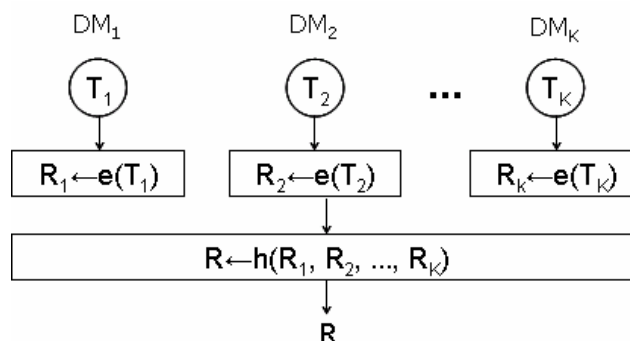


Figura 2.2 – Método de agregação em nível de saída
Fonte: DIAS & CLÍMACO, 2005

A seguir, são apresentados alguns métodos multicritérios para decisão em grupo.

2.3.1 ELECTRE-GD

O ELECTRE-GD é uma extensão do ELECTRE III para uma decisão colaborativa em grupo, utilizando algoritmos genéticos para explorar as relações de sobreclassificação *fuzzy*, derivadas de idéias de concordância, discordância, veto e incomparabilidade do ELECTRE (MORAIS & ALMEIDA, 2006).

Segundo Leyva-López & Fernández-González (2003) o ELECTRE-GD consiste de duas etapas: primeiro, é necessário propor uma forma para resolver possíveis conflitos entre a informação provinda dos *rankings* individuais e as relações de preferência *fuzzy*. Em seguida, é definida uma relação de sobreclassificação *fuzzy* para o SDM, que possa ser explorada de forma racional de maneira a se obter um *ranking* final para o grupo.

A resolução de conflitos se dá da seguinte forma: cada membro do grupo é considerado como sendo um critério k . Cada par de ações, (a, a') , deve ser comparado de acordo com o ponto de vista de cada decisor (k). Para esta comparação, o SDM utiliza uma nova função, chamada de $u_k(a_i)$, que irá depender da posição relativa de a e a' no *ranking* do decisor k e dos valores $\sigma_k(a, a')$ e $\sigma_k(a', a)$, que representa a relação binária do decisor k (LEYVA-LÓPEZ & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003).

Dois limiares (λ e β) foram introduzidos para refletir o sentimento do SDM na relação de preferência *fuzzy*, ou seja, na “região nebulosa” onde não se sabe a verdadeira preferência do decisor. Os intervalos foram combinados e nove zonas foram criadas, onde cada uma representa uma situação de preferência.

O resultado da etapa de resolução de conflitos é uma matriz chamada de “matriz de preferência”. A matriz de preferência é composta por 45 elementos que contemplam a comparação entre um par de alternativas utilizando as relações binárias de preferência: preferência estrita (P), preferência fraca (Q), indiferença (I) e incomparabilidade (R). A relação binária de preferência vai depender da nova função, $u_k(a_i)$, e das nove zonas, Tabela 2.1. Obtida a matriz de preferência a definição da relação binária valorada é obtida utilizando o método ELECTRE III.

A definição da relação de sobreclassificação *fuzzy* para o grupo é obtida a partir da relação binária *fuzzy* ELECTRE-GD (σ_G). Esta relação depende do índice de concordância, do índice de discordância e ainda da validade da decisão com base no número de participantes.

Tabela 2.1 – Matriz de preferência

Zona	$u(a) \gg u(a')$	$u(a) > u(a')$	$u(a) = u(a')$	$u(a') > u(a)$	$u(a') \gg u(a)$
I	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$
II	aPa'	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Pa$
III	aPa'	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Qa$
IV	aPa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$	$a'Pa$
V	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$
VI	aPa'	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Pa$
VII	aQa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$	$a'Pa$
VIII	aPa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$	$a'Pa$
IX	aPa'	aQa'	aIa'	$a'Qa$	$a'Pa$

Fonte: LEYVA-LÓPEZ & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, 2003

2.3.2 GDDS PROMETHEE

GDDS (*Group Decision Support System*, termo em inglês) PROMETHEE é um sistema de apoio a decisão em grupo que utiliza abordagem de agregação de saída (abordagem B) e é baseado no método multicritério PROMETHEE.

O GDDS PROMETHEE exige a presença do facilitador, cuja função é conduzir a reunião de acordo com os procedimentos do método, moderar as discussões entre decisores e apoiar o grupo de modo a obter um consenso nas decisões (MACHARIS *et al.*, 1998).

O GDDS PROMETHEE também exige uma infra-estrutura que contemple uma sala com estações de trabalho para os decisores e para o facilitador. Cada decisor deve ter sua própria estação composta por um computador pessoal e, possivelmente, aparelhos de fax e telefone. É possível que cada decisor seja assistido por um ou dois assistentes. As estações

dos decisores devem estar conectadas à estação do facilitador, que dispõe de computador instalado com o *software* GDSS-PROMETHEE e quadros e projetores que servirão para apresentar as informações, geradas no decorrer do processo, ao grupo (MACHARIS *et al.*, 1998).

Existe também a possibilidade de os participantes estarem locados em lugares diferentes, para isso, foi desenvolvida uma versão do software baseada na linguagem Java. Neste caso, as fases de discussão devem ser realizadas por videoconferência (MACHARIS *et al.*, 1998).

Segundo Macharis *et al.* (1998), o método é dividido em quatro estágios: um estágio preliminar para estruturação do problema de decisão; estágio de avaliação individual; estágio de avaliação em grupo; e um estágio para resolução de conflitos.

No estágio para estruturação do problema, o facilitador ajuda os decisores a gerar um conjunto de alternativas e um conjunto de critérios de avaliação. Este pode ser dividido em seis etapas:

- Etapa 1 - Primeiro contato entre o facilitador e os decisores: o facilitador tenta entender o problema;
- Etapa 2 – Descrição do problema: o facilitador descreve o problema para os decisores com base nas informações obtidas na Etapa 1;
- Etapa 3 – Geração de alternativas: todos os decisores formulam possíveis alternativas utilizando um formulário específico, Figura 2.3, os formulários são gerados a partir das respectivas estações de trabalho;
- Etapa 4 – Estabelecimento do conjunto de alternativas: o facilitador reúne as alternativas obtidas na Etapa 3 e as apresenta aos decisores. Nesta etapa, uma discussão aberta é estabelecida e pode haver inclusão e/ou exclusão de alternativas. Esta etapa é concluída quando um conjunto estável de alternativas é definido;
- Etapa 5 – Comentário sobre as alternativas: as alternativas são avaliadas por cada decisor nas respectivas estações de trabalho, a avaliação de cada decisor deve ser repassada aos demais;
- Etapa 6 – Avaliação de critérios: para avaliação de critérios, pode ser realizado um procedimento similar ao realizado para as alternativas (etapas de 1 a 5).

Alternativa 1	
Descrição	Comentários

Figura 2.3 – Formulário para geração de alternativas
Fonte: MACHARIS *et al.*, 1998

O estágio de avaliação individual permite ao decisor expressar as suas preferências e avaliar as alternativas, de acordo com os critérios considerados por ele, utilizando o método PROMETHEE. Este estágio pode ser dividido em três etapas:

- Etapa 7 - Definição da importância relativa entre critérios (pesos);
- Etapa 8 – Definição das funções de preferência de cada critério: o facilitador ajuda os decisores a selecionar umas das seis funções de preferência propostas pelo método PROMETHEE, Quadro 2.5. A escolha pode ser feita de forma global (uma mesma função para todos os decisores) ou de forma individual. Ao final desta etapa, cada decisor irá dispor de uma tabela de avaliação contemplando as funções de preferência e os pesos, Tabela 2.2;
- Etapa 9 – Análise individual utilizando o PROMETHEE-GAIA.

Tabela 2.2 - Tabela de Avaliação

Funções de Preferência	$P_1(\dots)$	$P_2(\dots)$	...	$P_j(\dots)$	...	$P_k(\dots)$
Pesos	w_1	w_2	...	w_j	...	w_k
	$f_1(\cdot)$	$f_2(\cdot)$	...	$f_j(\cdot)$	...	$f_k(\cdot)$
a_1	$f_1(a_1)$	$f_2(a_1)$	...	$f_j(a_1)$	...	$f_k(a_1)$
a_2	$f_1(a_2)$	$f_2(a_2)$	...	$f_j(a_2)$	...	$f_k(a_2)$
...	...	...	...	...	...	...
a_j	$f_1(a_j)$	$f_2(a_j)$	...	$f_j(a_j)$	...	$f_k(a_j)$
...	...	...	...	...	...	...
a_n	$f_1(a_n)$	$f_2(a_n)$	...	$f_j(a_n)$	...	$f_k(a_n)$

Fonte: MACHARIS *et al.*, 1998

Uma característica do método é a possibilidade de haver critérios comuns e critérios individuais. Os critérios comuns são aqueles acordados por todo o grupo, ou seja, todos os decisores concordam em considerar tais critérios. Já os critérios individuais são aqueles que são acordados apenas por um ou alguns membros. Todos os critérios comuns e individuais são apresentados pelo facilitador ao grupo. Caso um decisor não concorde com um critério individual, ele pode atribuir peso nulo a este critério, significando que o determinado critério ficará inativo para esse decisor.

Apesar do conjunto de alternativas e de critérios serem idênticos para todos os decisores, as avaliações podem ser completamente diferentes de acordo com as funções de preferência e pesos distribuídos individualmente. Isto depende fortemente do interesse específico dos decisores, que deverão considerar pesos maiores para os critérios que representam sua preocupação no problema, sejam eles técnicos, financeiros, sociais ou ambientais (MORAIS & ALMEIDA, 2006).

O estágio de avaliação em grupo permite uma comparação dos pontos de vista dos decisores e em seguida, uma solução de consenso é proposta utilizando também o método PROMETHEE. Este estágio pode ser dividido em duas etapas:

- Etapa 10 – Matriz de avaliação global, Figura 2.4;
- Etapa 11 – Avaliação global: soma-se o fluxo líquido de todas as alternativas ponderado pelo peso de cada critério e pelo peso de cada decisor.

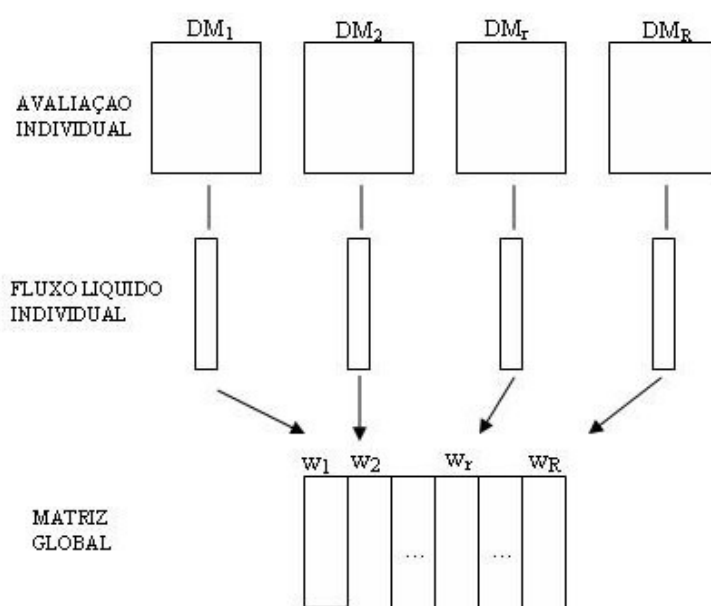


Figura 2.4 – Da avaliação individual para matriz de avaliação global
Fonte: MACHARIS *et al.*, 1998

De acordo com Macharis *et al.* (1998), o estágio para resolução de conflitos só será necessário se algum decisor discordar do resultado da avaliação global. Havendo discordância do resultado, o método sugere algumas recomendações:

- facilitador realizar uma análise de sensibilidade;
- cada decisor revisar os pesos atribuídos aos critérios;
- modificar o conjunto de critérios;
- modificar o conjunto de alternativas;
- incluir outros decisores.

Hermans *et al.* (2007) utilizaram o PROMETHEE para avaliar alternativas para gerenciamento de um rio. Os autores consideram que o PROMETHEE II é bastante adequado a situações onde os grupos são grandes e as opiniões divergentes. Segundo os autores, o método de sobreclassificação foi utilizado como um processo que apoiou o entendimento compartilhado sobre as diferentes perspectivas do grupo e que facilitou o aprendizado social do grupo como um todo.

Hermans *et al.* (2007) também destacam que o PROMETHEE permite a inclusão e exclusão de alternativas, critérios e decisores e é transparente em relação à avaliação dos impactos que tais alterações causam nas preferências e nos *rankings* individuais. Segundo os autores, todos estes fatores fazem com que o PROMETHEE seja uma boa escolha para estruturar processos envolvendo grupos.

Haralambopoulos & Polatidis (2003) se basearam no PROMETHEE II para desenvolver um sistema integrado e dinâmico para decisão em grupo sobre projetos de energia renovável.

3 BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO JABOATÃO

Bacia hidrográfica é um espaço geográfico que serve como um reservatório de água e sedimentos provenientes de precipitações de chuva. Uma bacia hidrográfica é ocupada por um rio principal e seus tributários (afluentes, subafluentes, etc.) que formam a rede fluvial de drenagem da bacia. Em uma bacia hidrográfica a rede fluvial de drenagem escoar para o mesmo ponto denominado de foz da bacia, que, geralmente, é o rio principal (COMPANHIA PERNAMBUCANA DE SANEAMENTO-COMPESA, s.d.).

O espaço de uma bacia é chamado de área de drenagem e é geralmente expresso em hectares (ha) ou quilômetros quadrados (km²). A área de drenagem é limitada pela parte mais alta do terreno, chamada de divisor de águas. Os divisores de água também separam a drenagem da precipitação entre duas bacias adjacentes.

As bacias podem ser classificadas de acordo com o nível de importância e localização. De acordo com o nível de importância, uma bacia pode ser caracterizada como sendo principal, secundária ou terciária, sendo principais aquelas que abrigam os rios de maior porte. De acordo com a localização, uma bacia pode ser caracterizada como litorânea ou interior.

Com a finalidade de orientar, fundamentar e implementar o Plano Nacional de Recursos Hídricos, foi instituída a Divisão Hidrográfica Nacional em Regiões Hidrográficas. Uma região hidrográfica é o espaço territorial brasileiro compreendido por uma bacia, grupo de bacias ou sub-bacias hidrográficas contíguas, com características naturais, sociais e econômicas homogêneas ou similares com vistas a orientar o planejamento e o gerenciamento de recursos hídricos (MMA & ANA, 2007).

O Brasil foi dividido em 12 regiões hidrográficas: RH Amazônica, RH Atlântico Leste, RH Atlântico Nordeste Ocidental, RH Atlântico Nordeste Oriental, RH Atlântico Sudeste, RH Atlântico Sul, RH Parnaíba, RH do São Francisco, RH Tocantins-Araguaia, RH Uruguai, RH Paraguai, RH Paraná, Figura 3.1 (MMA, 2006).

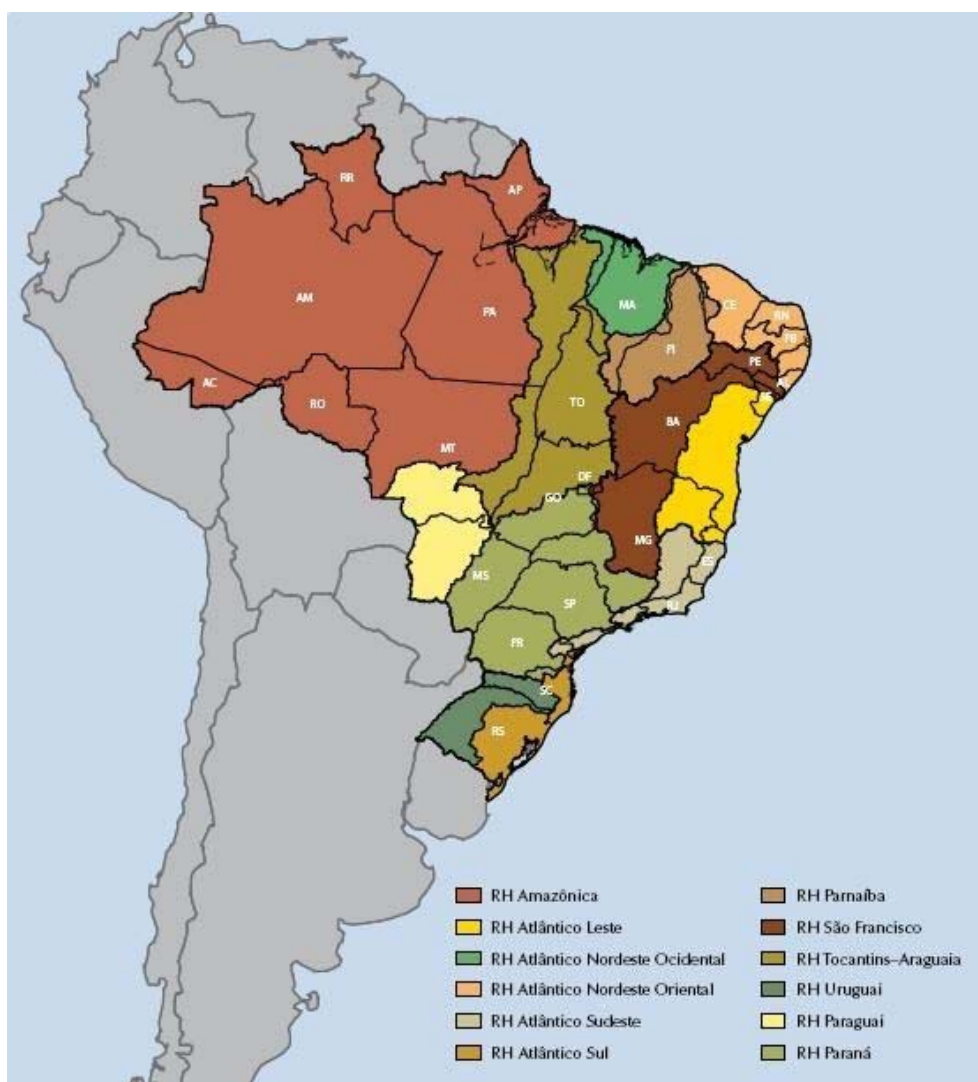


Figura 3.1 – Mapa das 12 regiões hidrográficas e da divisão político-administrativa do Brasil
Fonte: MMA & ANA, 2007

O Plano Estadual de Recursos Hídricos de Pernambuco – PERH-PE (1998) estabeleceu a seguinte divisão hidrográfica no Estado: 13 bacias hidrográficas, 06 grupos de bacias de pequenos rios litorâneos (GL's), 09 grupos de bacias de pequenos rios interiores (GI's) e a Ilha de Fernando de Noronha (SECRETARIA DE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE-SECTMA, s.d.).

De acordo com a divisão do Plano Estadual de Recursos Hídricos, a bacia do Rio Jaboatão faz parte do grupo de pequenos rios litorâneos GL2. A extensão do curso da água principal é da ordem de 75 Km e sua drenagem se faz em direção ao mar. O rio principal é o Rio Jaboatão e os principais tributários pela margem direita são: Riacho Laranjeiras, Rio Carnijó, Rio Suassuna, Rio Zumbi. No tocante à margem esquerda, o Jaboatão recebe a

contribuição do Riacho Limeira, Rio Mussaíba e do Rio Duas Unas, que é o principal afluente (CPRH, 2007).

De acordo com a Divisão Hidrográfica Nacional, a bacia do Rio Jaboatão pertence à região RH Atlântico Nordeste Oriental, que é a região com a segunda maior densidade demográfica, aproximadamente 80 hab/Km², o que acentua a importância das bacias ali situadas, além disso, MMA & ANA (2007) ressaltam que a situação do suprimento desta região é crítica devido à intermitência dos cursos de água.

A bacia do Rio Jaboatão possui uma área de drenagem de 426,70 Km² englobando parcialmente ou totalmente os Municípios pernambucanos de Cabo de Santo Agostinho, Jaboatão dos Guararapes, Moreno, Recife, São Lourenço da Mata e Vitória de Santo Antão, Figura 3.2 (COMPESA, s.d.). A Tabela 3.1 apresenta a área da bacia pertencente a cada um desses municípios.

Tabela 3.1 - Área de drenagem da bacia do Rio Jaboatão

Município	Área da bacia pertencente ao Município	
	(Km²)	(%)
Cabo de Santo Agostinho	27,22	6,38
Jaboatão dos Guararapes	218,13	51,12
Moreno	92,45	21,67
Recife	0,45	0,11
São Lourenço da Mata	47,94	11,24
Vitória de Santo Antão	40,51	9,49

Fonte: COMPESA, s.d. (adaptado)

Uma avaliação do uso do solo e da água ao longo de uma bacia pode indicar as condições de degradação a qual a bacia está submetida e ajudar a identificar alternativas para sua recuperação.

Na bacia do Rio Jaboatão, a utilização do solo se dá por ocupação urbana, atividades industriais, atividades agroindustriais e áreas de mata atlântica e manguezal. Nas atividades agroindustriais se destaca a cultura de cana-de-açúcar. As atividades industriais desenvolvidas ao longo da bacia são bastante diversificadas compreendendo os seguintes setores: químico, produtos alimentares, metalurgia, têxtil, bebidas, papel/papelão, material plástico, material elétrico/comunicação, sucroalcooleiro, vestuário/artefatos/tecidos, calçados, mecânica, produtos farmacêuticos/veterinário e material de transporte. As áreas de proteção ao longo da bacia são: Mata do Engenho Moreninho, Mata do Engenho Salgadinho, Mata de Manassu e Mata de Mussaiba.

