**Universidade de São Paulo
Faculdade de Saúde Pública**

**Contribuição da abordagem multicritério na seleção
de alternativas de reúso de água: aplicação em um
caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito
Federal**

Regina Coeli Montenegro Generino

**Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Saúde Pública para
obtenção do título de Doutor em Saúde
Pública.**

Área de Concentração: Saúde Ambiental
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adelaide Cássia
Nardocci

**São Paulo
2006**

Contribuição da abordagem multicritério na seleção de alternativas de reúso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal

Regina Coeli Montenegro Generino

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Pública da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Saúde Pública.

Área de Concentração: Saúde Ambiental
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Adelaide Cássia Nardocci

São Paulo
2006

Para fins exclusivamente acadêmicos e científicos autorizo a reprodução total ou parcial desta tese, por processos fotocopiadores.

Assinatura:

Data:

DEDICATÓRIAS

A Deus, por me criar e pôr em meu
caminho pessoas especiais.

In memoriam de Maria das Dores Montenegro,
minha mãe, por todos os ensinamentos;
pela honradez e pela alegria, muito obrigada,
Minha Mãinha!

A Clodovil Batista Montenegro, meu pai,
ao me fazer crer em mim e em meus ideais.

A Paulo, meu marido: o amor, o apoio,
a cumplicidade em meus projetos.

A minhas filhas Paulinha e Aninha,
no que nos ofertamos de amor, alegria e amizade.

A minhas irmãs, pela amizade.

A meus amigos, pela torcida.

AGRADECIMENTOS

Com alegria registro os que me ajudaram na execução desta pesquisa:

Prof.^a Adelaide Cássia Nardocci, na orientação desta tese. Expresso toda a minha satisfação em haver escolhido uma pessoa que não negou esforços para ajudar-me em todas as fases da execução. Além de excelente profissional, é ser humano raro em bondade e honradez.

Professores e colegas do Curso de Doutorado em Saúde Pública.

Diretoria da Companhia de Águas e Esgotos de Brasília – CAESB. Permitiu-me realizar a pesquisa e disponibilizou dados essenciais a seu desenvolvimento.

Funcionários da CAESB que me ajudaram com dados, particularmente Klaus Neder, Harada, Raquel, Carlos Eduardo, Mauro Felizatto, Yuri e Joelma.

Prof. Oscar de Moraes Cordeiro Netto, por sugestões no uso do Método Electre III.

Ademir, Harada, Mônica, Wilma e Martha, colaboradores imprescindíveis.

Sr. Francisco Ozanan, Chefe do Departamento de Parques e Jardins da Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP), pelas informações.

Funcionários da EMATER/DF, pelos dados prestados; sobremaneira a Lúcio Valadão e João Bernardino Sousa.

Daniella Costa, marca de competência, dedicação e paciência na elaboração dos mapas.

Reynaldo Lopes, na aplicação do Método ELECTRE III.

Ademílton Pereira Lima, consultor da CAESB, por orientações de como realizar avaliação econômica das alternativas de reúso de forma simplificada.

Professores da Universidade de São Paulo, por me cederem o competente material bibliográfico.

Especialistas e agricultores que seriamente participaram dos trabalhos relacionados ao uso do Método ELECTRE III.

Funcionários das Secretarias de Estado de Saúde e de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Distrito Federal, pelas informações.

Amigos do IBAMA e da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente que me apoiaram e anônimos que me levaram a este êxito.

RESUMO

Generino RCM. **Contribuição da abordagem multicritério na seleção de alternativas de reúso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal.** São Paulo; 2006. [Tese de Doutorado – Faculdade de Saúde Pública da USP].