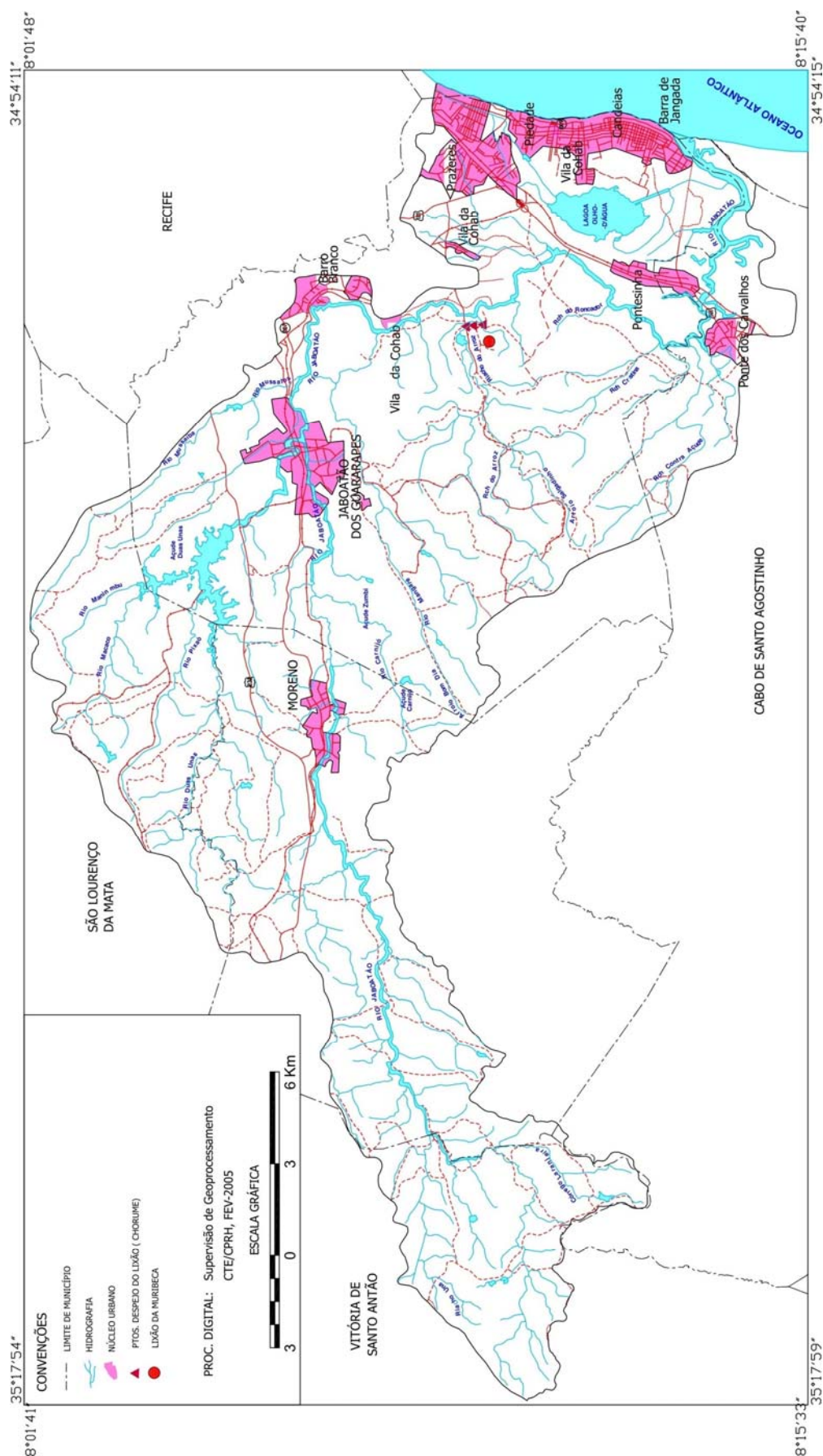


Figura 3.2 – Mapa da Bacia do Rio Jaboatão

Fonte: CPRH

Do ponto de vista social, a bacia do Rio Jaboatão representa um recurso hídrico da região; do ponto de vista econômico, a bacia promove o desenvolvimento regional. Os dois aspectos evidenciam a importância da bacia dentro do grupo de bacias de pequenos rios litorâneos.

O grande problema associado à representação da bacia como recurso social e econômico é a degradação decorrente da utilização do solo e da água ao longo da bacia. Em relação ao uso da água, sabe-se que, praticamente todos os usos de água geram resíduos que, ao serem lançados direta ou indiretamente nos corpos hídricos, em cargas superiores às capacidades naturais de assimilação, alteram adversamente a qualidade da água, ocasionando a poluição (MMA & ANA, 2007).

A CPRH produz anualmente um relatório sobre o monitoramento das bacias hidrográficas de Pernambuco. O objetivo do monitoramento é avaliar a qualidade das águas das bacias a partir de estações de amostragem e servir como instrumento de controle ambiental. Segundo a CPRH (2007), 70% da carga poluidora orgânica da bacia do Rio Jaboatão é proveniente de fontes domésticas, 18% de fontes industriais e 12% de fontes agroindustriais. Essas fontes estão comprometendo a qualidade da água ao longo de toda a bacia, exceto na captação de Muribequinha, onde a característica ácida da água deve-se a fatores naturais (vegetação e solo).

O mesmo relatório concluiu que a qualidade da água fica comprometida principalmente nos corpos de água localizados nas áreas com atividades da agroindústria canavieira (usinas de açúcar e destilarias de álcool). A poluição é associada ao lançamento de vinhaça, água utilizada para lavagem da cana-de-açúcar, águas amoniacais e a poluição decorrente do lançamento de resíduos de fertilizantes e agrotóxicos utilizados na cultura da cana-de-açúcar. A poluição é ainda mais intensificada nos períodos de safra.

A agroindústria canavieira é uma importante fonte poluidora, cujas cargas de poluição se apresentam em expansão, resultado do crescimento do setor devido à utilização de álcool como biocombustível, inclusive sob a perspectiva de demanda internacional.

O relatório também concluiu que a qualidade da água fica bastante comprometida a jusante dos aglomerados urbanos, principalmente nas cidades com maior população e/ou onde se desenvolvem atividades industriais significativas, o relatório, inclusive, alerta sobre a interferência direta dos distritos industriais sobre a qualidade da água.

É importante citar também a poluição decorrente de efluentes de atividades de agricultura em geral, através do lançamento de resíduos de fertilizantes e agrotóxicos.

Por fim, o relatório conclui que o trecho com maior comprometimento da qualidade da água é o referente à área urbana de Jaboatão dos Guararapes, que possui 51,12% da área da bacia incluída dentro do seu Município, conforme apresentado na Tabela 3.1. Esta informação indica que este trecho deve ter prioridade nas ações de controle e fiscalização, sem perder de vista as demais fontes.

Outro estudo realizado sobre bacias hidrográficas de Pernambuco, é um diagnóstico sobre a situação real das bacias hidrográficas situadas na região metropolitana do Recife, zona da mata e agreste pernambucano, que é realizado pela Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente (SECTMA), no qual foram calculadas oferta e demanda hídrica da região para um horizonte de curto, médio e longo prazo.

A Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente do Município de Jaboatão dos Guararapes (SAMA) elaborou um diagnóstico específico sobre a bacia hidrográfica do Rio Jaboatão onde foram identificadas as principais fontes de poluição da bacia.

Nenhum dos estudos encontrados na literatura apresenta uma estruturação formal dos problemas encontrados nas bacias hidrográficas buscando a identificação de alternativas que venham a controlar o problema de degradação dessas bacias.

No caso particular da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, diante da importância econômica e social que a bacia representa para a região, é crítica a necessidade de um estudo que possibilite a estruturação de sua situação real. O estudo deve possibilitar uma caracterização da bacia contemplando a identificação e avaliação das condições de degradação. Também deve ser realizado um estudo sobre o comitê de bacia em questão. A partir da caracterização, devem ser identificadas as partes interessadas, os critérios mais importantes a serem considerados e formuladas algumas alternativas, Figura 3.3, para que, em seguida, seja realizada uma análise multicritério sobre os diversos fatores envolvidos.

Para caracterizar a situação, será realizada uma análise das condições de degradação nos trechos da bacia onde são observadas as principais fontes poluidoras segundo o relatório de monitoramento de bacia hidrográficas do Estado de Pernambuco, que são os trechos situados nas zonas urbanas dos Municípios abrangidos pela bacia, especialmente o de Jaboatão dos Guararapes, os trechos onde são desenvolvidas atividades da agroindústria canavieira (usinas de açúcar e destilarias de álcool), os trechos que possuem distritos industriais, e trechos com desenvolvimento intenso de atividades agrárias (CPRH, 2007). Em paralelo, será realizado um estudo sobre o comitê da bacia que permita entender a forma de organização e conhecer os setores que estão sendo representados.

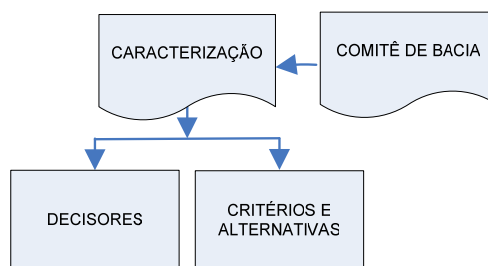


Figura 3.3 – Estruturação do problema

Fonte: Autora (2008)

3.1 Identificação e avaliação das condições de degradação

Uma análise das principais fontes de degradação ao longo da bacia do Rio Jaboatão permite avaliar as condições de degradação a qual a bacia está submetida e também identificar os trechos mais críticos. A análise foi focada nas principais fontes de poluição relatadas no relatório de monitoramento de bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco para o ano de 2007, produzido pela CPRH: trechos situados nas zonas urbanas dos Municípios abrangidos pela bacia, especialmente o de Jaboatão dos Guararapes, os trechos onde são desenvolvidas atividades da agroindústria canavieira (usinas de açúcar e destilarias de álcool), os trechos que possuem distritos industriais, e trechos com desenvolvimento intenso de atividades agrárias.

A fonte para a realização desta análise foi a documentação resultante de uma expedição feita pelo COBH-Jaboatão ao longo de toda a extensão da bacia com o objetivo de fazer um diagnóstico sobre a mesma. A elaboração do documento final ainda não foi concluída e está sob os cuidados da Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente do Município de Jaboatão dos Guararapes (SAMA).

3.1.1 Poluição de origem urbana

Esgoto sanitário são os despejos líquidos constituídos de esgotos domésticos e efluentes industriais lançados na rede pública e águas de infiltração. O esgoto sem tratamento quando lançados diretamente nos cursos d'água causam riscos potenciais para o habitat aquático e marinho, diminuindo o nível de oxigênio dissolvido e causando contaminação da cadeia alimentar por bioacumulação, quando existe a presença de substância tóxicas (BANCO DO NORDESTE, 1999).

A SAMA fez uma estimativa, por Municípios, das cargas poluidoras provenientes de esgotos sanitários. As informações foram obtidas a partir de dados fornecidos pela

COMPESA referentes ao Sistema de Esgotamento Sanitário do Estado. O resultado é apresentado na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Carga poluidora dos esgotos sanitários

Município	Carga Poluidora (KgDBO/dia)		
	Potencial	Real	Remanescente
Cabo de Santo Agostinho	51	51	51
Jaboatão dos Guararapes	21611	20148	6044
Moreno	883	833	833
Recife	1329	1329	1329
São Lourenço da Mata	103	103	103
Vitória de Santo Antão	128	128	128

Fonte: SAMA, s.d. (adaptado)

A carga poluidora potencial, real e remanescente da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão é de 24105, 22592 e 8488 KgDBO por dia, respectivamente, onde DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) é o parâmetro fundamental para o controle da poluição das águas por matéria orgânica.

Como se pode observar, o grande responsável pelo lançamento de carga poluidora proveniente de esgotos sanitários é o Município de Jaboatão dos Guararapes.

Os esgotos domésticos representam a parcela mais significativa dos esgotos sanitários, provêm principalmente de residências e edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas (BRAGA *et al.*, 2005). Segundo a CPRH (2007), no Rio Jaboatão e nos seus tributários, os níveis de Coliformes Termotolerantes e Fósforo Total evidenciam o lançamento de esgotos domésticos na bacia. No que diz respeito aos esgotos domésticos, CPRH (2007) também indica que o trecho mais comprometido é o referente à zona urbana de Jaboatão dos Guararapes.

Diante destas informações, conclui-se que atuar no tratamento dos esgotos sanitários do Município de Jaboatão dos Guararapes com estabelecimento de padrões de lançamento para os efluentes industriais resultaria numa redução significativa da carga poluente da bacia. Esta ação exigiria das indústrias um pré-tratamento dos efluentes industriais antes de despejá-los na rede pública de modo a respeitar os padrões estabelecidos.

Segundo o Banco do Nordeste (1999), nos casos de aglomerações urbanas, é recomendável que exista um sistema coletivo de esgotamento composto de rede de coleta e estação de tratamento para as águas residuárias. O autor alerta para os danos que a adoção do esgotamento sanitário pode causar ao homem e ao meio ambiente, caso não seja planejado e implementado de acordo com as recomendação técnicas pertinentes.

Segundo Braga *et al.* (2005), os processos de tratamento de um esgoto sanitário podem ser classificados de acordo com os meios empregados na remoção ou transformação ou de acordo com a eficiência das unidades de tratamento. Segundo os autores, a eficiência de uma unidade de tratamento pode ser medida em função do grau de redução dos sólidos em suspensão e da demanda bioquímica de oxigênio (DBO).

Os autores classificam os processos de tratamento em função da eficiência das unidades em: tratamento preliminar, tratamento primário, tratamento secundário e tratamento avançado, listados em ordem de crescimento de eficiência das unidades.

O grau necessário a ser alcançado em um determinado tratamento de esgoto sanitário varia de um lugar para outro e depende dos seguintes requisitos (BRAGA *et al.*, 2005):

- uso preponderante das águas receptoras a jusante do ponto de lançamento dos esgotos;
- capacidade do corpo de água em assimilar, por diluição ou autodepuração, o líquido tratado;
- exigências legais estabelecidas pelos órgãos de controle de poluição para o corpo receptor;
- usos específicos do efluente tratado (reuso industrial, reuso agrícola, recarga de aquíferos, etc.).

Segundo Banco do Nordeste (1999), na seleção de alternativas para o esgotamento sanitário, deve-se considerar a possibilidade de implantação de projetos simplificados que poderão ser tão eficiente quando os denominados convencionais e que demandam volumes menores de recursos financeiros. De acordo com Lucena (2008), para o caso de Jaboatão dos Guararapes, se aplica a utilização tratamento secundário dos esgotos sanitários.

O despejo de resíduos sólidos também representa sérios riscos à bacia. No que diz respeito ao resíduo sólido, vulgarmente denominando de lixo, foram encontrados na bacia pedaços de redes e linhas de pesca, cordas para amarração de velas e embarcações, sacos, copos, embalagens de alimentos e bebidas fragmentos de isopor, vasilhames de óleo lubrificantes (SAMA, s.d.). Pelo tipo de lixo, pode-se prever que eles são provenientes de áreas de ocupação urbana, colônia de pescadores, e áreas onde os mananciais são utilizados para lazer.

Atuar junto à comunidade no estabelecimento de uma consciência ambiental apoiada no conhecimento sobre a importância da bacia do Rio Jaboatão para a região, sobre as condições de degradação a que ela está submetida, sobre as consequências imediatas e futuras disso e

ainda sobre posturas individuais pode ser uma alternativa de grande impacto positivo para controlar a degradação, especificamente, a que é proveniente de posturas individuais diretas, como por exemplo, a emissão direta de resíduos sólidos nos corpos hídricos.

A atuação direta junto à comunidade exige uma contrapartida da administração pública no que diz respeito à melhoria do sistema de coleta de lixo junto às populações ribeirinhas provendo locais para acondicionamento e coleta periódica do lixo.

3.1.2 Poluição de atividades agrárias

A poluição de atividades agrárias decorre do lançamento de fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas no solo utilizado para agricultura ou monocultura.

No caso dos fertilizantes sintéticos, a poluição é decorrente das quantidades excessivas aplicadas às plantas que não podem ser absorvidas pelo vegetal, incorporando-se ao ambiente. Segundo Braga *et al.* (2005), os elementos incorporados ao ambiente podem ocasionar eutrofização dos corpos hídricos e contaminação do solo. A eutrofização corresponde à superfertilização das águas, que passam a produzir enormes quantidades de algas que, por competição, eliminam muitas espécies aquáticas e restringem severamente os benefícios que podem ser extraídos da água. A contaminação do solo é devida ao acúmulo crescente de concentrações de substâncias presentes nos fertilizantes sintéticos.

A utilização eficiente de fertilizantes sintéticos está associada à técnica e quantidades utilizadas. O aumento da eficiência pode diminuir os riscos de poluição associados à prática de utilização de fertilizantes sintéticos.

No caso dos defensivos agrícolas, a poluição está associada ao efeito residual destas substâncias. A permanência no ambiente amplia a disseminação pela biosfera, seja por meio de fenômenos físicos (movimentação das águas, circulação atmosférica), ou seja, pelas cadeias alimentares. Segundo o Banco do Nordeste (1999), a facilidade de compra de defensivos agrícolas (sem receituário agrônomo e florestal) e a aparente eficiência destas substâncias têm levado à sua grande utilização, o que ao mesmo tempo leva ao risco de uso indiscriminado, provocando uma aplicação não rentável (sub-dosagem e/ou super-dosagem), além de causar impactos negativos sobre a saúde humana e ao meio ambiente.

Um levantamento realizado pela SAMA revela que cerca de trinta princípios ativos são empregados nas lavouras situadas ao longo da bacia de Rio Jaboatão no combate às pragas e doenças, controle de ervas daninhas e exploração de arbustos na exploração das culturas de abacaxi, alface, algodão, banana, beterraba, cana-de-açúcar, cenoura, cebolinha, chuchu,

citros, coentro, couve comum, couve-flor, pepino, pimentão, repolho, tomate, pastagens e outras culturas em menor escala.

O estudo constatou que o Município de Vitória de Santo Antão é o que apresenta maior risco de contaminação à bacia. Para esta constatação foram consideradas as espécies de vegetais cultivadas, o volume de produção e levantamentos realizados por Município para identificação dos principais agro-químicos utilizados por cultura (SAMA, s.d.).

Mesmo com os riscos associados, o uso de fertilizantes sintéticos e defensivos agrícolas é essencial para assegurar os níveis de produção primária, particularmente de alimentos. Sendo assim, não é possível eliminar, pelo menos em curto prazo, o uso desses produtos.

Banco do Nordeste (1999) recomenda a adubação orgânica para conservação e incremento dos níveis de matéria orgânica no solo e a utilização de métodos de controle biológico e/ou integrado para o controle de pragas, reduzindo a ação danosa dos agrotóxicos e a conseqüente contaminação dos ecossistemas ad propriedade e da vizinhança.

Uma alternativa para resolver ou, pelo menos minimizar, o problema de degradação decorrente das atividades agrárias desenvolvidas na bacia do Rio Jaboatão seria atuar junto aos produtores rurais, entidades de setores agrícolas, como por exemplo, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, comunidade científica e poder público, incluindo o Ministério da Agricultura, no desenvolvimento de um plano de agricultura sustentável focado na conservação do solo e da água da bacia do Rio Jaboatão, com base nas práticas agrícolas desenvolvidas especificamente nesta bacia. A implantação do plano poderia priorizar áreas mais críticas como é o caso do Município de Vitória de Santo Antão que representa o maior risco de contaminação à bacia.

3.1.3 Poluição da agroindústria canavieira

Em torno de 26.745,93 m³/dia dos efluentes gerados pela indústria do setor sucroalcooleiro têm como destino final o solo (GOMES, 2005), através do processo de fertirrigação da cana-de-açúcar, no qual é utilizada a vinhaça. A vinhaça é o principal resíduo líquido da indústria sucroalcooleira produzida na razão de 13 litros para cada litro de álcool produzido (BRITO & ROLIM, 2005). Dentre os principais elementos químicos da vinhaça tem-se o potássio, o nitrogênio e grande porcentagem de matéria orgânica (LYRA *et al.*, 2003).

Segundo Brito & Rolim (2005), o reaproveitamento da vinhaça no solo não dispõe de informações suficientes para viabilizar com total segurança o seu uso no que diz respeito às questões ambientais.

Com respeito às taxas de vinhaça aplicadas ao solo, foram observados que quando as taxas são elevadas, os efeitos são indesejáveis, citando o comprometimento da qualidade da cana para produção de açúcar, poluição do lençol freático e salinização do solo (CENTURIÓN, 1989 *apud* LYRA *et al.*, 2003).

Segundo Lucena (2008), toda a vinhaça produzida pela agroindústria pernambucana é armazenada em açudes para em seguida ser utilizada na fertirrigação do solo. Segundo o autor, apesar deste procedimento, diante das atuais alternativas disponíveis, ser o mais adequado, o processo de contaminação dos corpos aquáticos é inevitável.

O autor explica que, durante as precipitações, a chuva arrasta os nutrientes do solo para o rio. O excesso de nutrientes, decorrente da aplicação da vinhaça no solo, causa a eutrofização dos corpos hídricos.

Diante das controvérsias sobre o potencial poluidor da utilização da vinhaça no solo, é importante que haja um estudo mais aprofundado e específico sobre o armazenamento, transporte e utilização da vinhaça, especificamente nas áreas compreendidas pela bacia hidrográfica do Rio Jaboatão. O estudo é essencial à identificação de alternativas que sejam financeiramente viáveis e economicamente justificáveis, visto o problema da poluição decorrente da utilização da vinhaça na fertirrigação envolve grandes extensões de áreas e o desenvolvimento de uma cultura que é essencial e determinante à economia da região, movimentando milhares de empregos diretos e indiretos.

Como sugestão, o estudo poderia contemplar: avaliação de áreas de preservação, áreas de poços, áreas de ferrovias e rodovias, áreas populacionais, áreas com declividades; análise química do solo fertirrigado, da vinhaça; etc.

3.1.4 Poluição industrial

De acordo com o Decreto Federal N° 76.389, de 03 de outubro de 1975, poluição industrial é caracterizada como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio-ambiente, causadas por qualquer forma de energia ou de substâncias sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos despejados pelas indústrias, em níveis capazes, direta ou indiretamente, de: (i) prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população; (ii) criar condições adversas às atividades sociais e econômicas; (iii) ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a outros recursos naturais.

Geralmente, as indústrias têm sido uma das principais fontes de poluição de água por despejarem, de forma direta ou indireta, os resíduos líquidos industriais nos corpos hídricos (BISHOP, 2000).

Bishop (2000) ressalta que é muito alto o custo para tratar os resíduos líquidos antes de serem despejados nos corpos hídricos de modo a não causar danos ao ambiente e à saúde pública. Sendo assim, muitas indústrias nos Estados Unidos têm se esforçado para minimizar o uso de água nos processos produtivos e, conseqüentemente, reduzir a quantidade de resíduos líquidos despejados nos sistemas aquáticos.

Bishop (2000) também fala que 90% da água utilizada pelas indústrias americana é utilizada apenas para refrigeração, e que há um cuidado especial para prevenir que estas águas sejam contaminadas pelo próprio processo produtivo. Se a água utilizada para refrigeração fica contaminada, através de vazamentos nas tubulações, respingos, misturas, etc., o custo para tratar os resíduos líquidos se expande rapidamente.