Objetivo. Examinar a pertinência de utilização de abordagem multicritério como ferramenta de planejamento em reúso de água. **Metodologia.** As etapas são: (1) levantamento bibliográfico; (2) caracterização do Distrito Federal (área de estudo); (3) definir as áreas passíveis de serem irrigadas com água de reúso por sobreposição de mapas temáticos; (4) trabalho com decisores; (5) utilização do Método ELECTRE III; (6) apresentar e discutir resultados; (7) avaliar o trabalho desenvolvido. **Resultados:** (1) Os esgotos sanitários tratados de todas as estações de tratamento de esgotos (ETEs) não apresentaram qualidade satisfatória para irrigação irrestrita. Sugere-se seu uso na irrigação das grandes culturas do Distrito Federal (DF): milho, soja, café e trigo; (2) identificaram-se seis alternativas relacionadas às ETEs para se realizar reúso no Distrito Federal: Brazlândia, Samambaia/Melchior, Gama, Sul, Planaltina e São Sebastião; (3) as seis alternativas têm capacidade para irrigar todos os canteiros ornamentais, como também 4.268 ha de áreas agrícolas - correspondentes a 38% das áreas irrigadas das grandes culturas do DF; (4) Após a aplicação do Método ELECTRE III, as alternativas mais vantajosas relacionaram-se às ETEs Sul e Samambaia/Melchior. **Conclusões:** (1) a implementação do reúso de água no DF deve ser considerada no gerenciamento dos recursos hídricos; (2) a abordagem multicritério mostrou-se ferramenta apropriada ao planejamento em reúso de água; (3) o Método ELECTRE III adequou-se ao problema e foi sensível às preferências dos decisores.

Descritores: métodos multicritério de auxílio à decisão, Método ELECTRE III, reúso de água, estações de tratamento de esgotos (ETEs), planejamento ambiental.

SUMMARY

Generino RCM. **Contribuição da abordagem multicritério na seleção de alternativas de reúso de água: aplicação em um caso de irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal.** [The Contribution of the Multi-Criterion Approach in selecting alternatives for water reuse: its application in a case of farming and landscape irrigation in the Federal District]. São Paulo (BR); 2006. [PhD Thesis – Faculty of Public Health, São Paulo University].

Objective. To examine the relevance of adopting the multi-criterion approach as a planning tool when water is reused. **Methods.** It consisted of the following stages: (1) a bibliographical survey; (2) description of the Federal District (area under study); (3) determining the areas liable to irrigation with reused water by overlaying thematic maps; (4) working with decision makers; (5) applying the ELECTRE III Method; (6) presenting and discussing results; (7) assessing the work undertaken. **Results:** (1) The quality of the sewage treated in all the wastewater treatment plants (WTPs) was found to be unsuitable for unrestricted irrigation. It was suggested that it be reused in irrigating the Federal District's major crops: maize, soy bean, coffee and wheat; (2) six alternatives, with regard to wastewater treatment plants, were identified for undertaking water reuse in the Federal District: Brazlândia, Samambaia/Melchior, Gama, Sul, Planaltina and São Sebastião; (3) the six alternatives are capable of irrigating all public flower beds, as well as 4,268 hectares of farmland - representing 38% of the Federal District's irrigated lands under major crop cultivation; (4) after applying the ELECTRE III Method, the most advantageous alternatives were those related to Sul and Samambaia/Melchior wastewater treatment plants. **Conclusions:** (1) water reuse should be considered in water resources management in the Federal District; (2) the multi-criterion approach proved to be a suitable tool when planning water reuse; (3) the ELECTRE III Method was a suitable solution to the problem and met the requirements of the decision makers.

Key words: Multi-criterion methods to aid decision making, ELECTRE III Method, water reuse, wastewater treatment plants, environmental planning.