A SAMA fez um levantamento das indústrias potencialmente poluidoras cadastradas na bacia hidrográfica do Rio Jaboatão. A maioria das indústrias está situada no Município de Jaboatão dos Guararapes, estando algumas delas situadas no Município de Moreno. A lista das indústrias é apresentada no Quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Indústrias potencialmente poluidoras da bacia do Rio Jaboatão

Unidade Industrial	Tipologia	Município
Alpargatas	Vestuário artefatos/Tecidos	Jaboatão dos Guararapes
Basf/Suvinil	Indústria Química	Jaboatão dos Guararapes
Correia Vitorelli	Indústria Metalúrgica	Jaboatão dos Guararapes
Malhas Jaboatão	Indústria Têxtil	Jaboatão dos Guararapes
Matadouro Jaboatão	Produtos Alimentares	Jaboatão dos Guararapes
Ondunorte III	Indústria de papel e papelão	Moreno
Pernambuco Química	Indústria Química	Jaboatão dos Guararapes
Portela	Indústria de papel e papelão	Jaboatão dos Guararapes
Refresco Guararapes	Indústria de Bebida	Jaboatão dos Guararapes
Tecelagem Paraíba	Vestuário artefatos/Tecidos	Moreno
Tecelagem São José	Indústria Têxtil	Jaboatão dos Guararapes
Usina Bulhões	Usina de Açúcar e Alcool	Jaboatão dos Guararapes/Moreno

Fonte: SAMA, s.d. (adaptado)

O levantamento não destaca uma indústria individualmente como responsável pela degradação da bacia. A degradação proveniente de poluição industrial é resultado do conjunto de empresas situadas ao longo da bacia.

Segundo Lucena (2008), é crítica a situação dos despejos industriais na bacia do Rio Jaboatão. Segundo o autor, a maioria das indústrias não realiza qualquer tipo de tratamento

nos seus resíduos antes de despejá-los na bacia, havendo inclusive o lançamento direto de metais pesados.

Tratar os resíduos para remover substâncias que causam a contaminação da água antes de despejá-los nos corpos hídricos é a melhor alternativa para o problema da poluição industrial, porém, pode representar um custo elevado. Uma solução alternativa seria criar um sistema de tratamento coletivo para tratar dos resíduos industriais de um conjunto de indústrias. Segundo Bishop (2000), um sistema de tratamento coletivo para indústrias é uma solução segura e econômica, além de apresentar a vantagem de diminuir o número de pontos de descarga na bacia, o que facilita o gerenciamento das cargas de resíduos despejados.

Segundo Araújo (2005), para um gerenciamento adequado de reservatórios, é importante promover o controle e redução das fontes poluidoras, os tratamentos de efluentes domésticos e industriais, a utilização de práticas agrícolas adequadas, o monitoramento hidrológico e da qualidade da água, a recuperação de matas ciliares e educação ambiental.

3.2 Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão

A necessidade de considerar os pontos de vistas e interesses de cada um dos representantes dos diferentes setores usuários, assim como os pontos de vistas e interesses de representantes de entidades diretamente responsáveis pela gestão das águas, é justificada pelo fato de que, no Brasil, há um compartilhamento da gestão dos recursos hídricos entre Estado e iniciativa privada. Segundo o MMA (2006), 95% dos investimentos que afetam os recursos hídricos são empreendidos pelos setores usuários, enquanto 5% dos investimentos são devidos a entidades diretamente responsáveis pela gestão das águas, tais como, Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) e Agência Nacional das Águas.

Além disso, como argumentam Alvim & Ronca (2007), a gestão de recursos hídricos, como toda a política de natureza pública, apresenta interfaces de interesses, não apenas com as políticas vinculadas diretamente a esse setor ou ao meio ambiente, mas também com outras políticas setoriais.

O compartilhamento da gestão dos recursos hídricos é um dos fundamentos da Política Nacional dos Recursos Hídricos, instituída pela Lei Federal 9.433/97, que diz que “a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades” (MMA, 2006). Diante disto, fica determinada a criação de comitês de bacias hidrográficas para representar os centros de decisões colegiados referentes à gestão de recursos hídricos.

Os comitês de bacias hidrográficas se constituem em espaços institucionais para uma gestão compartilhada entre o Estado e a sociedade, que favorecem o processo de negociação social sobre a utilização de recursos hídricos, não representando um fórum de contraposição do sistema de gestão de recursos hídricos aos governos (MMA, 2006).

Os comitês e agências de água constituem-se em espaços institucionais abertos à participação e à dinâmica social, não devendo se limitar a apêndices do aparelho de Estado submetidos a controles, métodos e práticas tradicionais da administração pública, sabidamente impróprios ao trato de problemas complexos que se quer enfrentar (MMA, 2006).

O comitê de bacia é a principal instância de participação de todos os segmentos sociais, sendo formados por representantes da sociedade civil, usuários de água e poder público, que são indicados por estes segmentos de forma paritária e eleitos em plenária. É um fórum deliberativo e consultivo, caracterizado como espaço sócio-político fundamental para se estabelecer a negociação em torno de múltiplas demandas de uso de água (COMPESA, s.d.).

Para o Estado, a coletividade e participação, proporcionada pela formação dos comitês, garantem uma maior flexibilidade sem abrir mão de instrumento de controle e supervisão, tornando o Estado capaz de descentralizar funções, transferir responsabilidades e alargar o universo de decisores.

Devido à sua natureza deliberativa e não executiva, a atuação dos comitês limita-se à recomendações referentes a planos, estudos e legislações. Segundo Alvim & Ronca (2007), estas recomendações são resultantes de votações simples realizadas de forma paritária pelas instâncias.

As recomendações, normalmente, são referentes à execução de grandes obras, desenvolvimento de planos, projetos e legislações, implantação de campanhas educativas, atividades de reflorestamento, fiscalização, etc. Em suma, as recomendações dizem respeito a ações que terão grande impacto sobre as atividades do Estado, Município e iniciativa privada, ficando evidente a criticidade das atividades dos comitês e a necessidade de outros meios que os apoiem em suas recomendações.

Segundo ANA (2007), atualmente, existem 110 comitês de bacias hidrográficas de rios estaduais distribuídos em 14 Estados e 7 comitês de bacias hidrográficas de rios federais, Anexo 1. O Estado de Pernambuco possui 8 comitês de bacia de rios estaduais (ANA, 2007), dos quais um deles é dedicado às decisões referentes à bacia hidrográfica do Rio Jaboatão: o Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão, chamado de COBH–Jaboatão. O COBH–

Jaboatão é formado por representantes dos segmentos usuários de água, entidades civis, poder executivo federal, estadual e municipal (COBH-Jaboatão, 2007).

O COBH-Jaboatão é composto por doze representantes dos poderes executivos da União, do Estado e dos Municípios, inseridos na área da bacia hidrográfica respectiva; seis representantes de entidades civis; e doze usuários de recursos hídricos (COBH-Jaboatão, 2007). O COBH-Jaboatão apresenta a seguinte estrutura: plenário; diretoria colegiada, sendo formada por um presidente, um vice-presidente e um secretário executivo, que devem ser eleitos por maioria simples para um mandato de dois anos renováveis por mais um período; e câmaras técnicas e grupos de trabalhos (COBH-Jaboatão, 2007).

De acordo com o Art. 2º do Estatuto Social do COBH-Jaboatão, este agente possui as seguintes finalidades:

- Adotar a bacia hidrográfica como unidade físico-territorial de planejamento e gerenciamento;
- Propor estudos, programas de obras e serviços de interesse coletivo, definindo prioridades e medidas preventivas de riscos ambientais sociais e financeiros, com vistas a sua integração ao Plano Estadual para a bacia;
- Definir instrumental de ação que assegure gestão participativa e descentralizada dos recursos hídricos, buscando sintonia entre quantidade e qualidade na respectiva área de ação;
- Buscar sempre a compatibilização entre gestão dos recursos hídricos/desenvolvimento regional e conservação do meio ambiente;
- Participar de ações preventivas, e de defesa, contra acidentes hidrológicos que causem riscos à segurança e saúde públicas da população da bacia;
- Assegurar a proteção dos recursos hídricos contra obras e intervenções que venham comprometer o seu uso múltiplo no presente e no futuro;
- Estimular o desenvolvimento e a transferência de tecnologias com vistas à conservação dos recursos hídricos em sua área de abrangência;
- Propor alternativas de desenvolvimento sustentável da bacia.

Os principais desafios enfrentados pelo COBH-Jaboatão referem-se à diminuição da vazão natural do rio principal; ao comprometimento da qualidade da água devido à emissão de efluentes industriais, agrotóxicos e efluentes provenientes de fontes domésticas; ao uso desordenado do solo às margens do rio principal e dos rios tributários (COMPESA, s.d.).

O COBH–Jaboatão contempla na sua estrutura a representação de entidades e setores diversificados, Tabela 3.3, com interesses diferentes e muitas vezes conflitantes a respeito da utilização dos recursos da bacia do Rio Jaboatão. Além disso, é evidente a característica multidisciplinar da formação dos membros do comitê, o que gera expectativas diferenciadas a respeito de alternativas para controlar o problema da degradação da bacia.

O envolvimento de pessoas com interesses e expectativas diferentes na estruturação do problema da bacia do Rio Jaboatão resulta na formulação de alternativas inovadoras e originais que contempla o conhecimento e experiência de vários profissionais de formação multidisciplinar, além da experiência de membros da sociedade civil que utilizam diretamente os recursos da bacia para desenvolvimento econômico e social próprios. É também importante envolver tais pessoas nas decisões sobre os critérios a serem considerados na determinação das alternativas, de modo que a decisão final sobre a(s) alternativa(s) a ser(em) implementada(s) contemple as preferências das diversas pessoas envolvidas.

Tabela 3.3 – Entidade que compõem o COBH-Jaboatão

Entidades que compõem o COBH–Jaboatão
Prefeitura Municipal de Cabo de Santo Agostinho Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes Prefeitura Municipal de Moreno Prefeitura Municipal de Recife Prefeitura Municipal de São Lourenço da Mata Prefeitura Municipal de Vitória de Santo Antão Câmara Municipal de Moreno Secretaria de Infra-Estrutura do Estado – SEIN Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA Secretaria de Educação e Cultura do Estado Universidade Federal de Pernambuco – UFPE Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco – CONDEPE/FIDEM Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH Instituto Nacional de Colonização e Recursos Hídricos – INCRA Colônia de Pescadores Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Jaboatão do Guararapes/Ponte dos Carvalhos Associação dos Fomecedores de Cana de Pernambuco – AFCP Fábrica Portela/FIEPE Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Papel e Papelão de Pernambuco – SINDPAPE Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES Associação os Moradores de Posseiros da Barragem Duas Unas Movimento “Tortura Nunca Mais”

Fonte: COMPESA, s.d.

É notável a importância do envolvimento do COBH–Jaboatão no desenvolvimento do estudo a que se propõe esta dissertação. Fica então determinado que os membros do COBH–Jaboatão são os decisores no modelo proposto nesta dissertação para definição dos critérios, formulação e priorização de alternativas para recuperação da bacia do Rio Jaboatão.

4 MODELO DE DECISÃO EM GRUPO PARA RECUPERAÇÃO DA BACIA DO RIO JABOATÃO

Decisões envolvendo gerenciamento de recursos naturais são decisões complexas, contemplando vários *stakeholders* e mecanismos de comunicação entre eles. É necessário alcançar um acordo entre os diferentes grupos envolvidos que normalmente possuem interesses sociais, econômicos e políticos conflitantes (LIU & STEWART, 2004). No caso de recursos hídricos, Hajkowicz & Higgins (2008) afirmam que as decisões são caracterizadas pela existência de muitos objetivos e muitos grupos de *stakeholders*.

As decisões envolvendo o planejamento de alternativas para recuperação de uma bacia hidrográfica confirmam a complexidade do gerenciamento de recursos naturais: muitos objetivos devem ser levados em consideração e deve haver o envolvimento de diferentes setores usuários dos recursos hídricos (indústria, produtores agrícolas, sociedade, etc).

Segundo estes autores, nos últimos anos a análise multicritério vem sendo bastante aplicada no apoio a decisão sobre gerenciamento de recursos naturais.

No que diz respeito a recursos hídricos, Hajkowicz & Higgins (2008) listam alguns tipos comuns de decisões que vêm sendo apoiadas por técnicas de análise multicritério:

- Seleção de alternativas para abastecimento de água e opções de infraestrutura para armazenamento;
- Seleção de projetos para tratamento de água submetidos a restrições orçamentárias;
- Alocação de recursos hídricos entre usuários concorrentes;
- Seleção de políticas para gerenciamento de água em uma cidade ou em uma região.

Gonçalves *et al.* (2004) citam que foram encontradas na literatura diversas técnicas de análise multicritério aplicadas também à irrigação de água, no que diz respeito à avaliação de desempenho, planejamento de irrigação ou planejamento de demanda e distribuição. Em seu estudo sobre economia de água num sistema de irrigação, o autor destaca a importância da análise multicritério que permitiu a consideração de critérios, tanto econômicos quanto ambientais.

De Marchi *et al.* (2000) utilizaram uma avaliação multicritério para auxiliar a administração de um Município italiano na determinação de possíveis ações para tratar o

problema de exploração dos recursos hídricos da região, que é encarado como uma restrição ao desenvolvimento econômico local.

Apesar do crescente uso da análise multicritério para tratar de questões envolvendo recursos naturais, não foi verificado na literatura uma aplicação específica para tratar do problema da degradação de bacias hidrográficas. O modelo que será apresentado a seguir contempla justamente uma aplicação de análise multicritério para auxiliar decisores na priorização de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboaão.

Antes de apresentar o modelo é apresentada uma justificativa para a escolha do método multicritério utilizado.

4.1 Escolha do método

O problema de decisão do qual trata esta dissertação busca a identificação de uma lista priorizada de ações a serem implementadas para a recuperação da bacia do Rio Jaboaão. A priorização das ações se faz necessária, pois a implementação se dará de forma parcial de acordo com os interesses dos órgãos e entidades financiadoras de ações para recuperação da bacia.

A priorização será feita com base em vários aspectos envolvidos pela situação, sejam eles financeiros, econômicos, sociais e ambientais. Os aspectos são representados por critérios, com medidas de importâncias diferenciadas atribuídas pelos decisores. A priorização também considera as preferências dos representantes do COBH-Jaboaão, que são os decisores, contemplando, portanto, diferentes pontos de vistas, interesses e experiências.

Uma abordagem multicritério é bastante útil para auxiliar neste tipo de tomada de decisão que envolve muitas alternativas, múltiplos critérios, alguns deles conflitantes entre si, e cujas conseqüências terão grande impacto sobre os envolvidos e sobre terceiros.

Liu & Stewart (2004) defendem que um sistema para apoiar decisão na área de gerenciamento de recursos naturais deve ser do tipo GDSS (*Group Decision Support System*), ou seja, um sistema para apoio a decisão em grupo, por se tratar de uma decisão que envolve muitas partes interessadas.

É importante envolver na decisão especialista de múltiplas formações e os diferentes setores usuários.

Diante da existência de um comitê que contempla a participação de representantes de várias áreas de interesse, é oportuna a aplicação de um método para decisão em grupo, onde os decisores são alguns membros representativos do comitê.

Uma exigência para a escolha do método é que ele forneça um *ranking* com as alternativas, e que a ordem do *ranking* seja estabelecida com base no melhor desempenho médio das alternativas em todos os critérios considerados, ou seja, a ordem do *ranking* não deve favorecer uma compensação entre os critérios, de modo a não priorizar uma alternativa que apresente um ótimo desempenho em um determinado critério, porém que tenha desempenho muito baixo nos demais. Em outras palavras, deve ser escolhido um método não compensatório que forneça um *ranking* das alternativas de modo que as deliberações do comitê sejam baseadas em priorização de alternativas que apresentem melhor desempenho médio nos critérios.

Optou-se então pela utilização de um dos métodos da Escola Francesa, também conhecidos como métodos de sobreclassificação. Dentre os métodos baseados da Escola Francesa, decidiu-se pelo PROMETHEE II por ser um método de aplicação relativamente simples e por permitir que o decisor escolha o tipo de função de preferência e ainda os limiares, garantindo uma melhor modelagem das preferências.

4.2 Descrição do modelo

O modelo está dividido em quatro estágios: estágio de estruturação do problema obtido a partir de um estudo sobre a bacia; estágio de avaliação individual onde é utilizado um método multicritério de apoio a decisão; estágio de avaliação em grupo onde os resultados individuais são agregados; e estágio de resolução de conflitos, que quando necessário pode retornar à etapa inicial para estruturação do problema, caracterizando o modelo como sendo iterativo, Figura 4.1.

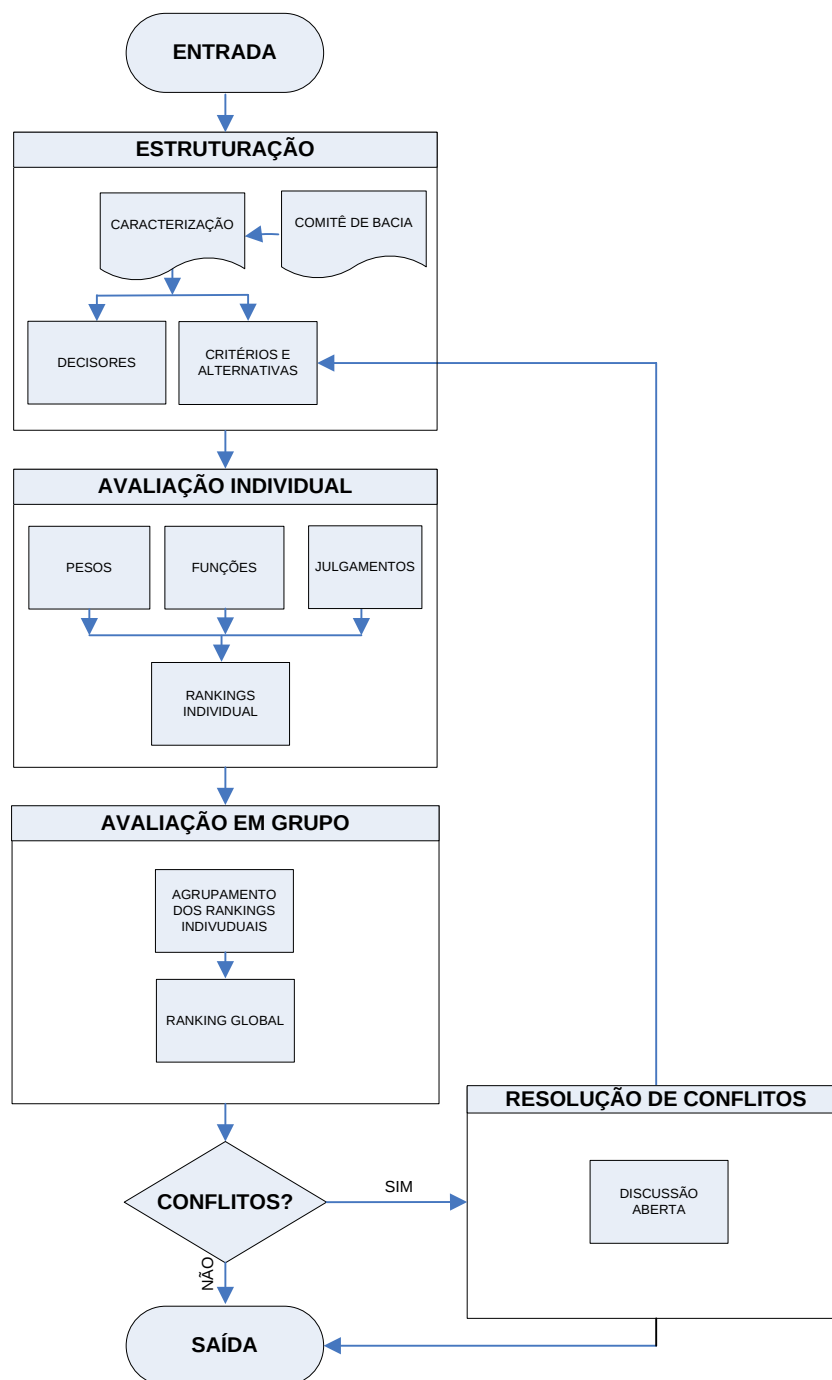


Figura 4.1 – Fluxograma das etapas do modelo
Fonte: Autora, 2008

4.2.1 Estruturação do problema

O objetivo deste estágio é realizar um estudo sobre a bacia hidrográfica que possibilite caracterizar a situação real da bacia e, a partir disto, identificar os decisores do processo, determinar a família de critérios e formular o conjunto de alternativas.

Caracterização:

Deve ser feita uma análise das principais fontes de degradação ao longo da bacia do Rio Jaboatão que permita avaliar as condições de degradação a qual a bacia está submetida e também identificar os trechos mais críticos, Tabela 4.1. É importante que seja realizada uma pesquisa sobre iniciativas adotadas em outras bacias que tenham vindo a controlar o problema de degradação provocado pelo mesmo tipo de fonte.

Tabela 4.1 – Caracterização da situação da bacia do Rio Jaboatão

Caracterização		
Fonte (origem)	Condição	Trechos mais atingidos
Ações da população	Altos níveis de Coliformes Termotolerantes e Fósforo no Rio Jaboatão e nos seus tributários, o que é uma evidência do lançamento de esgotos domésticos na bacia.	Zona urbana de Jaboatão dos Guararapes.
Ações da população	Os seguintes resíduos sólidos são encontrados na bacia: pedaços de redes e linhas de pesca, cordas para amarração de velas e embarcações, sacos, copos, embalagens de alimentos e bebidas fragmentos de isopor, vasilhames de óleo lubrificantes.	Áreas de ocupação urbana, colônia de pescadores, e áreas onde os mananciais são utilizados para lazer
Agroindústria canavieira	Fertirrigação utilizando vinhaça.	Áreas fertirrigadas.
Indústria	Emissão de resíduos industriais na bacia sem nenhum tipo de tratamento.	Município de Jaboatão dos Guararapes.
Agricultura	Cerca de trinta princípios ativos são empregados nas lavouras situadas ao longo da bacia.	Município de Vitória de Santo Antão.

Fonte: Autora, 2008

Deve ser verificada a existência de um comitê da bacia e em seguida, realizado um estudo que possibilite entendimento da forma de organização e o conhecimento das entidades e dos setores que estão sendo diretamente representados, Tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Representantes do comitê da bacia hidrográfica

Representantes do COBH	
Entidade	Sector que possui ligação direta
Prefeitura Municipal de Cabo de Santo Agostinho	Poder público
Prefeitura Municipal de Jaboatão dos Guararapes	Poder público
Prefeitura Municipal de Moreno	Poder público
Prefeitura Municipal de Recife	Poder público
Prefeitura Municipal de São Lourenço da Mata	Poder público
Prefeitura Municipal de Vitória de Santo Antão	Poder público
Câmara Municipal de Moreno	Poder público
Secretaria de Infra-Estrutura do Estado – SEIN	Poder público
Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente – SECTMA	Poder público
Secretaria de Educação e Cultura do Estado	Poder público
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE	Sociedade civil
Agência Estadual de Planejamento e Pesquisa de Pernambuco – CONDEPE/FIDEM	Poder público
Companhia Pernambucana de Saneamento – COMPESA	Poder público
Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – CPRH	Poder público
Instituto Nacional de Colonização e Recursos Hídricos – INCRA	Poder público
Colônia de Pescadores	Sociedade civil
Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Jaboatão do Guararapes/Ponte dos Carvalhos	Produtores agrícolas
Associação dos Fornecedores de Cana de Pernambuco – AFCP	Produtores agrícolas
Fábrica Portela/FIEPE	Indústria
Sindicato dos Trabalhadores na Indústria de Papel e Papelão de Pernambuco – SINDPAPE	Indústria
Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental – ABES	Sociedade civil
Associação os Moradores de Posseiros da Barragem Duas Unas	Sociedade civil
Movimento “Tortura Nunca Mais”	Sociedade civil

Fonte: Autora, 2008

Decisores:

É necessário considerar os pontos de vistas e interesses dos representantes dos diferentes setores usuários, assim como os pontos de vistas e interesses de representantes de entidades diretamente responsáveis pela gestão das águas.