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

AAE	Avaliação Ambiental Estratégica
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ADASA	Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal
ANA	Agência Nacional de Águas
CAESB	Companhia de Saneamento do Distrito Federal
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CAGIF	Centro de Apoio ao Grande Incapacitado Físico
CF	Coliformes Fecais
CIRRA	Centro Internacional de Referência em Reúso de Água
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COD	Carbono Orgânico Dissolvido
CODEPLAN	Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central
COT	Carbono Orgânico Total
DBO_{5,20}	Demanda Bioquímica de Oxigênio, medida em 5 dias a 20 ⁰ C
DF	Distrito Federal
DPJ	Departamento de Parques e Jardins
DQO	Demanda Química de Oxigênio
ELECTRE	<i>Elimination and (et) Choice Translating Reality</i> (Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha)
EMATER	Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EPA	<i>Environmental Protection Agency</i>
ETA	Estação de Tratamento de Água
ETE	Estação de Tratamento de Esgotos
ETEs	Estações de Tratamento de Esgotos
FUNASA	Fundação Nacional de Saúde
GDF	Governo do Distrito Federal

IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEMA	Instituto de Ecologia e Meio Ambiente
INCRA	Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária
INRETS	<i>French National Institute for Transport Research</i>
IQA	Índice de Qualidade da Água
MEL	Magna Engenharia Ltda
NMP	Número Mais Provável
NOVACAP	Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil
NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
OMS	Organização Mundial da Saúde
OD	Oxigênio Dissolvido
OPAS	Organização Pan-Americana de Saúde
PD	Programação Dinâmica
PDL	Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal
PDOT	Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal
PL	Programação Linear
PNUMA	Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
PT	Fósforo Total
RA	Região Administrativa
RAFA	Reator anaeróbio de fluxo ascendente.
SEDUH	Secretaria de Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SDT	Sólidos dissolvidos totais
SEMARH	Secretaria de Meio Ambiente e de Recursos Hídricos do Distrito Federal
SICAD	Sistema Cartográfico do Distrito Federal
SIÁGUA	Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal
SIESG	Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal
SILUBESA	Simpósio Luso-Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental

SRH	Secretaria de Recursos Hídricos
SS	Sólidos Suspensos
SST	Sólidos Suspensos Totais
UnB	Universidade de Brasília
UNICAMP	Universidade de Campinas
UNICEF	<i>The United Nations Children's Fund</i> (Fundo das Nações Unidas para a Infância)
UNT	Unidade Nefelométrica de Turbidez
USP	Universidade de São Paulo
UTM	Projeção Universal Transversa de Mercator
WHO	<i>World Health Organization</i> (Organização Mundial de Saúde)

LISTA DE SÍMBOLOS

$>$	operador de preferência
a, b	alternativas
$a I b$	a é índiferente em relação a b , sob o critério i_1
$a P b$	a é fortemente preferível em relação a b , sob o critério i_1
$a Q b$	a é fracamente preferível em relação a b , sob o critério i_1
$a S b$	a desclassifica b
$a V b$	a é tão melhor que b , que b nunca pode ser globalmente melhor que a
c	índice de concordância
$^{\circ}C$	grau Celsius
$ci_m(a, b)$	índice de concordância da ação a em relação à ação b
$C(a, b)$	índice de concordância geral
Cl_2	cloro gasoso
d	índice de discordância
$di_m(a, b)$	índice de discordância da ação a em relação à ação b
E^i	categorias
$g_{i1}(a)$ e $g_{i1}(b)$	avaliações de a e b sob o critério i_1
hab	habitante
i	critério
I	número de critérios
j	alternativa
J	número de alternativas
k	decisores
K	número de decisores
KT	potássio total
km	quilômetro
km^2	quilômetro quadrado
km^3	quilômetro cúbico
L	litro

L/s	litro por segundo
m²	metro quadrado
m³	metro cúbico
m³/d	metro cúbico por dia
mg/L	miligrama por litro
µg/L	micrograma por litro
mL	mililitro
mm	milímetro
N	Nitrogênio
p	limiar de preferência
p_i	limiar de preferência para o critério i
P	Fósforo
pH	potencial hidrogeniônico
q	limiar de indiferença
q_i	limiar de indiferença, para cada critério i
s	segundo
S	operador de desclassificação de uma ação à outra
USD	dólar dos Estados Unidos da América
v	limiar de veto
v_i	limiar de veto para o critério i
X, Y	coordenadas

ÍNDICE

1	INTRODUÇÃO	1
1.1	Objetivos	4
1.1.1	Geral	4
1.1.2	Específicos	4
1.2	Hipóteses	4
1.3	Estrutura da Tese	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	6
2.1	Deterioração dos Suprimentos de Água e dos Mananciais: A Crise da Água	6
2.2	Reúso de Água	8
2.2.1	Experiências no Brasil e no exterior	10
2.2.2	Vantagens e desvantagens do reúso de água	14
2.2.3	Abordagens técnicas no planejamento de sistemas de reúso de água	15
2.2.4	Aspectos de Saúde Pública	17
2.2.5	Aceitação pelo público	19
2.2.6	Aspectos legais, institucionais e normativos	21
2.3	Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão	28
2.3.1	Os diversos métodos multicritério	35
2.3.2	A Família ELECTRE	38
2.3.3	Aplicações do Método ELECTRE III nas áreas de recursos hídricos e de meio ambiente	43
2.3.4	Uso de métodos de auxílio à decisão em reúso de água	44
3	METODOLOGIA	46
3.1	Introdução: Tipo de Estudo e Etapas	46
3.2	Caracterização da Área de Estudo	48
3.3	Definição das alternativas e critérios de reúso	66
3.4	Aplicação do Método ELECTRE III	67

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	72
4.1	Da caracterização do Distrito Federal	72
4.1.1	Do levantamento de dados das ETEs	73
4.1.2	Da disponibilidade de água de reúso	79
4.2	Da Aplicação do Método ELECTRE III	82
4.2.1	Da definição das alternativas e critérios para o planejamento do reúso	82
4.2.2	Trabalho com os decisores	93
4.2.3	Da utilização do Método ELECTRE III	102
4.3	Discussão Geral dos Resultados	118
5	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	120
6	REFERÊNCIAS	124
	ANEXOS	137
	Anexo I - Formulário utilizado durante as visitas técnicas às ETEs da CAESB	138
	Anexo II - Formulário entregue aos decisores	140
	Anexo III - Relação dos decisores convidados	145
	Anexo IV - Mapas diversos	148
	Anexo V - Resultados da definição dos pesos (memória de cálculo)	152
	Anexo VI - Resultados da avaliação dos critérios (memória de cálculo)	159
	Anexo VII - Resultados da aplicação do Método ELECTRE III	170

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1	Variação de preços da água de reúso e potável em diversos países	16
Tabela 2.2	Diretrizes da Organização Mundial de Saúde (OMS) para o reúso de água	23
Tabela 2.3	Diretrizes sugeridas pela EPA para o reúso de água	25
Tabela 2.4	Água de reúso para irrigação: exemplos de diretrizes da Sicília comparadas com os padrões italianos	26
Tabela 2.5	Diretrizes japonesas para a qualidade de água de reúso	27
Tabela 2.6	Padrões requeridos pela Arábia Saudita para irrigação irrestrita	27
Tabela 3.1	Regiões e bacias hidrográficas no Distrito Federal	54
Tabela 3.2	Classes geradas no Mapa de Zoneamento Hidrogeológico e suas características	56
Tabela 3.3	Distribuição de água no Distrito Federal	58
Tabela 3.4	Áreas cultivadas e irrigadas e tipo de irrigação no Distrito Federal	60
Tabela 3.5	Demandas máximas de água no Distrito Federal: cenários 2010, 2020 e 2030	62
Tabela 3.6	Índices de coleta e de tratamento de esgotos em dezenove Regiões Administrativas do Distrito Federal	64
Tabela 3.7	Dados sobre as ETES do Distrito Federal no ano de 2002	65
Tabela 4.1	Valores mínimos e máximos das remoções médias anuais de $\text{DBO}_{5,20}$, DQO, SS, NTK e PT das ETES do Distrito Federal – período de 2000 a 2002	75
Tabela 4.2	Valores mínimos e máximos das concentrações médias de $\text{DBO}_{5,20}$, DQO, SS, NTK, PT e CF do efluente tratado das ETES do Distrito Federal, no período de 2000 a 2002	76