Os comitês de bacia contemplam a participação de todos os segmentos sociais, sendo formados por representantes da sociedade civil, usuários de água e poder público, sendo assim, a Tabela 4.2 representa uma ótima fonte para identificar os decisores em um planejamento de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão.

Segundo Srdjevic (2007), quando é utilizado um método multicritério para apoiar decisões em grupo, o tamanho do grupo é uma decisão crítica, pois a maioria dos métodos

multicritérios assume que o princípio da homogeneidade é válido. Segundo o autor, diversos outros autores consideram que este princípio pode ser violado quando métodos multicritérios são aplicados a grandes grupos e defendem a formação de subgrupos a partir do agrupamento decisores com base nas similaridades das preferências dos decisores. Com base nesta ressalva, para evitar que o grupo se torne muito grande, foi considerado apenas um membro de cada entidade/setor mais representativo. A representatividade diz respeito principalmente aos interesses quanto à utilização dos recursos hídricos e à contribuição para o processo de degradação.

A Tabela 4.3 apresenta os decisores contemplados pelo modelo.

Tabela 4.3 – Decisores e suas respectivas representações

Decisores	
Identificador	Representação
DM1	Poder público
DM2	Indústrias
DM3	Companhia de abastecimento e saneamento
DM4	Sociedade civil
DM5	Produtores agrícolas ou agroindústria canavieira

Fonte: Autora, 2008

Alternativas:

Segundo Hajkowicz & Higgins (2008) uma opção de decisão é uma ação ou projeto que contribui para os objetivos dos decisores. Sendo assim, as opções de decisão serão medidas que irão contribuir para o controle do processo de degradação da bacia.

Segundo Braga *et al.* (2005), as medidas destinadas ao controle da degradação ambiental podem ser classificadas em medidas preventivas, medidas corretivas, medidas estruturais e medidas não-estruturais.

As medidas preventivas apresentam custos financeiros de implantação menores e são mais eficientes que as medidas corretivas. Porém, uma desvantagem é a forte dependência com o envolvimento e participação da sociedade, o que, geralmente, compromete a sua eficácia.

As medidas corretivas são bastante onerosas e, geralmente, de difícil implantação, porém são extremamente necessárias para resolver ou atenuar problemas de degradação já existentes e não dependem muito do envolvimento da sociedade.

As medidas estruturais são aquelas que envolvem execução de obras e a instalação de equipamentos, e, em geral, envolvem custos substanciais.

As medidas não-estruturais são soluções mais baratas que procuram intervir nas causas que podem originar ou agravar um problema, evitando, assim, que ele ocorra ou permitindo seu controle. Em geral, as medidas não-estruturais devem ser respaldadas por leis ou regulamentos, requerendo uma visão integrada e abrangente das questões, portanto, do ponto de vista de implementação, são de manutenção mais lenta que as medidas estruturais, exigindo participação dos vários agentes envolvidos e muitas negociações para compatibilizar interesses conflitantes (BRAGA *et al.*, 2005). O autor ainda ressalta que tais medidas exigem embasamento técnico e envolvem questões complexas, merecendo e tornando indispensável maior participação de técnicos em soluções dessa natureza.

A partir da avaliação das condições de degradação da bacia do Rio Jaboatão e da identificação das principais fontes poluentes, foi proposto um conjunto de alternativas para tentar controlar o processo de degradação da bacia. As alternativas estão classificadas da seguinte forma: preventivas, corretivas, estruturais e não-estruturais. Esta classificação é útil para facilitar a mensuração, quantitativa ou qualitativa, das alternativas de acordo com cada um dos critérios considerados. As alternativas sugeridas e respectivas descrição e classificação são apresentadas na Tabela 4.4.

A descrição das alternativas não contempla informações técnicas e estruturais, o que exigiria um estudo detalhado e específico para cada uma delas. O intuito da descrição é apenas apresentar aos decisores um conjunto de medidas que venham a atuar sobre as fontes de degradação identificadas e sobre as áreas mais atingidas, de modo que eles tenham condição de avaliá-las em relação aos critérios considerados.

Tabela 4.4 – Alternativas para controlar o processo de degradação da bacia

Alternativas		
Identificador	Descrição	Classe
A1	Tratamento secundário dos esgotos sanitários do Município de Jaboatão dos Guararapes, exigindo da indústria pré-tratamento dos efluentes industriais de modo a respeitar padrões de lançamento pré-estabelecidos	Corretiva/Estrutural
A2	Campanha educativa junto às comunidades dos Municípios abrangidos pela bacia (com exceção de Recife)	Preventiva/Estrutural
A3	Campanha junto às indústrias para minimizar a quantidade de água utilizada nos processos produtivos oferecendo inclusive incentivos fiscais para aquelas indústrias que comprovarem redução	Preventiva/Estrutural
A4	Manutenção das instalações industriais para evitar que a água utilizada apenas para refrigeração seja contaminada por resíduos dos processos industriais	Corretiva/Estrutural
A5	Instituição de política para controle de instalação de novas empresas e ampliação das já existentes de modo a evitar o agravamento da poluição industrial	Preventiva/Não estrutural
A6	Desenvolvimento de um plano de agricultura sustentável específico para os produtores rurais de Vitória de Santo Antão focando na conservação do solo e da água da bacia do Rio Jaboatão	Preventiva/Estrutural
A7	Recuperação de matas ciliares	Corretiva/Estrutural
A8	Melhoria da coleta de lixo junto às populações ribeirinhas provendo locais para acondicionamento, coleta periódica do lixo e disposição final	Corretiva/Estrutural

Fonte: Autora, 2008

Crítérios:

A partir do estudo realizado foi possível identificar os principais critérios a serem considerados para que se obtenha uma melhor decisão a respeito das alternativas a se implementar. Segundo Liu & Stewart (2004), no gerenciamento de recursos naturais, a característica conflitante dos critérios reflete a falta de consenso entre os diferentes grupos de indivíduos que possuem interesses econômicos, políticos e sociais incompatíveis e que tiram algum proveito da exploração dos recursos.

A determinação dos critérios levou em consideração as condições de degradação, o caráter de urgência de medidas preventivas e/ou corretivas em alguns trechos, e ainda o conhecimento de órgãos e entidades interessadas na questão. A determinação de critérios

adequados é crucial para a eficiência e eficácia do método. Os critérios identificados são apresentados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 - Critérios e respectivas descrições

Critérios		
Identificador	Critério	Descrição
C1	Valor do Investimento	Corresponde ao valor monetário para implantação da ação. A unidade de medida dada em \$Reais e será feita com base em estimativas da companhia de abastecimento e saneamento responsável (COMPESA). Um valor menor é preferível a um valor maior.
C2	Custo de Manutenção	Corresponde ao valor monetário para manter a ação em funcionamento anualmente. A unidade de medida dada em \$Reais e será feita com base em estimativas da companhia de abastecimento e saneamento responsável (COMPESA). Um valor menor é preferível a um valor maior.
C3	Tempo de Resposta	Corresponde ao tempo mínimo necessário para alcançar os benefícios da ação. A unidade de medida dada em Meses e será feita com base em estimativas de órgão competente (CPRH). Um valor menor é preferível a um valor maior.
C4	Eficiência	Corresponde ao alcance territorial dos benefícios da ação na área da bacia compreendida no Município de Jaboatão dos Guararapes (especificamente) e na área da bacia compreendida nos demais Municípios. A medida é feita em uma escala é ordinal (muito baixa, baixa, regular, alta, muito alta). Um valor maior é preferível a um valor menor.
C5	Dependência de Terceiros	Corresponde à dependência que a ação tem, no que diz respeito ao alcance de seus objetivos, com o envolvimento e participação de terceiros (sociedade). Este critério foi determinando a partir de uma afirmação de Braga <i>et al.</i> (2005), que diz que o envolvimento da sociedade compromete a eficácia das ações. A medida é feita em uma escala é ordinal (muito baixa, baixa, regular, alta, muito alta). Um valor menor é preferível a um valor maior.
C6	Impacto na Indústria	Corresponde ao impacto negativo que a ação vai exercer sobre atividades industriais sob o ponto de vista operacional, econômico ou legal. A medida é feita em uma escala é ordinal (muito baixa, baixa, regular, alta, muito alta). Um valor menor é preferível a um valor maior.
C7	Impacto na Agricultura	Corresponde ao impacto negativo que a ação vai exercer sobre atividades agrícolas. A medida é feita em uma escala é ordinal (muito baixa, baixa, regular, alta, muito alta). Um valor menor é preferível a um valor maior.

Fonte: Autora, 2008

4.2.2 Avaliação individual

O objetivo deste estágio é identificar as preferências dos decisores e obter a avaliação individual das alternativas. É importante ressaltar que cada avaliação representa as preferências do indivíduo que a realizou e não as preferências do setor representado, embora a experiência profissional adquirida por cada decisor no setor o qual esteja representando seja determinante na definição dessas preferências.

Para realizar a avaliação individual, cada decisor precisa definir o peso dos critérios e definir as funções de preferência de cada critério.

Pesos dos critérios:

Cada decisor deve atribuir um peso de 0 a 100 a cada critério. Antes de atribuir os pesos, os decisores devem entender o significado dos critérios e entender como eles serão avaliados dentro dos respectivos níveis de escala.

Deve ficar claro para os decisores que o peso de um critério representa a importância que o critério tem em relação aos demais, ou seja, o peso é uma medida de importância relativa entre critérios. Caso um decisor não concorde com um critério, ele pode atribuir peso nulo, significando que o critério ficará inativo apenas para esse decisor.

Após a atribuição dos pesos por um decisor, o analista deve realizar a normalização das medidas, dividindo cada peso pela soma total dos pesos, de modo que a soma dos pesos normalizados seja igual a 1.

Funções de preferência:

Para cada critério, deve ser definida uma função de preferência. A função de preferência representa a forma como a preferência do decisor aumenta com a diferença de desempenho entre alternativas para um dado critério. Para cada critério deve ser definida uma $P_j(a,b)$ que assume valores entre 0 e 1 e cujos valores aumentam se a diferença de desempenho entre alternativa a e a alternativa b aumenta e é igual a zero se o desempenho de a é igual ou inferior ao desempenho de b (BELTON & STEWART, 2002).

A escolha das funções de preferência é uma etapa importantíssima do processo e exige do decisor um conhecimento detalhado sobre o significado dos critérios. Algumas funções exigem que o decisor expresse os limiares acima dos quais existe preferência de uma alternativa sobre outra, parâmetro p , e os limiares abaixo dos quais existe indiferença entre alternativas, parâmetro q .

Cada decisor deve escolher uma das seis funções sugeridas pelo PROMETHEE e apresentadas no Quadro 2.5 e expressar os respectivos parâmetros p e q , quando necessários.

A escolha pode ser feita de forma global, ou seja, para um dado critério pode ser escolhida uma mesma função para todos os decisores.

Julgamento das alternativas em relação aos critérios:

No que diz respeito aos critérios “Valor do Investimento”, “Custo de Manutenção” e “Tempo de Resposta”, as alternativas serão avaliadas com base em estimativas de órgãos competentes, como por exemplo, a COMPESA e a CPRH. Isto é justificado pelo fato de que a avaliação das alternativas em relação a estes critérios representa uma atividade altamente complexa, exigindo estudos específicos, geralmente bastante onerosos e demorados, o que seria inviável num processo de decisão como este que envolve decisores de múltiplos setores e com habilidades multidisciplinares. Portanto, em relação a estes critérios, especificamente, os decisores não poderão avaliar as alternativas, para tanto, serão consideradas as avaliações concedidas pelos órgãos competentes.

Os demais critérios apresentam um caráter subjetivo, o que possibilita aos decisores avaliar cada uma das alternativas em uma escala verbal, conseqüentemente convertida em uma escala numérica, conforme apresentado na Tabela 4.6 e na Tabela 4.7.

Tabela 4.6 – Conversão escala verbal em escala numérica para o critério C4

Verbal	Numérica
Muito alta	1,00
Alta	0,75
Regular	0,50
Baixa	0,25
Muito baixa	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela 4.7 - Conversão escala verbal em escala numérica para o critério C5, C6 e C7

Verbal	Numérica
Muito alta	0,00
Alta	0,25
Regular	0,50
Baixa	0,75
Muito baixa	1,00

Fonte: Autora, 2008

A avaliação das escalas para cada um dos critérios subjetivos com as respectivas descrições dos níveis das escalas são apresentadas nas tabelas a seguir.

A Tabela 4.8 apresenta a descrição dos níveis de escala para o critério C4.

Tabela 4.8 – Avaliação da escala para o critério C4

Critério: Eficiência	
Nível da escala	Descrição
Muito alta	Os benefícios da ação alcançam: ▪ Toda a área da bacia localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes; ou ▪ Todos os demais Municípios.
Alta	Os benefícios da ação alcançam, no mínimo: ▪ Metade do Município de Jaboatão dos Guararapes; ou ▪ 3 (três) dos demais Municípios.
Regular	Os benefícios da ação alcançam, no mínimo: ▪ 25% da área da bacia localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes; ou ▪ 1 (um) dos demais Municípios (desde que não seja apenas o Município de Recife por corresponder a uma área muito pequena da bacia).
Baixa	Os benefícios da ação alcançam, no mínimo: ▪ 10% da área da bacia localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes; ou ▪ Parte de 1 (um) dos demais Municípios (desde que não seja apenas o Município de Recife por corresponder a uma área muito pequena da bacia).
Muito baixa	Os benefícios da ação alcançam: ▪ Menos de 10% da área da bacia localizada no Município de Jaboatão dos Guararapes; ou ▪ Uma área específica de 1 (um) dos demais Municípios.

Fonte: Autora, 2008

A Tabela 4.9 apresenta a descrição dos níveis de escala para o critério C5.

Tabela 4.9 - Avaliação da escala para o critério C5

Critério: Dependência de Terceiros	
Nível da escala	Descrição
Muito alta	O sucesso da ação depende do envolvimento e participação de toda a sociedade de pelo menos um dos os Municípios abrangidos pela bacia
Alta	O sucesso da ação depende do envolvimento e participação envolvimento e participação de todas as populações ribeirinhas situadas ao longo da bacia
Regular	O sucesso da ação depende do envolvimento e participação de algumas populações ribeirinhas situadas ao longo da bacia
Baixa	O sucesso da ação depende do envolvimento e participação de uma dada comunidade
Muito baixa	O sucesso da ação não depende do envolvimento e participação da sociedade.

Fonte: Autora, 2008

A Tabela 4.10 apresenta a descrição dos níveis de escala para o critério C6.

Tabela 4.10 - Avaliação da escala para o critério C6

Critério: Impacto na Indústria	
Nível da escala	Descrição
Muito alta	A ação impactará todas as indústrias potencialmente poluidoras situadas nos Município de Jaboatão dos Guararapes ou no Município de Moreno.
Alta	A ação impactará as indústrias potencialmente poluidoras de alto e médio porte situadas nos Município de Jaboatão dos Guararapes ou no Município de Moreno.
Regular	A ação impactará algumas indústrias potencialmente poluidoras de alto porte.
Baixa	A ação impactará uma indústria potencialmente poluidora especificamente.
Muito baixa	A ação não resultará em impactos para nenhuma indústria.

Fonte: Autora, 2008

A Tabela 4.11 apresenta a descrição dos níveis de escala para o critério C7.

Tabela 4.11 - Avaliação da escala para o critério C7

Critério: Impacto na Agricultura	
Nível da escala	Descrição
Muito alta	A ação impactará produtores agrícolas de todos os Municípios abrangidos pela bacia
Alta	A ação impactará todos os produtores agrícolas de um dos Municípios abrangidos pela bacia
Regular	A ação impactará alguns produtores agrícolas de um dos Municípios abrangidos pela bacia.
Baixa	A ação impactará um produtor agrícola especificamente.
Muito baixa	A ação não resultará em impactos para nenhum produtor agrícola.

Fonte: Autora, 2008

O critério “Eficiência”, com níveis de escala apresentados em faixas de percentuais de alcance dos benefícios da ação ao longo da bacia, sugere que a avaliação das alternativas em relação a este critério seja feita a partir de análises técnicas e específicas realizadas por órgãos competentes e não pelos decisores de forma individual. Porém, o critério foi propositalmente estabelecido como subjetivo, exigindo também a avaliação individual dos decisores, para que sua avaliação refletisse o conhecimento *a priori* de cada um deles principalmente no que se refere à credibilidade que cada um confia às alternativas.

A avaliação deve ser realizada numa fase de discussão aberta entre os decisores. A idéia é colocar a avaliação de cada decisor em discussão para aumentar o entendimento sobre as alternativas, sobre os critérios e sobre as escalas e tentar alinhar as estimativas apresentadas

por cada um de modo a gerar estimativas de desempenhos mais realistas. Porém a avaliação deve ser realizada individualmente por cada decisor.

Para cada critério e para cada par de alternativas é calculada a intensidade de preferência, $P_j(a,b)$, de uma alternativa sobre outra, ou seja, o nível de preferência da alternativa a sobre a alternativa b considerando apenas o critério j . $P_j(a,b)$ deve ser calculada de acordo com o tipo de função atribuída ao critério j . As descrições de cada tipo de função estão apresentadas no Quadro 2.5. Quanto mais $P_j(a,b)$ se aproxima de 1, maior se torna a preferência sobre a alternativa a em relação a alternativa b .

Em seguida, é calculado, para cada par de alternativas, o índice de preferência, $P(a, b)$, de acordo com a Equação (2.1).

Depois de calculado o índice de preferência são calculados o fluxo positivo de sobreclassificação, $Q^+(a)$, e o fluxo negativo de sobreclassificação, $Q^-(a)$, Equação (2.2) e Equação (2.3), respectivamente.

Para cada decisor, os índices de preferência das alternativas são colocados numa matriz de alternativa por alternativa. Em cada célula tem-se o índice de preferência $P(a,b)$ da alternativa da linha sobre a alternativa da coluna, de modo que a soma dos índices de preferência de uma linha representa o fluxo positivo da alternativa desta linha e a soma dos índices de preferência de uma coluna representa o fluxo negativo da alternativa desta coluna, Tabela 4.12. Uma matriz deste tipo deve ser construída para cada decisor.

Tabela 4.12 – Índices de preferência das alternativas e respectivos fluxos positivos e negativos

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
A1	P(A1, A1)	P(A1, A2)	P(A1, A3)	P(A1, A4)	P(A1, A5)	P(A1, A6)	P(A1, A7)	P(A1, A8)	$Q^+(A1)$
A2	P(A2, A1)	P(A2, A2)	P(A2, A3)	P(A2, A4)	P(A2, A5)	P(A2, A6)	P(A2, A7)	P(A2, A8)	$Q^+(A2)$
A3	P(A3, A1)	P(A3, A2)	P(A3, A3)	P(A3, A4)	P(A3, A5)	P(A3, A6)	P(A3, A7)	P(A3, A8)	$Q^+(A3)$
A4	P(A4, A1)	P(A4, A2)	P(A4, A3)	P(A4, A4)	P(A4, A5)	P(A4, A6)	P(A4, A7)	P(A4, A8)	$Q^+(A4)$
A5	P(A5, A1)	P(A5, A2)	P(A5, A3)	P(A5, A4)	P(A5, A5)	P(A5, A6)	P(A5, A7)	P(A5, A8)	$Q^+(A5)$
A6	P(A6, A1)	P(A6, A2)	P(A6, A3)	P(A6, A4)	P(A6, A5)	P(A6, A6)	P(A6, A7)	P(A6, A8)	$Q^+(A6)$
A7	P(A7, A1)	P(A7, A2)	P(A7, A3)	P(A7, A4)	P(A7, A5)	P(A7, A6)	P(A7, A7)	P(A7, A8)	$Q^+(A7)$
A8	P(A8, A1)	P(A8, A2)	P(A8, A3)	P(A8, A4)	P(A8, A5)	P(A8, A6)	P(A8, A7)	P(A8, A8)	$Q^+(A8)$
	$Q^-(A1)$	$Q^-(A2)$	$Q^-(A3)$	$Q^-(A4)$	$Q^-(A5)$	$Q^-(A6)$	$Q^-(A7)$	$Q^-(A8)$	

Fonte: BELTON & STEWART, 2002 (adaptado)

Ranking individual:

De posse dos fluxos positivos e negativos de cada alternativa, calcula-se o fluxo líquido, $Q(.)$, para cada alternativa. No PROMETHEE II, uma pré-ordem completa das alternativas é

derivada de um fluxo líquido calculado para cada alternativa. O fluxo líquido é dado pela diferença entre o fluxo positivo e o fluxo negativo (BELTON & STEWART, 2002).

$$Q(a) = Q^+(a) - Q^-(a) \quad (4.1)$$

Uma alternativa a irá sobre classificar uma alternativa b se o fluxo líquido da primeira for maior que o fluxo líquido da última, ou seja, $Q(a) > Q(b)$. Uma alternativa a será indiferente a uma alternativa b se seus fluxos líquidos forem iguais, ou seja, $Q(a)=Q(b)$ (BELTON & STEWART, 2002).

Os fluxos líquidos das alternativas devem ser calculados para todos os decisores, onde $Q_{DMX}(a)$ representa o fluxo líquido da alternativa a para o decisor X , Tabela 4.13.

Tabela 4.13 – Fluxos líquidos das alternativas para todos os decisores

	Decisores				
	DM1	DM2	DM3	DM4	DM5
Alternativas	Fluxos Líquidos				
A1	$Q_{DM1}(A1)$	$Q_{DM2}(A1)$	$Q_{DM3}(A1)$	$Q_{DM4}(A1)$	$Q_{DM5}(A1)$
A2	$Q_{DM1}(A2)$	$Q_{DM2}(A2)$	$Q_{DM3}(A2)$	$Q_{DM4}(A2)$	$Q_{DM5}(A2)$
A3	$Q_{DM1}(A3)$	$Q_{DM2}(A3)$	$Q_{DM3}(A3)$	$Q_{DM4}(A3)$	$Q_{DM5}(A3)$
A4	$Q_{DM1}(A4)$	$Q_{DM2}(A4)$	$Q_{DM3}(A4)$	$Q_{DM4}(A4)$	$Q_{DM5}(A4)$
A5	$Q_{DM1}(A5)$	$Q_{DM2}(A5)$	$Q_{DM3}(A5)$	$Q_{DM4}(A5)$	$Q_{DM5}(A5)$
A6	$Q_{DM1}(A6)$	$Q_{DM2}(A6)$	$Q_{DM3}(A6)$	$Q_{DM4}(A6)$	$Q_{DM5}(A6)$
A7	$Q_{DM1}(A7)$	$Q_{DM2}(A7)$	$Q_{DM3}(A7)$	$Q_{DM4}(A7)$	$Q_{DM5}(A7)$
A8	$Q_{DM1}(A8)$	$Q_{DM2}(A8)$	$Q_{DM3}(A8)$	$Q_{DM4}(A8)$	$Q_{DM5}(A8)$

Fonte: Autora, 2008

A partir da informação dos fluxos líquidos, obtêm-se os *rankings* de cada decisor, ordenando as alternativas de acordo com a ordem decrescente dos respectivos fluxos líquidos.

4.2.3 Avaliação em grupo

O objetivo deste estágio é agregar os resultados individuais e obter um *ranking* final que representará as preferências do grupo. Este estágio corresponde à resolução de um novo problema multicritério utilizando o método PROMETHEE II, onde as alternativas são as mesmas e os critérios passam a ser os decisores.

O PROMETHEE estabelece que cada critério deve ser representado por uma função de preferência, porém, no caso dos decisores representarem critérios, Macharis *et al.* (1998) afirmam que não é realístico atribuir funções diferenciadas para os critérios, ou seja, para os decisores.

Segundo Macharis *et al.* (1998), os fluxos líquidos de cada decisor já são calculados com base nas preferências individuais e são expressos na mesma unidade, então, estes valores podem ser agregados diretamente. Conseqüentemente, é possível fazer o simples cálculo da soma ponderada dos fluxos líquidos individuais.

Desta forma, o fluxo global de uma alternativa para o grupo inteiro será definido da seguinte forma:

$$Q^G(a_i) = \sum_{r=1}^R \phi^r(a_i) w_r \quad (4.2)$$

sendo R os decisores, $r = 1, 2, \dots, R$, $\phi^r(a_i)$ o fluxo líquido da alternativa a_i para o decisor r , e w_r o peso do decisor r .

Este tratamento especial, no qual não é considerada função de preferência para o critério, é chamado de “O-Option” (MACHARIS *et al.* 1998).

A ponderação é obtida a partir dos pesos atribuídos a cada um dos decisores, w_r , de modo a refletir a importância que cada decisor representa no processo de decisão. A soma dos pesos dos decisores deve ser igual à unidade (1). Nos comitês de bacia, é considerado que os membros têm a mesma importância, sendo assim, será atribuído o mesmo peso a todos os decisores, $w_r = 0,20$, para $r = 1, 2, \dots, R$, ressaltando que é possível atribuir pesos diferentes.

A fundamentação para a construção do *ranking* global é mesma utilizada na construção do *ranking* individual, sendo que agora será considerado o fluxo global dado pela Equação (4.2), de modo que uma alternativa a irá sobre classificar uma alternativa b se o fluxo global da primeira for maior que o fluxo global da última, ou seja, $Q^G(a) > Q^G(b)$, e será indiferente a uma alternativa b se seus fluxos globais forem iguais, ou seja, $Q^G(a) = Q^G(b)$.

4.2.4 Resolução de conflitos

Após o estágio de avaliação em grupo, o *ranking* global é apresentando aos decisores. Caso haja conflitos resultantes da insatisfação dos decisores perante o resultado obtido, faz-se necessário a realização deste estágio.

Macharis *et al.* (1998) sugerem algumas alternativas para resolver tais conflitos:

- facilitador realizar uma análise de sensibilidade;
- cada decisor revisar os pesos atribuídos aos critérios;
- modificar o conjunto de critérios;
- modificar o conjunto de alternativas;
- incluir outros decisores.

Para o modelo, este estágio é dedicado à identificação de novas alternativas e novos critérios. A idéia é envolver pessoas com interesse diferentes e expectativas diferentes na estruturação do problema da bacia do Rio Jaboatão, e, com isso, formular alternativas inovadoras e originais e identificar outros critérios importantes a serem considerados.

Segundo De Marchi *et al.* (2000), o gerenciamento de questões ambientais requer o estabelecimento de um processo de diálogo entre os *stakeholders*, seja ele de forma coletiva ou individual, formal ou informal, local ou não. No estágio para resolução de conflitos, os decisores são reunidos em um mesmo local e é estabelecido um o diálogo informal entre eles através de uma discussão aberta guiada pelo analista de decisão.

Durante a discussão, os decisores insatisfeitos com o resultado da avaliação do grupo devem apresentar argumentos suficientes para que o processo retorne ao estágio inicial de estruturação de problemas na busca de novas alternativas e/ou novos critérios. Não havendo argumentos, será considerado o resultado obtido, mesmo havendo discordância.

Esta etapa enriquece e torna o processo mais flexível, pois permite a inclusão de novas alternativas e critérios que contemplam o conhecimento e experiência de vários profissionais de formação multidisciplinar além da experiência de membros da sociedade civil que utilizam diretamente os recursos da bacia para desenvolvimento econômico e social próprios.

5 APLICAÇÃO NUMÉRICA DO MODELO

A aplicação numérica do modelo tem como entrada as informações obtidas no estágio de estruturação do problema, onde foram identificados os decisores, determinados os critérios e formuladas as alternativas, a partir da caracterização da situação real da bacia do Rio Jaboatão conforme apresentado no capítulo 3.

Vale ressaltar que este modelo pode ser aplicado a qualquer bacia hidrográfica, ficando em evidência, nestes casos, o estágio de estruturação do problema, onde deve ser realizado um estudo específico e detalhado sobre a bacia em questão. O estágio de estruturação do problema da bacia do Rio Jaboatão pode, inclusive, servir de entrada para o estudo e caracterização da situação de outras bacias hidrográficas.

A aplicação do modelo contempla apenas os estágios de avaliação individual e de avaliação em grupo, Figura 5.1.

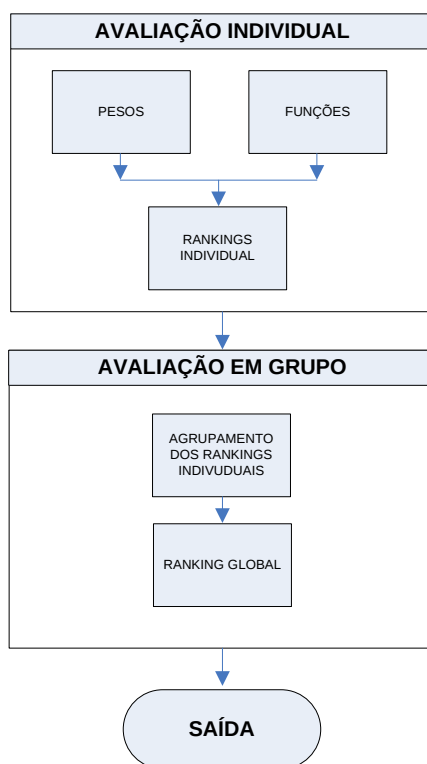


Figura 5.1 – Estágios de avaliação individual e em grupo
Fonte: Autora (2008)

5.1 Avaliação individual

Para realização deste estágio foi realizado um contato face a face com os decisores para apresentação das alternativas, dos critérios, dos níveis de escala, e, por fim, para realização da avaliação das alternativas com relação aos critérios. O contato face a face é essencial para que o analista se certifique do entendimento do processo por parte dos decisores, principalmente no que se refere aos níveis de escala e peso dos critérios.

5.1.1 Pesos dos critérios

Cada decisor avaliou a importância relativa entre os critérios e então atribuiu os pesos correspondentes.

Após a atribuição dos pesos, o analista realizou a normalização das medidas, dividindo cada peso pela soma total dos pesos atribuídos por um decisor, de modo que a soma dos pesos normalizados fosse igual a 1.

A Tabela 5.1 apresenta os pesos dos critérios normalizados que foram atribuídos por cada decisor.

Tabela 5.1 - Pesos dos critérios consolidados (aplicação)

Decisores	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
DM1	0,40	0,30	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
DM2	0,26	0,26	0,09	0,13	0,09	0,17	0,02
DM3	0,19	0,14	0,14	0,19	0,14	0,10	0,10
DM4	0,19	0,22	0,04	0,22	0,15	0,11	0,07
DM5	0,15	0,05	0,05	0,15	0,10	0,30	0,20

Fonte: Autora, 2008

5.1.2 Funções de preferência

Por simplificação, a escolha das funções de preferência para cada critério foi feita de forma global, ou seja, para um dado critério, o analista escolheu a mesma função e os mesmos parâmetros p e q para representar as funções de preferência dos decisores. Para os critérios C1, C2, C3 e C4 foi considerado que a preferência do decisor por uma alternativa em relação a outra aumenta linearmente com a diferença de desempenho entre elas, e que, a partir de um determinado limiar de diferença de desempenho, uma alternativa é totalmente preferível a outra. Para os demais critérios foi considerado que, se o desempenho de uma alternativa for

ligeiramente maior que o desempenho de outra, então a primeira é totalmente preferível à segunda.

A

Tabela 5.2 apresenta as funções escolhidas para cada critério e os respectivos parâmetros.

Tabela 5.2 – Funções de preferência e respectivo parâmetro p para todos os decisores

Critérios	Função de preferência	
	Função	Parâmetro p
C1	Critério forma V	100000
C2	Critério forma V	50000
C3	Critério forma V	6
C4	Critério forma V	0.5
C5	Critério usual	-
C6	Critério usual	-
C7	Critério usual	-

Fonte: Autora, 2008

5.1.3 Julgamento das alternativas em relação aos critérios

A avaliação das alternativas com relação aos critérios “Valor do Investimento”, “Custo de Manutenção” e “Tempo de Resposta”, especificamente, foi realizada pelo analista com base em estimativas de órgãos competentes. Procurou-se obter valores aproximados cujas ordens de grandeza correspondessem às ordens de grandeza dos valores reais, de modo a não comprometer o resultado da aplicação que utilizou, para os demais critérios, dados reais obtidos a partir de avaliações realizadas com os membros do COBH-Jaboatão que são representantes dos setores mais significativos deste comitê: poder público; indústrias; companhia de abastecimento e saneamento; sociedade civil; e produtores agrícolas ou agroindústria canavieira .

A avaliação da alternativa A1 com relação ao critério “Valor do Investimento” foi feita com base num orçamento para o ano de 2006, referente a um Sistema de tratamento de esgotos da Vila Itaparica do Município de Jatobá, Pernambuco, composto de emissário, duas estações elevatórias de esgotos e uma estação de tratamento do tipo lagoas. Foi feita uma estimativa de custo médio por habitante de um sistema dessa natureza e, em seguida, calculado o valor do investimento a partir do produto custo médio pelo número de habitantes do Município de Jaboatão dos Guararapes, estimados em 665.387 habitantes, (INSTITUTO

BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA-IBGE, 2007). Sendo assim, uma boa aproximação para a avaliação da alternativa A1 em relação ao critério “Valor do Investimento” é R\$ 181.000.000 (Cento e Oitenta e Um Milhões de Reais).

A avaliação da alternativa A2 com relação a este mesmo critério também foi feita a partir de uma estimativa de custo médio por habitante. Foi utilizado como referência o orçamento de um plano de campanha educativa para o Município de Caruaru, Pernambuco. Segundo o IBGE (2007) os Municípios nos quais a campanha educativa seria realizada possuem 1.097.893 habitantes, sendo assim, uma boa aproximação para a avaliação da alternativa A2 em relação ao critério “Valor do Investimento” é R\$ 760.000 (Setecentos e Sessenta Mil Reais).

A avaliação das demais alternativas com relação ao critério “Valor do Investimento” foi feita junto a especialistas de órgãos competentes dos quais foram solicitados uma análise comparativa do valor do investimento destas alternativas com relação às avaliações das alternativas A1 e A2 para o mesmo critério.

A avaliação das alternativas com relação aos critérios “Custo de Manutenção” e “Tempo de Resposta” foi feita com base no conhecimento e experiência de especialista. Sendo que, para o primeiro critério, também foi utilizada uma análise comparativa entre alternativas.

A avaliação das alternativas com relação aos demais critérios foi realizada por cada um dos cinco decisores pré-definidos. Antes de iniciar o julgamento das alternativas com relação aos demais critérios, foram apresentadas e explicadas aos decisores as alternativas, os critérios e os níveis de escala. Os decisores avaliaram critérios a partir de julgamentos subjetivos (Muito baixa, Baixa, Regular, Alta e Muito Alta) que em seguida foram convertidos em escala numérica de acordo com Tabela 4.6, para o critério “Eficiência”, e com a Tabela 4.7, para os demais critérios subjetivos. Os resultados são apresentados nas tabelas a seguir.

Tabela 5.3 – Avaliação das alternativas para os critérios C1, C2 e C3

Critérios (min/max)	Avaliação do analista							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C1 (min)	181.000.000	760.000	1.000.000	100.000	0	1.000.000	10.000.000	10.000.000
C2 (min)	100.000	0	0	0	0	0	0	100.000
C3 (min)	1	6	12	12	12	12	24	6

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.4 – Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM1

Critérios	Decisor: DM1							
(min/max)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C4 (max)	1,00	0,00	0,75	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00
C5 (min)	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25
C6 (min)	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,75
C7 (min)	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.5 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM2

Critérios	Decisor: DM2							
(min/max)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C4 (max)	1,00	0,00	0,75	0,00	0,75	0,75	1,00	1,00
C5 (min)	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25
C6 (min)	0,00	1,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,75	1,00
C7 (min)	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,00	0,75

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.6 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM3

Critérios	Decisor: DM3							
(min/max)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C4 (max)	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,75	1,00	1,00
C5 (min)	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,25	0,25
C6 (min)	0,00	1,00	0,00	0,25	0,25	1,00	1,00	1,00
C7 (min)	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,50	1,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.7 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM4

Critérios	Decisor: DM4							
(min/max)	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C4 (max)	1,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,50	0,75	0,75
C5 (min)	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,25	0,25
C6 (min)	0,00	1,00	0,00	0,25	0,00	1,00	0,50	1,00
C7 (min)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,75	0,00	1,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.8 - Avaliação das alternativas realizada pelo decisor DM5

Critérios (min/max)	Decisor: DM5							
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
C4 (max)	0,50	0,75	1,00	0,50	0,00	0,75	0,75	1,00
C5 (min)	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25
C6 (min)	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00	1,00	0,50	1,00
C7 (min)	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,25	0,00	0,75

Fonte: Autora, 2008

5.1.4 Ranking individual

As informações coletadas de cada decisor (pesos dos critérios e julgamentos individuais das alternativas); as estimativas obtidas pelo analista referente à avaliação das alternativas com relação aos critérios C1, C2 e C3; e as funções de preferência e respectivos parâmetros foram aplicadas ao método PROMETHEE II para obtenção das diferenças de desempenho entre cada par de alternativas.

Em seguida, foi realizado o cálculo das intensidades de preferência para cada par de alternativas em relação a cada um dos critérios individualmente.

Depois, foi feito o cálculo dos índices de preferência para cada par de alternativas em relação a todos os critérios.

Por fim, foi realizado o cálculo dos fluxos positivos, negativos e dos fluxos líquidos de cada decisor que determinou os *rankings* individuais. Os *rankings* individuais e os fluxos líquidos das alternativas para cada decisor estão apresentados nas tabelas a seguir.

Os cálculos foram feitos em planilha eletrônica e estão apresentados em detalhe no Apêndice 1.

Tabela 5.9 – Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM1

Decisor: DM1		
Ranking	Alternativa	Fluxo Líquido
1	A5	3,46
2	A4	2,3
3	A2	1,75
4	A6	1,14
5	A3	0,66
6	A7	-1,48
7	A8	-3,33
8	A1	-4,5

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.10 - Ranking e fluxos líquidos das alternativas para o decisor DM2

Decisor: DM2		
<i>Ranking</i>	<i>Alternativa</i>	<i>Fluxo Líquido</i>
1	A5	1,815
2	A4	1,3
3	A6	1,105
4	A2	0,995
5	A3	-0,005
6	A7	-1,175
7	A8	-1,3
8	A1	-2,735

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.11 - Ranking e fluxos líquidos das alternativas para o decisor DM3

Decisor: DM3		
<i>Ranking</i>	<i>Alternativa</i>	<i>Fluxo Líquido</i>
1	A3	0,975
2	A2	0,908333
3	A4	0,805
4	A5	0,585
5	A8	0,258333
6	A7	-0,785
7	A6	-1,085
8	A1	-1,66167

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.12 - Ranking e fluxos líquidos das alternativas para o decisor DM4

Decisor: DM4		
<i>Ranking</i>	<i>Alternativa</i>	<i>Fluxo Líquido</i>
1	A4	2,2
2	A6	1,04
3	A3	0,81
4	A2	-0,24333
5	A7	-0,25
6	A8	-0,49333
7	A5	-0,91
8	A1	-2,15333

Fonte: Autora, 2008

Tabela 5.13 - Ranking e fluxos líquidos das alternativa para o decisor DM5

Decisor: DM5		
<i>Ranking</i>	Alternativa	Fluxo Líquido
1	A2	2,608333
2	A4	1,475
3	A3	1,375
4	A6	1,25
5	A8	1,083333
6	A5, A7 (empate)	-2,4
7	A1	-2,99167
8	-	-

Fonte: Autora, 2008

5.1.5 Análise de sensibilidade

Uma análise de sensibilidade deve ser realizada sobre os *rankings* individuais para observar se há variações significativas nas posições das alternativas quando os pesos atribuídos aos critérios são variados em um certo nível de tolerância.

Para realizar a análise de sensibilidade foi utilizado o *software Decision Lab* versão estudante. O *Decision Lab* é uma implementação atualizada dos métodos PROMETHEE e GAIA, bastante eficiente inclusive para decisões em grupo onde é necessária a definição de múltiplos cenários (BRANS & MARESCHAL, s.d.). Os resultados obtidos com o *Decision Lab* estão apresentados no Apêndice 2.

A análise foi realizada alterando o peso de alguns critérios de modo a obter uma distribuição de pesos mais balanceada entre eles, porém respeitando a ordem de importância entre os critérios estabelecida pelos decisores.

Esta análise é útil para verificar a robustez do resultado quanto às incertezas inseridas na atribuição dos pesos, especialmente no que diz respeito à diferença de importância entre os critérios.

Os decisores DM1, DM2 e DM5 atribuíram uma distribuição de pesos desbalanceada, o que exigiu que fosse feita uma alteração grande nos pesos dos critérios: no *ranking* de DM1 a única mudança foi na alternativa A2 que caiu 1 (uma) posição; no *ranking* de DM2 a alternativa A2 caiu 1 (uma) posição e a alternativa A7 caiu 2 (duas), ficando na última posição; no *ranking* de DM5 a única mudança foi o desempate entre as alternativas A5 e A7, onde a alternativa A7 passou a ocupar a penúltima posição do *ranking*.

O decisor DM3 distribuiu bem os pesos e, portanto, a alteração nos pesos foi pequena, porém suficiente para fazer com que a alternativa A2 caísse 1 (uma) posição.

O decisor DM4 também distribuiu bem os pesos e uma alteração pequena foi suficiente para que a alternativa A7 caísse 1 (uma) posição.

5.2 Avaliação em grupo

Este estágio tem como entrada os resultados do estágio de avaliação individual que foram agregados para obtenção do *ranking* global que contempla as preferências do grupo.

5.2.1 *Ranking* global

Para obtenção do *ranking* global que representa as preferências do grupo, foi utilizado o PROMETHEE II com as mesmas alternativas e com os decisores representando critérios. O peso dos critérios representa a importância do decisor dentro do grupo. Para esta aplicação é válida a consideração de que todos os membros têm a mesma importância dentro do comitê, sendo assim, o peso de cada decisor é 0,20.

O cálculo do fluxo global foi realizado em planilha eletrônica utilizando o tratamento “0-Option” no qual não é considerada qualquer função de preferência para os critérios. O fluxo líquido foi calculado de forma direta de acordo com a Equação 4.2.

A partir dos resultados, determinou-se o *ranking* global, Tabela 5.14. Os cálculos estão apresentados em detalhe no Apêndice 1.

Tabela 5.14 – *Ranking* global das alternativas

<i>Ranking</i>	Alternativa	Fluxo Líquido
1	A4	1,616
2	A2	1,204
3	A3	0,763
4	A6	0,690
5	A5	0,510
6	A8	-0,756
7	A7	-1,218
8	A1	-2,808

Fonte: Autora, 2008

O resultado do *ranking* global está coerente com os resultados individuais: a alternativa A4, que ficou na primeira posição no *ranking* global, ocupou as duas primeiras posições para quatro dos cinco decisores, ficando na terceira posição para um deles; a segunda colocada do

ranking global, a alternativa A2, ocupou nos *rankings* individuais posições variadas, porém, nunca abaixo da quarta posição; a terceira colocada do *ranking* global, a alternativa A3, também ficou na terceira posição para dois decisores, ficando entre a quarta e quinta posição para os demais; a quarta colocada, a alternativa A6, ocupou posições extremas e opostas para dois decisores, porém para outros dois ela ocupou a quarta posição, coincidindo com o *ranking* global; a quinta colocada, a alternativa A5, ocupou a primeira posição para dois decisores, porém para os outros três ela ficou entre a quarta e a sétima posição; a sexta e a sétima colocada, as alternativas A8 e A7, respectivamente, ficaram sempre entre a quinta e a sétima posição nos *rankings* individuais; já a última colocada, a alternativa A1, também foi a última colocada nos *rankings* individuais de todos os decisores.

Os gráficos com a variação das posições das alternativas nos *rankings* individuais são mostrados na Figura 5.2 e na Figura 5.3. A primeira figura apresenta o gráfico com a variação das quatro primeiras colocadas e a segunda mostra o gráfico com a variação das quatro últimas colocadas.

A coerência dos resultados indica que os pontos de vistas individuais foram agregados de maneira satisfatória e que o *ranking* global representa bem a preferência do grupo diante dos critérios considerados.

O *ranking* global pode ser utilizado como entrada nos processos de deliberação do comitê sugerindo uma priorização de alternativas segundo a ordem proposta. O resultado são indicações que garantem a consideração de todos os critérios e dos diferentes pontos de vistas e, portanto, indicações mais coerentes e consistentes com as preferências dos decisores.