Tabela 4.3	Enquadramento das ETEs de Brasília, de acordo com a relação percentual entre as vazões afluentes e efluentes	81
Tabela 4.4	Vazões disponíveis para reúso	81
Tabela 4.5	As alternativas de reúso selecionadas e suas principais características	84
Tabela 4.6	Principais ETEs do Distrito Federal no sistema de coordenadas SICAD.	87
Tabela 4.7	Relação dos critérios desconsiderados pelos decisores	95
Tabela 4.8	Relação dos critérios sugeridos pelos decisores do setor de saúde	99
Tabela 4.9	Relação dos critérios sugeridos pelos decisores dos setores saneamento, professores universitários e Ministério Público Federal	100
Tabela 4.10	Resultado da ponderação dos critérios para diversos grupos de decisores	101
Tabela 4.11	Resultado da avaliação das alternativas para os critérios acesso à água potável e acesso à coleta de esgotos	103
Tabela 4.12	Resultado da avaliação das alternativas para o critério ganho econômico	106
Tabela 4.13	Resultado da avaliação das alternativas para o critério área passível de ser irrigada com água de reúso	107
Tabela 4. 14	Áreas agrícolas irrigáveis totais em cada alternativa	107
Tabela 4. 15	Resultado da avaliação das alternativas para o critério doenças de veiculação hídrica	109
Tabela 4. 16	Resultado da avaliação das alternativas para o critério atratividade agrícola, industrial e na pecuária	110
Tabela 4. 17	Resultado da avaliação das alternativas para cada um dos critérios selecionados para aplicação do Método ELECTRE III	111
Tabela 4.18	Limiares utilizados na aplicação do Método ELECTRE III	114
Tabela 4. 19	Resultados da aplicação do Método ELECTRE III	116

Tabela II.1	Relação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal	142
Tabela II.2	Critérios para avaliação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal	143
Tabela II.3	Forma de avaliação das alternativas sob cada critério	143
Tabela II.4	Critérios para avaliação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal	144
Tabela III.1	Relação dos especialistas convidados.	146
Tabela III.2	Relação dos agricultores que participaram do trabalho.	147
Tabela V.1	Resultado da ponderação dos critérios para todos os decisores.	153
Tabela V.2	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor saúde.	154
Tabela V.3	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor saneamento.	155
Tabela V.4	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor agrícola.	155
Tabela V.5	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor ambiental.	156
Tabela V.6	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do grupo professores universitários	157
Tabela V.7	Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do Ministério Público Federal.	158
Tabela V.8	Relação dos critérios mais pontuados por todos os decisores e os seus pesos.	158
Tabela VI.1	Levantamento de preços de adubos	160
Tabela VI.2	Tipos e quantidades de adubos utilizados nos canteiros ornamentais do Distrito Federal	161
Tabela VI.3	Cálculo da área passível de ser irrigada com água de reúso	162
Tabela VI.4	Quantidade de nutrientes presentes na água de reúso da ETE Brazlândia.	162

Tabela VI.5	Resultado da avaliação do critério ganho econômico da alternativa ETE Brazlândia	162
Tabela VI.6	Simulação de preço da água de reúso - ETE Brazlândia	163
Tabela VI.7	Custo de adubo para irrigação dos canteiros ornamentais	163
Tabela VI.8	Ganho econômico da alternativa ETE Sul para a irrigação dos canteiros ornamentais	164
Tabela VI.9	Cálculo da área agrícola passível de ser irrigada com água de reúso – alternativa ETE Sul	164
Tabela VI.10	Ganho econômico da alternativa ETE Sul para a irrigação agrícola	165
Tabela VI.11	Simulação de preço da água de reúso - alternativa ETE Sul	165
Tabela VI. 12	Doenças de veiculação hídrica no Distrito Federal para o ano 2000 e por Região Administrativa	166
Tabela VI.13	Resultado da avaliação do critério “doenças de veiculação hídrica” para todas as alternativas	167
Tabela VI.14	Resultado da avaliação do item a do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”	167
Tabela VI.15	Resultado da avaliação do item b do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”	168
Tabela VI.16	Resultado da avaliação do item c do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”	168
Tabela VI.17	Resultado da avaliação do item d do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”	169
Tabela VI.18	Resultado da avaliação do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”	169
Tabela VII.1	Matriz de Concordância Global para todos os decisores.	175
Tabela VII.2	Matriz de Credibilidade para todos os decisores.	175
Tabela VII.3	Matriz Classificatória para todos os decisores	176
Tabela VII.4	Matriz de Concordância Global para os decisores do setor saúde.	176
Tabela VII.5	Matriz de Credibilidade para os decisores do setor saúde.	177