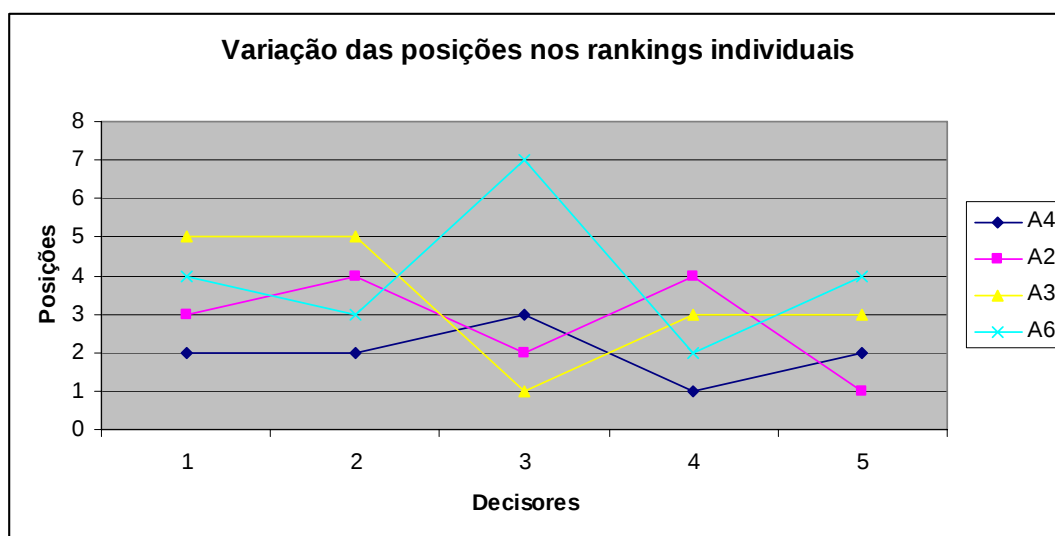


Figura 5.2 – Gráfico da variação de posição nos rankings individuais para A4, A2, A3 e A6
Fonte: Autora, 2008

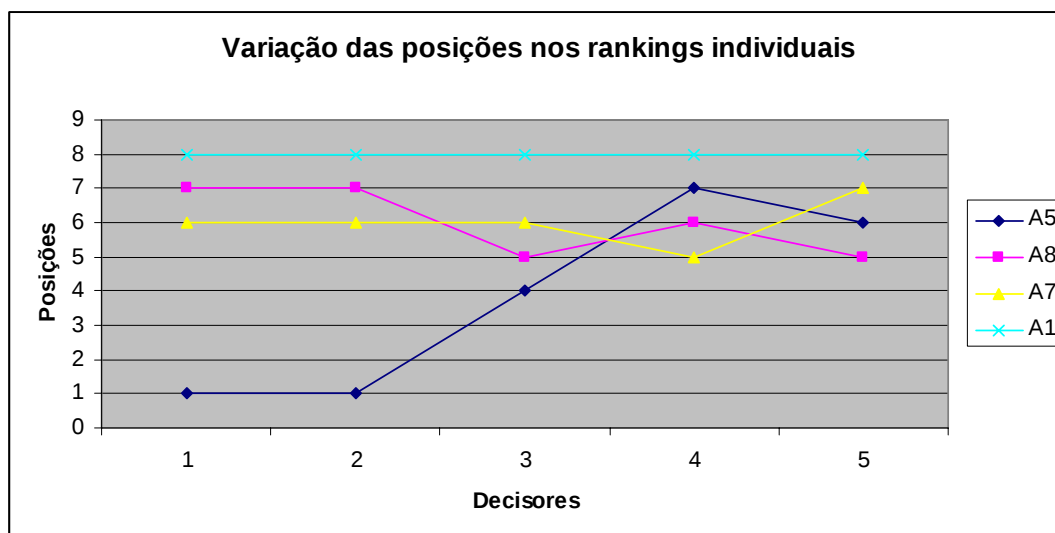


Figura 5.3 - Gráfico da variação de posição nos rankings individuais para A5, A8, A7 e A1
Fonte: Autora, 2008

5.2.2 Análise de sensibilidade

A existência de coerência entre os *rankings* e as preferências individuais pode ser verificada observando os pesos atribuídos por cada decisor a cada critério. Como todos os decisores atribuíram pesos relativamente altos aos critérios associados a custos financeiros, as alternativas que exigiam maior investimento financeiro foram posicionadas ao final do *ranking* de todos os decisores.

Uma observação similar no critério que mede a eficiência das ações revela que os decisores parecem não estar preocupados com eficiência no tocante ao alcance das ações. Sendo assim, as ações melhor posicionadas nos *rankings* individuais foram aquelas de menor custo e cujos benefícios serão alcançados apenas de forma pontual ao longo da bacia.

Analisando as matrizes de avaliação das alternativas, verifica-se que todos os decisores concordam que as ações mais eficientes são aquelas que apresentam maiores custos, sejam eles de implantação ou de manutenção (A1, A7 e A8) e que as ações menos eficientes são aquelas que apresentam menores custos (A4 e A5), o que representa uma forte indicação de dependência entre os critérios C1, C2 e C4.

Esta análise ajuda a justificar o fato das ações mais eficientes estarem posicionadas ao final dos *rankings* individuais. Na verdade, os decisores têm interesse que as ações priorizadas sejam aquelas de maior eficiência, porém, este critério é praticamente anulado pelos critérios que avaliam os custos, critérios C1 e C2. Isto acontece devido a dependência entre estes critérios e pelo fato de os decisores terem atribuído importâncias elevadas a C1 e C2.

Diante da situação crítica da bacia, é preciso que ações mais eficientes sejam priorizadas e implementadas, mesmo que elas representem custos financeiros elevados. Isto exige uma mudança de paradigma de modo que os custos sejam enxergados como investimentos cujos benefícios serão extensivos a toda população dos municípios abrangidos pela bacia e ao meio ambiente de forma geral.

Para este caso, onde foi verificada dependência entre os critérios associados a custos e o à eficiência, uma forma de garantir que alternativas mais eficientes sejam melhor posicionadas nos *rankings* individuais é eliminar os critérios Valor do Investimento e Custo de Manutenção e redistribuir o peso atribuído a eles proporcionalmente entre os demais, conforme apresentado na Tabela 5.15.

Tabela 5.15 - Pesos dos critérios após anular C1 e C2

Decisores	Critérios						
	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7
DM1	0,00	0,00	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
DM2	0,00	0,00	0,18	0,26	0,18	0,34	0,04
DM3	0,00	0,00	0,21	0,28	0,21	0,15	0,15
DM4	0,00	0,00	0,07	0,37	0,25	0,19	0,12
DM5	0,00	0,00	0,06	0,19	0,13	0,38	0,25

Fonte: Autora, 2008

Os *ranking* global obtido após a anulação de C1 e C2 é apresentado na Tabela 5.16.

Tabela 5.16 – Ranking global das alternativas sem C1 e C2

Ranking	Alternativa	Fluxo Líquido
1	A8	5,408
2	A6	1,713
3	A3	1,190
4	A1	0,543
5	A2	-0,097
6	A4	-0,250
7	A7	-2,830
8	A5	-5,675

Fonte: Autora, 2008

Com a alteração, alternativas mais eficientes passaram a ocupar posições melhores no *ranking* global, enquanto alternativas menos eficientes caíram de posição: A8 subiu 5 (cinco)

posições, ficando no topo do *ranking*: A1 subiu 4 (quatro); A4, que estava no topo do ranking original, caiu 5 (cinco); e A5 caiu 3 (três).

Uma outra tentativa de obter um *ranking* global com alternativas mais eficientes melhor posicionada foi realizada alterando a função de preferência associada ao critério C4, de forma que, se o desempenho de uma alternativa fosse ligeiramente maior que o desempenho de outra, então a primeira seria totalmente preferível à segunda. Isto foi obtido com a função critério usual para C4. O *ranking* obtido com a alteração da função de preferência de C4 e com os pesos originais atribuídos pelos decisores foi o mesmo obtido com a configuração original.

Este tipo de análise possibilita explorar os resultados e esclarecer possíveis vieses, o que é bastante útil para que os decisores tenham melhor compreensão do embasamento de suas recomendações.

6 CONCLUSÕES E PROPOSTAS PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 Conclusões

O estudo realizado teve como objetivo o desenvolvimento de um modelo multicritério para apoiar decisões referentes à recuperação da bacia do Rio Jaboatão em Pernambuco adotando uma abordagem de decisão em grupo, onde foi utilizado o método multicritério PROMETHEE II.

A utilização do modelo para auxiliar as recomendações deliberadas pelo comitê da bacia do Rio Jaboatão permite que as possibilidades sejam analisadas segundo os diferentes aspectos envolvidos pela situação. Com isso, o estabelecimento e a consideração de diferentes critérios garantem que cada alternativa seja avaliada, levando em consideração aspectos técnicos, financeiros, sociais e ambientais, além de considerar as medidas de prioridade atribuídas a cada um desses fatores pelos decisores.

O resultado desta análise estruturada é uma recomendação mais coerente e consistente com os interesses dos envolvidos e necessidades da situação, o que dificilmente seria alcançado com um sistema de votação simples, devido à complexidade da situação evidenciada pela natureza das alternativas, pelos múltiplos aspectos envolvidos, pelos diferentes setores interessados e pela característica multidisciplinar dos membros votantes do comitê.

A garantia de uma recomendação obtida a partir de uma avaliação estruturada apoiada por um método multicritério é essencial, visto que as ações resultantes de tais recomendações sempre terão grande impacto sobre as atividades do Estado, Município e iniciativa privada.

O estudo sobre o comitê de bacia permitiu identificar os decisores-chave no processo de planejamento de alternativas para recuperação da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão, garantindo o envolvimento e participação de diferentes setores no desenvolvimento deste trabalho.

O envolvimento de diferentes decisores, além de atender uma exigência dos processos decisórios referentes ao gerenciamento de recursos naturais, também proporcionou um enriquecimento do trabalho, principalmente no que se refere à estruturação do problema.

O estágio de estruturação do problema, no qual foram formuladas as alternativas e determinados os critérios, foi fundamentalmente baseado no estudo realizado sobre a bacia do

Rio Jaboatão, mas a contribuição dada pelos decisores durante o estágio de avaliação individual foi essencial para o enriquecimento deste estágio.

A característica multidisciplinar dos decisores e do analista, as diferentes experiências profissionais e ainda o fato do estágio de avaliação individual ter sido realizado face a face com cada um dos decisores, contribuíram para caracterizar este estágio como sendo uma fase de aprendizagem para as duas partes (analista e decisores).

O aprendizado contribuiu para que o conjunto de alternativas fosse reformulado, os critérios revisados e os níveis das escalas dos critérios alinhados, de modo a contemplar o entendimento de todos os decisores, e, com isso, garantir avaliações mais coerentes entre si.

O aprendizado também proporcionou um melhor entendimento sobre os critérios e sobre a importância que cada um representa para os diferentes decisores considerando os interesses e pontos de vista de cada um, o que pode ser percebido através dos pesos atribuídos pelos decisores, que reflete bem o setor o qual está sendo representando dentro do comitê. Dessa forma, ficou evidente a característica iterativa entre os estágios de estruturação do problema e de avaliação individual.

A aplicação numérica realizada com dados realísticos obtidos junto aos membros do comitê de bacia foi essencial para confirmar a necessidade e importância do modelo. A aplicação também permitiu avaliar a postura dos decisores e a influência entre os critérios através da análise de sensibilidade realizada sobre os resultados.

A análise de sensibilidade realizada nos *rankings* individuais confirmou a robustez dos resultados, o que também indica coerência com as preferências individuais. A análise também foi útil para identificar a influência que um critério pode exercer sobre outro dependendo do conjunto de pesos que lhes são atribuídos e da forma como as alternativas são avaliadas em relação a estes critérios. Esta influência foi criticamente analisada a fim de identificar possíveis vieses de resultado.

A coerência dos resultados, a facilidade de aplicação do método e o entendimento de seu funcionamento por parte dos decisores são fatores que confirmam as afirmativas encontradas na literatura a respeito da eficiência e eficácia do PROMETHEE quando aplicado a problemas referentes ao gerenciamento de recursos naturais.

A forma como o modelo foi estruturado permite que sua aplicação seja estendida a qualquer bacia, bastando apenas que o estágio de estruturação do problema seja direcionado à bacia em questão e que o estágio de avaliação individual tome como decisores membros do respectivo comitê de bacia, agência de água, conselho, permitindo, inclusive, a atribuição de medidas de importância diferenciadas a cada um deles.

6.2 Propostas para trabalhos futuros

A utilização de um método formal para estruturação do problema da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão contemplando a participação efetiva dos membros de seu comitê iria enriquecer significativamente o entendimento por parte dos decisores a respeito da situação da bacia do Rio Jaboatão.

O resultado seria a possibilidade de formulação de alternativas inovadoras e originais e com a vantagem de contemplarem o conhecimento e experiência de vários profissionais de formação multidisciplinar além da experiência de membros da sociedade civil que utilizam diretamente os recursos da bacia para desenvolvimento econômico e social próprios. Além disso, um melhor entendimento iria garantir avaliações mais coerentes e consistentes, enriquecendo ainda mais o resultado.

Sendo assim, fica a proposta para aplicação futura de uma metodologia de estruturação de problemas: SSM (*Soft System Methodology*); SODA (*Strategic Options Development and Analysis*); SCA (*Strategic Choice Analysis*); etc.

Uma segunda proposta seria a adição de restrições orçamentárias seguido da aplicação de programação linear (0-1) ao resultado obtido no estágio de avaliação em grupo de modo a satisfazer tais restrições, ou seja, utilizar o PROMETHEE V no estágio de avaliação em grupo.

Outra proposta seria fazer uma análise a partir da utilização dos ranking *individuais* em um sistema de votação como, por exemplo, o Método de Borda, onde as alternativas recebem uma pontuação de acordo com a posição em que elas ocupam em cada *ranking*, em seguida, os pontos obtidos por cada alternativa nos diferentes *rankings* são somados e a alternativa com maior pontuação é escolhida.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, A. T. & COSTA, A. P. C. S. *Aplicações com Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Recife, Editora Universitária da UFPE, 2003.

ALMEIDA, A. T. & COSTA, A. P. C. S. Modelo de decisão multicritério para a priorização de sistemas de informação com base no método PROMETHEE. *Gestão e Produção*, v. 9, p. 201-214, 2002.

ALVIM, A. A. T. B. & RONCA, J. L. C. Metodologia de avaliação qualitativa das ações dos comitês de bacias com ênfase na gestão integrada: o comitê do Alto Tietê em São Paulo. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v.12, p. 325-334, 2007.

ARAÚJO, C. F. Diretrizes de gestão ambiental para reservatórios de abastecimento de água a partir da experiência da barragem do Pirapama - Pernambuco. Recife, 2005. 111p. (Mestrado – Universidade Federal de Pernambuco).

BELTON, V. & STEWART, T. J. *Multiple Criteria Decision Analysis*. Kluwer Academic Publishers, 2002.

BEYNON, M. J. & WELLS, P. The lean improvement of the chemical emissions of motor vehicles based on preference ranking: A PROMETHEE uncertainty analysis. *Omega – The International Journal of Management Science*, v. 36, p. 384-394, 2006.

BISHOP, P. L. *Pollution Prevention: Fundamental and Practice*. Estados Unidos, McGraw-Hill Higher Education, 2000.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; MIERZWA, J. C.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N. & JULIANO, N.; EIGER, S. *Introdução à engenharia ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável*. 2ª Ed. São Paulo, Pearson Prentice Hall, 2005.

BRANS, J. P. & MARESCHAL, B. *How to Decide with PROMETHEE*. ULB and VUB Brussels Free Universities, <http://smg.ulb.ac.be>, s.d.

BRANS, J. P. & MARESCHAL, B. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. *European Journal of Operational Research*, v.24, p. 228-238, 1986.

BRANS, J. P. & VINCKE, P. A preference ranking organization method (The PROMETHEE method for multiple criteria decision-making). *Management Science*, v.31, p. 647-656, 1985.

BRASIL. ANA (Agência Nacional das Águas). *Comitês das Bacias Hidrográficas – Rios Estaduais*, Brasília, 2007.

BRASIL. BANCO DO NORDESTE. *Manual de impactos ambientais: orientações básicas sobre aspectos ambientais de atividades produtivas/ Banco do Nordeste*. Fortaleza, Banco do Nordeste, 1999.

BRASIL. CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos). *Relatório de monitoramento das bacias hidrográficas do Estado de Pernambuco*, 96p. Recife, 2007.

BRASIL. COBH-Jaboatão (Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão). *Regimento Interno do Comitê da Bacia do Rio Jaboatão*, Jaboatão dos Guararapes, 2007.

BRASIL. COMPESA (Companhia Pernambucana de Saneamento). *Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão*, Recife, s.d.

BRASIL. IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). *Contagem da População 2007*, <http://www.ibge.gov.br>.

BRASIL. MMA (Ministério do Meio Ambiente). *Plano Nacional de Recursos Hídricos: Diretrizes – Volume 3/ Ministério do Meio Ambiente e Secretaria de Recursos Hídricos*. Brasília, 2006.

BRASIL. MMA & ANA (Ministério do Meio Ambiente & Agência Nacional das Águas). *Geo Brasil: recursos hídricos: componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil/ Ministério do Meio Ambiente; Agência Nacional das Águas; Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente*, 264p. Brasília, 2007.

BRASIL. SAMA (Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente de Jaboatão dos Guararapes). *Bacia Hidrográfica do Rio Jaboatão*. Jaboatão dos Guararapes, s.d.

BRASIL. SECTMA (Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente). *O plano de aproveitamento dos recursos hídricos da RMR, Zona da Mata e Agreste Pernambucano I: Diagnóstico dos Recursos Hídricos* 20p. Recife, s.d.

BRITO, F. L. & ROLIM, M. M. Comportamento do efluente e do solo fertirrigado com vinhaça. *Agropecuária Técnica*, v.26, n.1, 2005.

DE MARCHI. B.; FUNTOWICZ. S. O.; LO CASCIO. S. & MUNDA. G. Combining participative and institutional approaches with multicriteria evaluation. An empirical study for water issues in Troina, Sicily. *Ecological Economics*, v.34, p. 267-282, 2000.

DIAS, L. C. & CLÍMACO, J. N. Dealing with imprecise information in group multicriteria decisions: a methodology and GDSS architecture. *European Journal of Operational Research*, v.160, p. 291-301, 2005.

GOMES, L. F. A. M.; GOMES, C. F. S. & ALMEIDA, A. T. *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. 2ª Ed. Rio de Janeiro, Editora Atlas, 2006.

GOMES, S. C. Diagnóstico ambiental do meio físico da bacia hidrográfica do Rio Jaboatão. Recife, 2005. 75p. (Mestrado - Centro de Tecnologia e Geociências/UFPE)

GONÇALVES, J. M.; PEREIRA, L. S.; FANG, S. X.; DONG, B. Modelling and multicriteria analysis of water saving scenarios for an irrigation district in the upper Yellow River Basin. *Agricultural Water Management*, v.94, p. 93-108, 2007.

HAJKOWICZ, S. & HIGGINS, A. A comparison of multiple criteria analysis techniques for water resource management. *European Journal of Operational Research*, v.184, p. 255-265, 2008.

HALOUANI, N.; CHABCHOUB, H. & MARTEL, J. –M. PROMETHEE-MD-2T method for project selection. *European Journal of Operational Research*, 2007, doi:10.1016/j.ejor.2007.11.016.

HARALAMBOPOULOS, D. A. & POLATIDIS, H. Renewable energy projects: structuring a multicriteria group decision-making framework. *Renewable Energy*, v.28, p. 961-973, 2003.

HERMANS, C.; ERICKSON, J.; NOORDEWIER, T.; SHELDON, A. & KLINE, M. Collaborative environmental planning in river management: An application of multicriteria decision in the White River Watershed in Vermont. *Journal of Environmental Management*, v.84, p. 534-546, 2007.

LEYVA-LÓPEZ, J. C. & FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, E. A new method for group decision support based on ELECTRE III methodology. *European Journal of Operational Research*, v.148, p. 14-27, 2003.

LIU, D. & STEWART, T. J. Object-oriented decision support system modeling for multicriteria decision making in natural resource management. *Computers & Operational Research*, v.31, p. 985-999, 2004.

LUCENA, J. H. Assessor técnico da Secretaria de Saneamento e Meio Ambiente de Jaboatão dos Guararapes (SAMA) em comunicação verbal, 2008.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. ; OLIVEIRA, L. A. A.; SOUZA, L. F. C.; CRISTOVAM, M. J. & QUEIROGA, G. M. Avaliação da qualidade da água de lençol freático em uma área fertirrigada com vinhaça. In: Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental, 22. Joinville, 2003, Anais. IX-006.

MACHARIS, C.; BRANS, J. P. & MARESCHAL, B. The GDSS PROMETHEE Procedure. *Journal of Decision Systems*, v.7, p. 283-307, 1998.

MORAIS, D. C. & ALMEIDA, A. T. Group Decision-Making for Leakage Management Strategy of Water Network Resources. *Conservation and Recycling*, v. 52, p. 441-459, 2007.

MORAIS, D. C. & ALMEIDA, A. T. Modelo de decisão em grupo para gerenciar perdas de água. *Pesquisa Operacional*, v.26, p. 567-584, 2006.

MORAIS, D. C. ; ALMEIDA, A. T. Water supply system decision making using multicriteria analysis. *Water SA*, v. 32, n. 2, p. 229-235, 2006.

PAZ, V. P. S.; TEODORO, R. E. F. & MENDONÇA, F. C. Recursos hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 2000, doi: 10.1590/S1415-43662000000300025

ROY, B. *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*. Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1996.

ROY, B. *Methodologie Multicritière d'aide à la Décision*. Paris, Editora Econômica, 1985.

SRDJEVIC, B. Linking analytical hierarchy process and social choice methods to support group decision-making in water management. *Decision Support System*, v.42, p. 2261-2273, 2007.

VINCKE, P. *Multicriteria decision aid*. Bruxelles, Jonh Wiley & Sons, 1992.

APÊNDICE 1

As etapas de cálculo realizadas em planilha eletrônica para aplicação numérica do modelo são apresentadas a seguir.

Inicialmente foi realizada uma estruturação dos dados de modo a otimizar a utilização da planilha.

As avaliações de todos os decisores para um mesmo critério foram agrupadas em uma única tabela como apresentado nas tabelas a seguir:

Tabela A 1 – Avaliação das alternativas com relação ao critério C1

Avaliação do critério "Valor do Investimento" (C1)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
todos	181000000,00	760000,00	1000000,00	100000,00	0,00	1000000,00	10000000,00	10000000,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 2 - Avaliação das alternativas com relação ao critério C2

Avaliação do critério "Custo de Manutenção" (C2)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
todos	100000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100000,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 3- Avaliação das alternativas com relação ao critério C3

Avaliação do critério "Tempo de Resposta" (C3)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
todos	1,00	6,00	12,00	12,00	12,00	12,00	24,00	6,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 4 - Avaliação das alternativas com relação ao critério C4

Avaliação do critério "Eficiência" (C4)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
DM1	1,00	0,00	0,75	0,00	0,75	1,00	1,00	1,00
DM2	1,00	0,00	0,75	0,00	0,75	0,75	1,00	1,00
DM3	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,75	1,00	1,00
DM4	1,00	0,00	0,50	0,50	0,25	0,50	0,75	0,75
DM5	0,50	0,75	1,00	0,50	0,00	0,75	0,75	1,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 5 - Avaliação das alternativas com relação ao critério C5

Avaliação do critério "Dependência de Terceiros" (C5)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
DM1	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25
DM2	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25
DM3	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,25	0,25
DM4	0,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,50	0,25	0,25
DM5	0,00	0,00	0,50	1,00	1,00	0,50	0,25	0,25

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 6 - Avaliação das alternativas com relação ao critério C6

Avaliação do critério "Impacto na Indústria" (C6)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
DM1	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,75
DM2	0,00	1,00	0,00	0,75	0,00	1,00	0,75	1,00
DM3	0,00	1,00	0,00	0,25	0,25	1,00	1,00	1,00
DM4	0,00	1,00	0,00	0,25	0,00	1,00	0,50	1,00
DM5	0,00	1,00	0,50	0,50	0,00	1,00	0,50	1,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 7 - Avaliação das alternativas com relação ao critério C7

Avaliação do critério "Impacto na Agricultura" (C7)								
Decisor:	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
DM1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,50	0,75
DM2	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	0,25	0,00	0,75
DM3	1,00	0,00	1,00	1,00	0,50	0,25	0,50	1,00
DM4	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,75	0,00	1,00
DM5	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0,25	0,00	0,75

Fonte: Autora, 2008

A segunda etapa foi o cálculo das diferenças de desempenho entre cada par de alternativas a partir da avaliação do decisor DM1 realizada para o critério C4, seguido do cálculo da intensidade de preferência e do cálculo da intensidade de preferência multiplicada pelo peso atribuído pelo decisor DM1 ao critério C4.

O procedimento foi realizado para os demais decisores e para os demais critérios.

No caso dos critérios C1, C2 e C3 foi utilizada a mesma tabela de diferença de desempenho e de intensidade de preferência para todos os decisores, já que foi definida a mesma tabela de avaliação de alternativas para todos os decisores. O que mudou apenas foi o cálculo da intensidade de preferência multiplicada pelo peso, já que os pesos atribuídos a estes critérios variaram de acordo com os decisores.

Os resultados, agrupados por critério e por decisor, são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela A 8 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C1

Valor do Investimento (C1)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,4								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	180240000	180000000	180900000	181000000	180000000	171000000	171000000
A2	-180240000	0	-240000	660000	760000	-240000	-9240000	-9240000
A3	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A4	-180900000	-660000	-900000	0	100000	-900000	-9900000	-9900000
A5	-181000000	-760000	-1000000	-100000	0	-1000000	-10000000	-10000000
A6	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A7	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
A8	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	0	1	1	1
A3	1	0	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	0	0	0	1	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,4	0	0,4	0	0	0,4	0,4	0,4
A3	0,4	0	0	0	0	0	0,4	0,4
A4	0,4	0,4	0,4	0	0	0,4	0,4	0,4
A5	0,4	0,4	0,4	0,4	0	0,4	0,4	0,4
A6	0,4	0	0	0	0	0	0,4	0,4
A7	0,4	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,4	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 9 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C1

Valor do Investimento (C1)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,26								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	180240000	180000000	180900000	181000000	180000000	171000000	171000000
A2	-180240000	0	-240000	660000	760000	-240000	-9240000	-9240000
A3	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A4	-180900000	-660000	-900000	0	100000	-900000	-9900000	-9900000
A5	-181000000	-760000	-1000000	-100000	0	-1000000	-10000000	-10000000
A6	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A7	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
A8	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	0	1	1	1
A3	1	0	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	0	0	0	1	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,26	0	0,26	0	0	0,26	0,26	0,26
A3	0,26	0	0	0	0	0	0,26	0,26
A4	0,26	0,26	0,26	0	0	0,26	0,26	0,26
A5	0,26	0,26	0,26	0,26	0	0,26	0,26	0,26
A6	0,26	0	0	0	0	0	0,26	0,26
A7	0,26	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,26	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 10 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C1

Valor do Investimento (C1)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,19								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	180240000	180000000	180900000	181000000	180000000	171000000	171000000
A2	-180240000	0	-240000	660000	760000	-240000	-9240000	-9240000
A3	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A4	-180900000	-660000	-900000	0	100000	-900000	-9900000	-9900000
A5	-181000000	-760000	-1000000	-100000	0	-1000000	-10000000	-10000000
A6	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A7	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
A8	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	0	1	1	1
A3	1	0	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	0	0	0	1	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,19	0	0,19	0	0	0,19	0,19	0,19
A3	0,19	0	0	0	0	0	0,19	0,19
A4	0,19	0,19	0,19	0	0	0,19	0,19	0,19
A5	0,19	0,19	0,19	0,19	0	0,19	0,19	0,19
A6	0,19	0	0	0	0	0	0,19	0,19
A7	0,19	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,19	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 11 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C1

Valor do Investimento (C1)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,19								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	180240000	180000000	180900000	181000000	180000000	171000000	171000000
A2	-180240000	0	-240000	660000	760000	-240000	-9240000	-9240000
A3	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A4	-180900000	-660000	-900000	0	100000	-900000	-9900000	-9900000
A5	-181000000	-760000	-1000000	-100000	0	-1000000	-10000000	-10000000
A6	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A7	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
A8	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	0	1	1	1
A3	1	0	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	0	0	0	1	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,19	0	0,19	0	0	0,19	0,19	0,19
A3	0,19	0	0	0	0	0	0,19	0,19
A4	0,19	0,19	0,19	0	0	0,19	0,19	0,19
A5	0,19	0,19	0,19	0,19	0	0,19	0,19	0,19
A6	0,19	0	0	0	0	0	0,19	0,19
A7	0,19	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,19	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 12 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C1

Valor do Investimento (C1)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,15								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	180240000	180000000	180900000	181000000	180000000	171000000	171000000
A2	-180240000	0	-240000	660000	760000	-240000	-9240000	-9240000
A3	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A4	-180900000	-660000	-900000	0	100000	-900000	-9900000	-9900000
A5	-181000000	-760000	-1000000	-100000	0	-1000000	-10000000	-10000000
A6	-180000000	240000	0	900000	1000000	0	-9000000	-9000000
A7	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
A8	-171000000	9240000	9000000	9900000	10000000	9000000	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	0	0	1	1	1
A3	1	0	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	1	0	1	1	1
A6	1	0	0	0	0	0	1	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	0
A8	1	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,15	0	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15
A3	0,15	0	0	0	0	0	0,15	0,15
A4	0,15	0,15	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15
A5	0,15	0,15	0,15	0,15	0	0,15	0,15	0,15
A6	0,15	0	0	0	0	0	0,15	0,15
A7	0,15	0	0	0	0	0	0	0
A8	0,15	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 13 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C2

Custo de Manutenção (C2)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,3								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
A2	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A3	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A4	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A5	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A6	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A7	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A8	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0	0	1
A4	1	0	0	0	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0	0	1
A6	1	0	0	0	0	0	0	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A3	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A4	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A5	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A6	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A7	0,3	0	0	0	0	0	0	0,3
A8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 14 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C2

Custo de Manutenção (C2)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,26								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
A2	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A3	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A4	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A5	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A6	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A7	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A8	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0	0	1
A4	1	0	0	0	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0	0	1
A6	1	0	0	0	0	0	0	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A3	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A4	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A5	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A6	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A7	0,26	0	0	0	0	0	0	0,26
A8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 15 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C2

Custo de Manutenção (C2)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,14								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
A2	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A3	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A4	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A5	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A6	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A7	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A8	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0	0	1
A4	1	0	0	0	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0	0	1
A6	1	0	0	0	0	0	0	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A3	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A4	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A5	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A6	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A7	0,14	0	0	0	0	0	0	0,14
A8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 16 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C2

Custo de Manutenção (C2)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,22								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
A2	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A3	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A4	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A5	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A6	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A7	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A8	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0	0	1
A4	1	0	0	0	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0	0	1
A6	1	0	0	0	0	0	0	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A3	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A4	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A5	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A6	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A7	0,22	0	0	0	0	0	0	0,22
A8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 17 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C2

Custo de Manutenção (C2)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,05								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
A2	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A3	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A4	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A5	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A6	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A7	-100000	0	0	0	0	0	0	-100000
A8	0	100000	100000	100000	100000	100000	100000	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	0	0	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0	0	1
A4	1	0	0	0	0	0	0	1
A5	1	0	0	0	0	0	0	1
A6	1	0	0	0	0	0	0	1
A7	1	0	0	0	0	0	0	1
A8	0	0	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A3	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A4	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A5	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A6	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A7	0,05	0	0	0	0	0	0	0,05
A8	0	0	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 18 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C3

Tempo de Resposta (C3)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,06								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	-5,00	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00	-23,00	-5,00
A2	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
A3	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A4	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A5	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A6	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A7	23,00	18,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	18,00
A8	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
A2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,05	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05
A2	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,06	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 19 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C3

Tempo de Resposta (C3)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,09								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	-5,00	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00	-23,00	-5,00
A2	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
A3	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A4	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A5	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A6	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A7	23,00	18,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	18,00
A8	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
A2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,08	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,08
A2	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,09	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 20 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C3

Tempo de Resposta (C3)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,14								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	-5,00	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00	-23,00	-5,00
A2	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
A3	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A4	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A5	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A6	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A7	23,00	18,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	18,00
A8	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
A2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,12
A2	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,14	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 21 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C3

Tempo de Resposta (C3)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0.04								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	-5,00	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00	-23,00	-5,00
A2	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
A3	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A4	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A5	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A6	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A7	23,00	18,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	18,00
A8	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
A2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03
A2	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 22 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C3

Tempo de Resposta (C3)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,05								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	-5,00	-11,00	-11,00	-11,00	-11,00	-23,00	-5,00
A2	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
A3	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A4	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A5	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A6	11,00	6,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-12,00	6,00
A7	23,00	18,00	12,00	12,00	12,00	12,00	0,00	18,00
A8	5,00	0,00	-6,00	-6,00	-6,00	-6,00	-18,00	0,00
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,83	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,83
A2	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,00	0,04	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,04
A2	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00
A3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
A4	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
A5	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
A6	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,05	0,00
A7	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
A8	0,00	0,00	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,00

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 23 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C4

Eficiência (C4)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,06								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0,25	1	0,25	0	0	0
A2	-1	0	-0,75	0	-0,75	-1	-1	-1
A3	-0,25	0,75	0	0,75	0	-0,25	-0,25	-0,25
A4	-1	0	-0,75	0	-0,75	-1	-1	-1
A5	-0,25	0,75	0	0,75	0	-0,25	-0,25	-0,25
A6	0	1	0,25	1	0,25	0	0	0
A7	0	1	0,25	1	0,25	0	0	0
A8	0	1	0,25	1	0,25	0	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0,5	1	0,5	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	1	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	1	0	1	0	0	0	0
A6	0	1	0,5	1	0,5	0	0	0
A7	0	1	0,5	1	0,5	0	0	0
A8	0	1	0,5	1	0,5	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,06	0,03	0,06	0,03	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,06	0	0,06	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0,06	0	0,06	0	0	0	0
A6	0	0,06	0,03	0,06	0,03	0	0	0
A7	0	0,06	0,03	0,06	0,03	0	0	0
A8	0	0,06	0,03	0,06	0,03	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 24 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C4

Eficiência (C4)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,13								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0,25	1	0,25	0,25	0	0
A2	-1	0	-0,75	0	-0,75	-0,75	-1	-1
A3	-0,25	0,75	0	0,75	0	0	-0,25	-0,25
A4	-1	0	-0,75	0	-0,75	-0,75	-1	-1
A5	-0,25	0,75	0	0,75	0	0	-0,25	-0,25
A6	-0,25	0,75	0	0,75	0	0	-0,25	-0,25
A7	0	1	0,25	1	0,25	0,25	0	0
A8	0	1	0,25	1	0,25	0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0,5	1	0,5	0,5	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	1	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	1	0	1	0	0	0	0
A6	0	1	0	1	0	0	0	0
A7	0	1	0,5	1	0,5	0,5	0	0
A8	0	1	0,5	1	0,5	0,5	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,13	0,065	0,13	0,065	0,065	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,13	0	0,13	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0,13	0	0,13	0	0	0	0
A6	0	0,13	0	0,13	0	0	0	0
A7	0	0,13	0,065	0,13	0,065	0,065	0	0
A8	0	0,13	0,065	0,13	0,065	0,065	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 25 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C4

Eficiência (C4)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,19								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0
A2	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0
A3	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0
A4	-0,5	-0,5	-0,5	0	0	-0,25	-0,5	-0,5
A5	-0,5	-0,5	-0,5	0	0	-0,25	-0,5	-0,5
A6	-0,25	-0,25	-0,25	0,25	0,25	0	-0,25	-0,25
A7	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0
A8	0	0	0	0,5	0,5	0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	1	1	0,5	0	0
A2	0	0	0	1	1	0,5	0	0
A3	0	0	0	1	1	0,5	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0,5	0,5	0	0	0
A7	0	0	0	1	1	0,5	0	0
A8	0	0	0	1	1	0,5	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0,19	0,19	0,095	0	0
A2	0	0	0	0,19	0,19	0,095	0	0
A3	0	0	0	0,19	0,19	0,095	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0,095	0,095	0	0	0
A7	0	0	0	0,19	0,19	0,095	0	0
A8	0	0	0	0,19	0,19	0,095	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 26 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C4

Eficiência (C4)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,22								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0,5	0,5	0,75	0,5	0,25	0,25
A2	-1	0	-0,5	-0,5	-0,25	-0,5	-0,75	-0,75
A3	-0,5	0,5	0	0	0,25	0	-0,25	-0,25
A4	-0,5	0,5	0	0	0,25	0	-0,25	-0,25
A5	-0,75	0,25	-0,25	-0,25	0	-0,25	-0,5	-0,5
A6	-0,5	0,5	0	0	0,25	0	-0,25	-0,25
A7	-0,25	0,75	0,25	0,25	0,5	0,25	0	0
A8	-0,25	0,75	0,25	0,25	0,5	0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	1	1	1	1	0,5	0,5
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	0,5	0	0	0
A4	0	1	0	0	0,5	0	0	0
A5	0	0,5	0	0	0	0	0	0
A6	0	1	0	0	0,5	0	0	0
A7	0	1	0,5	0,5	1	0,5	0	0
A8	0	1	0,5	0,5	1	0,5	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,11	0,11
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,22	0	0	0,11	0	0	0
A4	0	0,22	0	0	0,11	0	0	0
A5	0	0,11	0	0	0	0	0	0
A6	0	0,22	0	0	0,11	0	0	0
A7	0	0,22	0,11	0,11	0,22	0,11	0	0
A8	0	0,22	0,11	0,11	0,22	0,11	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 27 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C4

Eficiência (C4)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,15								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-0,25	-0,5	0	0,5	-0,25	-0,25	-0,5
A2	0,25	0	-0,25	0,25	0,75	0	0	-0,25
A3	0,5	0,25	0	0,5	1	0,25	0,25	0
A4	0	-0,25	-0,5	0	0,5	-0,25	-0,25	-0,5
A5	-0,5	-0,75	-1	-0,5	0	-0,75	-0,75	-1
A6	0,25	0	-0,25	0,25	0,75	0	0	-0,25
A7	0,25	0	-0,25	0,25	0,75	0	0	-0,25
A8	0,5	0,25	0	0,5	1	0,25	0,25	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	1	0	0	0
A2	0,5	0	0	0,5	1	0	0	0
A3	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5	0
A4	0	0	0	0	1	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,5	0	0	0,5	1	0	0	0
A7	0,5	0	0	0,5	1	0	0	0
A8	1	0,5	0	1	1	0,5	0,5	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0,15	0	0	0
A2	0,075	0	0	0,075	0,15	0	0	0
A3	0,15	0,075	0	0,15	0,15	0,075	0,075	0
A4	0	0	0	0	0,15	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,075	0	0	0,075	0,15	0	0	0
A7	0,075	0	0	0,075	0,15	0	0	0
A8	0,15	0,075	0	0,15	0,15	0,075	0,075	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 28 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C5

Dependência de Terceiros (C5)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,06								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	-1	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,25
A2	0	0	-1	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,25
A3	1	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A4	1	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A5	1	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A6	0,5	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0	0,25	0,25
A7	0,25	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
A8	0,25	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	0	1	1	1
A4	1	1	0	0	0	1	1	1
A5	1	1	0	0	0	1	1	1
A6	1	1	0	0	0	0	1	1
A7	1	1	0	0	0	0	0	0
A8	1	1	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,06	0,06	0	0	0	0,06	0,06	0,06
A4	0,06	0,06	0	0	0	0,06	0,06	0,06
A5	0,06	0,06	0	0	0	0,06	0,06	0,06
A6	0,06	0,06	0	0	0	0	0,06	0,06
A7	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0
A8	0,06	0,06	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 29 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C5

Dependência de Terceiros (C5)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,09								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A2	-1	0	-1	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,25
A3	0	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A4	0	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A5	0	1	0	0	0	0,5	0,75	0,75
A6	-0,5	0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0	0,25	0,25
A7	-0,75	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
A8	-0,75	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	0	1	1	1
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	0	1	1	1
A4	0	1	0	0	0	1	1	1
A5	0	1	0	0	0	1	1	1
A6	0	1	0	0	0	0	1	1
A7	0	1	0	0	0	0	0	0
A8	0	1	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,09	0	0	0	0,09	0,09	0,09
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,09	0	0	0	0,09	0,09	0,09
A4	0	0,09	0	0	0	0,09	0,09	0,09
A5	0	0,09	0	0	0	0,09	0,09	0,09
A6	0	0,09	0	0	0	0	0,09	0,09
A7	0	0,09	0	0	0	0	0	0
A8	0	0,09	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 30 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C5

Dependência de Terceiros (C5)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,14								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	-1	-1	-1	0	-0,25	-0,25
A2	0	0	-1	-1	-1	0	-0,25	-0,25
A3	1	1	0	0	0	1	0,75	0,75
A4	1	1	0	0	0	1	0,75	0,75
A5	1	1	0	0	0	1	0,75	0,75
A6	0	0	-1	-1	-1	0	-0,25	-0,25
A7	0,25	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	0,25	0	0
A8	0,25	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	0	1	1	1
A4	1	1	0	0	0	1	1	1
A5	1	1	0	0	0	1	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	1	1	0	0	0	1	0	0
A8	1	1	0	0	0	1	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0,14	0,14
A4	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0,14	0,14
A5	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0,14	0,14
A6	0	0	0	0	0	0	0	0
A7	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0	0
A8	0,14	0,14	0	0	0	0,14	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 31 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C5

Dependência de Terceiros (C5)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,15								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	-1	-1	0	-0,5	-0,25	-0,25
A2	0	0	-1	-1	0	-0,5	-0,25	-0,25
A3	1	1	0	0	1	0,5	0,75	0,75
A4	1	1	0	0	1	0,5	0,75	0,75
A5	0	0	-1	-1	0	-0,5	-0,25	-0,25
A6	0,5	0,5	-0,5	-0,5	0,5	0	0,25	0,25
A7	0,25	0,25	-0,75	-0,75	0,25	-0,25	0	0
A8	0,25	0,25	-0,75	-0,75	0,25	-0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	1	1	1	1
A4	1	1	0	0	1	1	1	1
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	1	0	0	1	0	1	1
A7	1	1	0	0	1	0	0	0
A8	1	1	0	0	1	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,15	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15	0,15
A4	0,15	0,15	0	0	0,15	0,15	0,15	0,15
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,15	0,15	0	0	0,15	0	0,15	0,15
A7	0,15	0,15	0	0	0,15	0	0	0
A8	0,15	0,15	0	0	0,15	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 32 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C5

Dependência de Terceiros (C5)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,1								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	-0,5	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,25
A2	0	0	-0,5	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,25
A3	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	0	0,25	0,25
A4	1	1	0,5	0	0	0,5	0,75	0,75
A5	1	1	0,5	0	0	0,5	0,75	0,75
A6	0,5	0,5	0	-0,5	-0,5	0	0,25	0,25
A7	0,25	0,25	-0,25	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
A8	0,25	0,25	-0,25	-0,75	-0,75	-0,25	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	1	1	0	0	0	0	1	1
A4	1	1	1	0	0	1	1	1
A5	1	1	1	0	0	1	1	1
A6	1	1	0	0	0	0	1	1
A7	1	1	0	0	0	0	0	0
A8	1	1	0	0	0	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1
A4	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1
A5	0,1	0,1	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1
A6	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1
A7	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0
A8	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 33 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C6

Impacto na Indústria (C6)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,06								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-1	0	0	0	-1	-1	-0,75
A2	1	0	1	1	1	0	0	0,25
A3	0	-1	0	0	0	-1	-1	-0,75
A4	0	-1	0	0	0	-1	-1	-0,75
A5	0	-1	0	0	0	-1	-1	-0,75
A6	1	0	1	1	1	0	0	0,25
A7	1	0	1	1	1	0	0	0,25
A8	0,75	-0,25	0,75	0,75	0,75	-0,25	-0,25	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	0	1
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	0	1	1	1	0	0	1
A7	1	0	1	1	1	0	0	1
A8	1	0	1	1	1	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,06	0	0,06	0,06	0,06	0	0	0,06
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0	0	0	0	0	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,06	0	0,06	0,06	0,06	0	0	0,06
A7	0,06	0	0,06	0,06	0,06	0	0	0,06
A8	0,06	0	0,06	0,06	0,06	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 34 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C6

Impacto na Indústria (C6)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,17								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-1	0	-0,75	0	-1	-0,75	-1
A2	1	0	1	0,25	1	0	0,25	0
A3	0	-1	0	-0,75	0	-1	-0,75	-1
A4	0,75	-0,25	0,75	0	0,75	-0,25	0	-0,25
A5	0	-1	0	-0,75	0	-1	-0,75	-1
A6	1	0	1	0,25	1	0	0,25	0
A7	0,75	-0,25	0,75	0	0,75	-0,25	0	-0,25
A8	1	0	1	0,25	1	0	0,25	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	0	1	0	1	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	0	1	1	1	0	1	0
A7	1	0	1	0	1	0	0	0
A8	1	0	1	1	1	0	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,17	0	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,17	0	0,17	0	0,17	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,17	0	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0
A7	0,17	0	0,17	0	0,17	0	0	0
A8	0,17	0	0,17	0,17	0,17	0	0,17	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 35 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C6

Impacto na Indústria (C6)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,1								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-1	0	-0,25	-0,25	-1	-1	-1
A2	1	0	1	0,75	0,75	0	0	0
A3	0	-1	0	-0,25	-0,25	-1	-1	-1
A4	0,25	-0,75	0,25	0	0	-0,75	-0,75	-0,75
A5	0,25	-0,75	0,25	0	0	-0,75	-0,75	-0,75
A6	1	0	1	0,75	0,75	0	0	0
A7	1	0	1	0,75	0,75	0	0	0
A8	1	0	1	0,75	0,75	0	0	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	0	1	0	0	0	0	0
A5	1	0	1	0	0	0	0	0
A6	1	0	1	1	1	0	0	0
A7	1	0	1	1	1	0	0	0
A8	1	0	1	1	1	0	0	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0
A5	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0
A6	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0
A7	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0
A8	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 36 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C6

Impacto na Indústria (C6)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,11								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-1	0	-0,25	0	-1	-0,5	-1
A2	1	0	1	0,75	1	0	0,5	0
A3	0	-1	0	-0,25	0	-1	-0,5	-1
A4	0,25	-0,75	0,25	0	0,25	-0,75	-0,25	-0,75
A5	0	-1	0	-0,25	0	-1	-0,5	-1
A6	1	0	1	0,75	1	0	0,5	0
A7	0,5	-0,5	0,5	0,25	0,5	-0,5	0	-0,5
A8	1	0	1	0,75	1	0	0,5	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	1	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	1	0	1	0	1	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	0	1	1	1	0	1	0
A7	1	0	1	1	1	0	0	0
A8	1	0	1	1	1	0	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,11	0	0,11	0,11	0,11	0	0,11	0
A3	0	0	0	0	0	0	0	0
A4	0,11	0	0,11	0	0,11	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,11	0	0,11	0,11	0,11	0	0,11	0
A7	0,11	0	0,11	0,11	0,11	0	0	0
A8	0,11	0	0,11	0,11	0,11	0	0,11	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 37 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C6

Impacto na Indústria (C6)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,3								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	-1	-0,5	-0,5	0	-1	-0,5	-1
A2	1	0	0,5	0,5	1	0	0,5	0
A3	0,5	-0,5	0	0	0,5	-0,5	0	-0,5
A4	0,5	-0,5	0	0	0,5	-0,5	0	-0,5
A5	0	-1	-0,5	-0,5	0	-1	-0,5	-1
A6	1	0	0,5	0,5	1	0	0,5	0
A7	0,5	-0,5	0	0	0,5	-0,5	0	-0,5
A8	1	0	0,5	0,5	1	0	0,5	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	1	0	1	1	1	0	1	0
A3	1	0	0	0	1	0	0	0
A4	1	0	0	0	1	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	1	0	1	1	1	0	1	0
A7	1	0	0	0	1	0	0	0
A8	1	0	1	1	1	0	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0	0
A2	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0	0,3	0
A3	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0
A4	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0	0,3	0
A7	0,3	0	0	0	0,3	0	0	0
A8	0,3	0	0,3	0,3	0,3	0	0,3	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 38 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM1 com relação ao critério C7

Impacto na Agricultura (C7)								
Decisor: DM1								
Peso do critério (wk): 0,06								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A2	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A3	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A4	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A5	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A6	0	0	0	0	0	0	0,5	0,25
A7	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	0	-0,25
A8	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0,25	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	1	1
A2	0	0	0	0	0	0	1	1
A3	0	0	0	0	0	0	1	1
A4	0	0	0	0	0	0	1	1
A5	0	0	0	0	0	0	1	1
A6	0	0	0	0	0	0	1	1
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A2	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A3	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A4	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A5	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A6	0	0	0	0	0	0	0,06	0,06
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0	0	0,06	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 39 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM2 com relação ao critério C7

Impacto na Agricultura (C7)								
Decisor: DM2								
Peso do critério (wk): 0,02								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	0	0,75	1	0,25
A2	-1	0	-1	-1	-1	-0,25	0	-0,75
A3	0	1	0	0	0	0,75	1	0,25
A4	0	1	0	0	0	0,75	1	0,25
A5	0	1	0	0	0	0,75	1	0,25
A6	-0,75	0,25	-0,75	-0,75	-0,75	0	0,25	-0,5
A7	-1	0	-1	-1	-1	-0,25	0	-0,75
A8	-0,25	0,75	-0,25	-0,25	-0,25	0,5	0,75	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	0	1	1	1
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	0	1	1	1
A4	0	1	0	0	0	1	1	1
A5	0	1	0	0	0	1	1	1
A6	0	1	0	0	0	0	1	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	1	0	0	0	1	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02
A4	0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02
A5	0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0,02
A6	0	0,02	0	0	0	0	0,02	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0,02	0	0	0	0,02	0,02	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 40 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM3 com relação ao critério C7

Impacto na Agricultura (C7)								
Decisor: DM3								
Peso do critério (wk): 0,1								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	0,5	0,75	0,5	0
A2	-1	0	-1	-1	-0,5	-0,25	-0,5	-1
A3	0	1	0	0	0,5	0,75	0,5	0
A4	0	1	0	0	0,5	0,75	0,5	0
A5	-0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0,25	0	-0,5
A6	-0,75	0,25	-0,75	-0,75	-0,25	0	-0,25	-0,75
A7	-0,5	0,5	-0,5	-0,5	0	0,25	0	-0,5
A8	0	1	0	0	0,5	0,75	0,5	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	1	0	0	1	1	1	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	1	0	0	1	1	1	0
A4	0	1	0	0	1	1	1	0
A5	0	1	0	0	0	1	0	0
A6	0	1	0	0	0	0	0	0
A7	0	1	0	0	0	1	0	0
A8	0	1	0	0	1	1	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0
A2	0	0	0	0	0	0	0	0
A3	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0
A4	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0
A5	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0
A6	0	0,1	0	0	0	0	0	0
A7	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0
A8	0	0,1	0	0	0,1	0,1	0,1	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 41 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM4 com relação ao critério C7

Impacto na Agricultura (C7)								
Decisor: DM4								
Peso do critério (wk): 0,07								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	1	0,25	1	0
A2	0	0	0	0	1	0,25	1	0
A3	0	0	0	0	1	0,25	1	0
A4	0	0	0	0	1	0,25	1	0
A5	-1	-1	-1	-1	0	-0,75	0	-1
A6	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0,75	0	0,75	-0,25
A7	-1	-1	-1	-1	0	-0,75	0	-1
A8	0	0	0	0	1	0,25	1	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	1	1	1	0
A2	0	0	0	0	1	1	1	0
A3	0	0	0	0	1	1	1	0
A4	0	0	0	0	1	1	1	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	1	0	1	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	1	1	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0
A2	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0
A3	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0
A4	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0,07	0	0,07	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0,07	0,07	0,07	0

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 42 - Etapas de cálculo realizada para o decisor DM5 com relação ao critério C7

Impacto na Agricultura (C7)								
Decisor: DM5								
Peso do critério (wk): 0,2								
P(ai)-P(aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	1	0,75	1	0,25
A2	0	0	0	0	1	0,75	1	0,25
A3	0	0	0	0	1	0,75	1	0,25
A4	0	0	0	0	1	0,75	1	0,25
A5	-1	-1	-1	-1	0	-0,25	0	-0,75
A6	-0,75	-0,75	-0,75	-0,75	0,25	0	0,25	-0,5
A7	-1	-1	-1	-1	0	-0,25	0	-0,75
A8	-0,25	-0,25	-0,25	-0,25	0,75	0,5	0,75	0
Cálculo do Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	1	1	1	1
A2	0	0	0	0	1	1	1	1
A3	0	0	0	0	1	1	1	1
A4	0	0	0	0	1	1	1	1
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	1	0	1	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	1	1	1	0
wk.Pk(ai,aj)								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2
A2	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2
A3	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2
A4	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0,2
A5	0	0	0	0	0	0	0	0
A6	0	0	0	0	0,2	0	0,2	0
A7	0	0	0	0	0	0	0	0
A8	0	0	0	0	0,2	0,2	0,2	0

Fonte: Autora, 2008

A terceira etapa foi o cálculo dos índices de preferência seguido do cálculo dos fluxos positivos, negativos e líquidos para cada decisor, que determinou os *rankings* individuais. Os resultados, agrupados decisor, são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela A 43 - Índices de preferência e fluxos para o decisor DM1

Decisor: DM1								
$P(a_i, a_j) = \sum w_k.P_k(a_i, a_j)$								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,000	0,110	0,090	0,120	0,090	0,060	0,120	0,110
A2	0,760	0,000	0,520	0,120	0,120	0,460	0,520	0,820
A3	0,760	0,120	0,000	0,060	0,000	0,060	0,580	0,820
A4	0,760	0,460	0,400	0,000	0,000	0,460	0,580	0,820
A5	0,760	0,520	0,400	0,460	0,000	0,460	0,580	0,820
A6	0,820	0,120	0,090	0,120	0,090	0,000	0,580	0,880
A7	0,820	0,120	0,090	0,120	0,090	0,000	0,000	0,360
A8	0,520	0,120	0,150	0,180	0,150	0,060	0,120	0,000
Fluxos								
	Positivo	Negativo	Líquido					
A1	0,700	5,200	-4,500					
A2	3,320	1,570	1,750					
A3	2,400	1,740	0,660					
A4	3,480	1,180	2,300					
A5	4,000	0,540	3,460					
A6	2,700	1,560	1,140					
A7	1,600	3,080	-1,480					
A8	1,300	4,630	-3,330					

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 44 - Índices de preferência e fluxos para o decisor DM2

Decisor: DM2								
$P(a_i, a_j) = \sum w_k.P_k(a_i, a_j)$								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,000	0,315	0,155	0,220	0,155	0,265	0,200	0,185
A2	0,690	0,000	0,520	0,260	0,260	0,350	0,520	0,520
A3	0,520	0,240	0,000	0,130	0,000	0,110	0,460	0,630
A4	0,690	0,370	0,430	0,000	0,170	0,370	0,460	0,630
A5	0,520	0,500	0,260	0,390	0,000	0,370	0,460	0,630
A6	0,690	0,240	0,170	0,300	0,170	0,000	0,630	0,610
A7	0,690	0,220	0,235	0,130	0,235	0,065	0,000	0,260
A8	0,430	0,240	0,325	0,390	0,325	0,175	0,280	0,000
Fluxos								
	Positivo	Negativo	Líquido					
A1	1,495	4,230	-2,735					
A2	3,120	2,125	0,995					
A3	2,090	2,095	-0,005					
A4	3,120	1,820	1,300					
A5	3,130	1,315	1,815					
A6	2,810	1,705	1,105					
A7	1,835	3,010	-1,175					
A8	2,165	3,465	-1,300					

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 45 - Índices de preferência e fluxos para o decisor DM3

Decisor: DM3								
$P(a_i, a_j) = \sum w_k.P_k(a_i, a_j)$								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,000	0,217	0,140	0,330	0,430	0,335	0,240	0,117
A2	0,430	0,000	0,430	0,430	0,430	0,425	0,330	0,330
A3	0,470	0,240	0,000	0,190	0,290	0,335	0,570	0,470
A4	0,570	0,430	0,290	0,000	0,100	0,430	0,570	0,470
A5	0,570	0,430	0,290	0,190	0,000	0,430	0,470	0,470
A6	0,430	0,100	0,100	0,195	0,195	0,000	0,330	0,330
A7	0,570	0,240	0,100	0,290	0,290	0,335	0,000	0,140
A8	0,430	0,240	0,240	0,430	0,530	0,475	0,240	0,000
Fluxos								
	Positivo	Negativo	Líquido					
A1	1,808	3,470	-1,662					
A2	2,805	1,897	0,908					
A3	2,565	1,590	0,975					
A4	2,860	2,055	0,805					
A5	2,850	2,265	0,585					
A6	1,680	2,765	-1,085					
A7	1,965	2,750	-0,785					
A8	2,585	2,327	0,258					

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 46 - Índices de preferência e fluxos para o decisor DM4

Decisor: DM4								
$P(a_i, a_j) = \sum w_k.P_k(a_i, a_j)$								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,000	0,253	0,260	0,260	0,330	0,330	0,220	0,143
A2	0,520	0,000	0,340	0,150	0,220	0,300	0,410	0,410
A3	0,560	0,370	0,000	0,000	0,330	0,220	0,450	0,560
A4	0,670	0,560	0,300	0,000	0,440	0,410	0,450	0,560
A5	0,410	0,300	0,190	0,190	0,000	0,190	0,230	0,410
A6	0,670	0,370	0,110	0,110	0,440	0,000	0,560	0,560
A7	0,670	0,370	0,220	0,220	0,480	0,110	0,000	0,220
A8	0,450	0,370	0,260	0,260	0,590	0,220	0,220	0,000
Fluxos								
	Positivo	Negativo	Líquido					
A1	1,797	3,950	-2,153					
A2	2,350	2,593	-0,243					
A3	2,490	1,680	0,810					
A4	3,390	1,190	2,200					
A5	1,920	2,830	-0,910					
A6	2,820	1,780	1,040					
A7	2,290	2,540	-0,250					
A8	2,370	2,863	-0,493					

Fonte: Autora, 2008

Tabela A 47 - Índices de preferência e fluxos para o decisor DM5

Decisor: DM5								
$P(a_i, a_j) = \sum w_k.P_k(a_i, a_j)$								
	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
A1	0,000	0,042	0,050	0,050	0,400	0,250	0,250	0,242
A2	0,575	0,000	0,500	0,425	0,700	0,400	0,700	0,400
A3	0,750	0,175	0,000	0,150	0,650	0,275	0,575	0,500
A4	0,600	0,250	0,250	0,000	0,650	0,450	0,500	0,500
A5	0,300	0,250	0,250	0,150	0,000	0,250	0,300	0,300
A6	0,675	0,100	0,300	0,375	0,650	0,000	0,800	0,300
A7	0,675	0,100	0,000	0,075	0,450	0,000	0,000	0,050
A8	0,700	0,175	0,350	0,500	0,700	0,325	0,625	0,000
Fluxos								
	Positivo	Negativo	Líquido					
A1	1,283	4,275	-2,992					
A2	3,700	1,092	2,608					
A3	3,075	1,700	1,375					
A4	3,200	1,725	1,475					
A5	1,800	4,200	-2,400					
A6	3,200	1,950	1,250					
A7	1,350	3,750	-2,400					
A8	3,375	2,292	1,083					

Fonte: Autora, 2008

Por último foram calculados os fluxos globais de cada alternativa, os quais determinaram o *ranking* global, Tabela A 48.

Tabela A 48 – Fluxos globais

Alternativas	Fluxo Global
A4	1,616
A2	1,204
A3	0,763
A6	0,690
A5	0,510
A8	-0,756
A7	-1,218
A1	-2,808

Fonte: Autora, 2008

APÊNDICE 2

A seguir são apresentadas as figuras com os gráficos obtidos com o *software Decision Lab*, que correspondem às distribuições de pesos dos critérios para cada decisor. São apresentadas as distribuições originais resultantes da atribuição de pesos pelos decisores e às resultantes das alterações realizadas pelo analista.

As alterações nos pesos foram realizadas para cada decisor e visam distribuir os pesos entre os critérios de forma mais balanceada, porém respeitando a ordem de importância entre eles que foi estabelecida pelos decisores.

Em seguida são apresentadas as figuras com os fluxos líquidos e correspondentes *rankings* individuais resultantes das alterações nos pesos e calculados com o *software Decision Lab*.

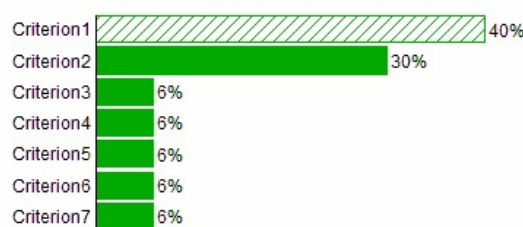


Figura A 1 – Distribuição de pesos original de DM1

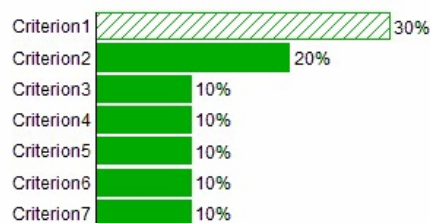


Figura A 2 – Distribuição de pesos alterada de DM1

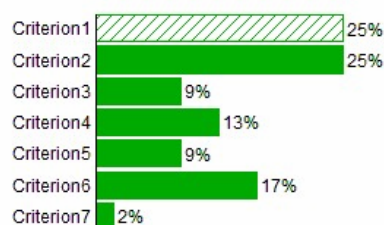


Figura A 3 - Distribuição de pesos original de DM2

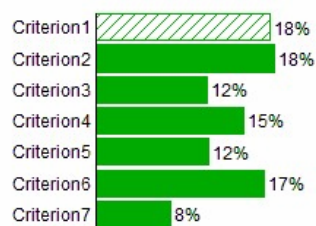


Figura A 4 - Distribuição de pesos alterada de DM2

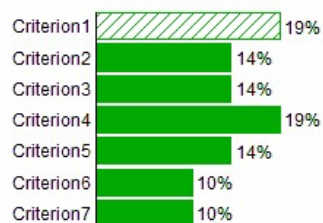


Figura A 5 - Distribuição de pesos original de DM3

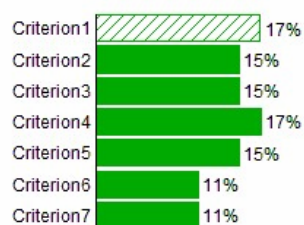


Figura A 6 - Distribuição de pesos alterada de DM3

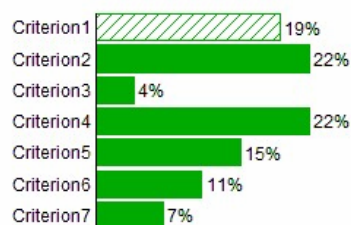


Figura A 7 - Distribuição de pesos original de DM4

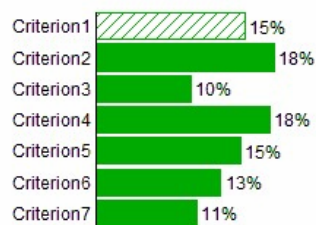


Figura A 8 - Distribuição de pesos alterada de DM4

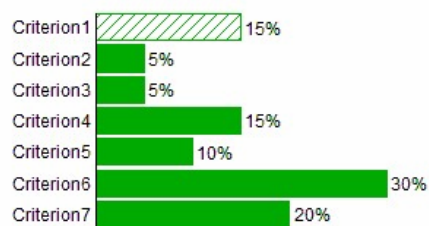


Figura A 9 - Distribuição de pesos original de DM5

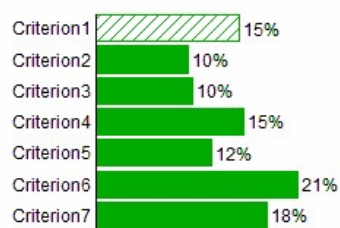


Figura A 10 - Distribuição de pesos alterada de DM5

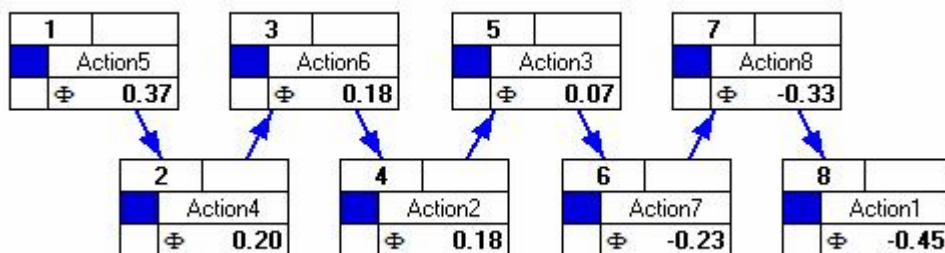


Figura A 11 – Fluxos líquidos e respectivo ranking para DM1

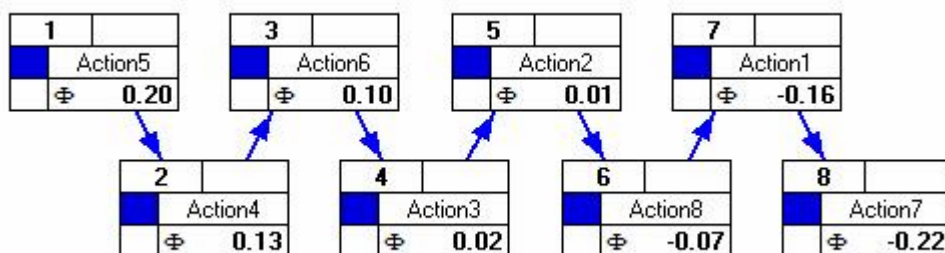


Figura A 12 - Fluxos líquidos e respectivo ranking para DM2

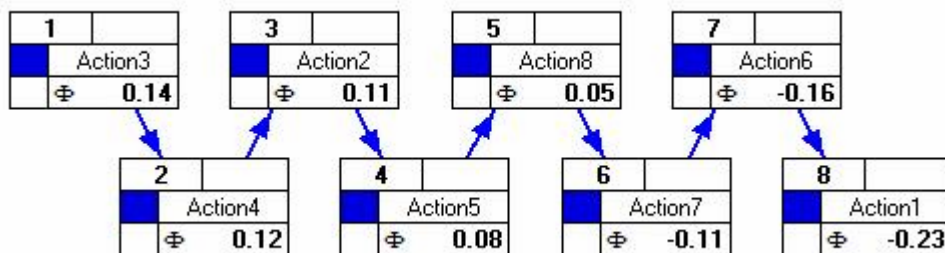


Figura A 13 - Fluxos líquidos e respectivo ranking para DM3

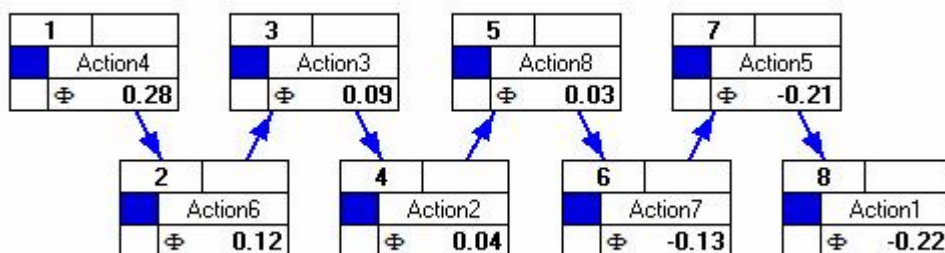


Figura A 14 - Fluxos líquidos e respectivo ranking para DM4

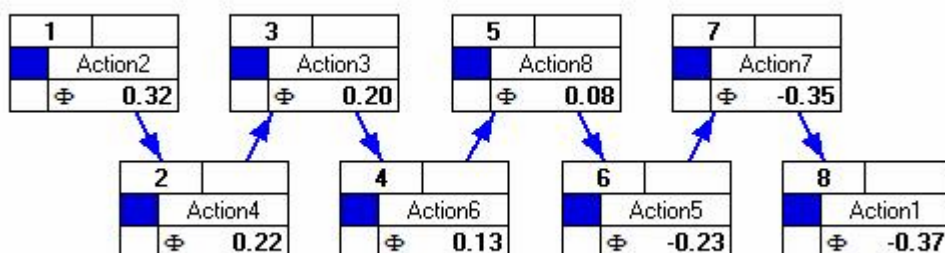


Figura A 15 - Fluxos líquidos e respectivo ranking para DM5