Tabela VII.6	Matriz Classificatória para os decisores do setor saúde.	177
Tabela VII.7	Matriz de Concordância Global para os decisores do setor agrícola	178
Tabela VII.8	Matriz de Credibilidade para os decisores do setor agrícola.	178
Tabela VII.9	Matriz Classificatória para os decisores do setor agrícola.	179
Tabela VII.10	Matriz de Concordância Global para os decisores técnicos.	179
Tabela VII.11	Matriz de Credibilidade para os decisores técnicos.	180
Tabela VII.12	Matriz Classificatória para os decisores técnicos.	180

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1	Diagrama para tomada de decisão em análise multicritério	32
Figura 2.2	Relações de preferência estabelecidas a partir de pseudocritérios	34
Figura 2.3	Variação do índice de concordância	40
Figura 2.4	Variação do índice de discordância.	41
Figura 2.5	Ações de referência (b), critérios (i) e categorias (E) no ELECTRE TRI.	43
Figura 3.1	Mapa de localização do Distrito Federal no Brasil.	48
Figura 3.2	Mapa de dezenove Regiões Administrativas do Distrito Federal.	49
Figura 3.3	Evolução do crescimento populacional do Distrito Federal, período de 1957 a 2000; e projeções dos anos 2010, 2020 e 2030	50
Figura 3.4	Mapa de uso e de ocupação do solo do Distrito Federal.	52
Figura 3.5	Mapa de bacias hidrográficas do Distrito Federal	53
Figura 3.6	Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal.	57
Figura 4.1	Fotografias das ETEs do Distrito Federal, relacionadas às seis alternativas de reúso de água	85
Figura 4.2	Representação das áreas e alternativas de reúso de água no Distrito Federal (Mapa de Reúso)	88
Figura 4.3	Representação das alternativas de reúso no Mapa de Bacias Hidrográficas do Distrito Federal	89
Figura 4.4	Representação das alternativas de reúso no Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal	91

1 INTRODUÇÃO

Fatores como o incremento populacional, o não-planejamento do uso do solo e a escassez dos recursos hídricos, tanto qualitativos como quantitativos, vêm contribuindo para a utilização de efluentes tratados como fonte de água. Recursos hídricos naturais são poupados na medida em que são utilizadas fontes de água de qualidade inferior para atendimento das finalidades que podem prescindir da potabilidade.

Em regiões onde há problemas com disposição de esgotos ou com carência de recursos hídricos naturais, os efluentes de sistemas de tratamento têm sido considerados como uma forma de aumentar a oferta de água (LAVRADOR FILHO 1987).

O Brasil, apesar de possuir um grande potencial de água doce, tem áreas onde existe escassez, observada, por exemplo, na região Nordeste, na região metropolitana de São Paulo e no Distrito Federal. O reúso, como um importante instrumento no gerenciamento dos recursos hídricos, já possui regulamentações no Brasil.

A regulamentação da prática do reúso no Brasil ocorreu a partir da publicação da Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 do CNRH - Conselho Nacional de Recursos Hídricos - que estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. De acordo com essa Resolução, o reúso favorece a racionalização e a conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21.

A partir dessa institucionalização, o CNRH irá promover debates com representantes da sociedade de modo a definir diretrizes de qualidade de água de reúso para setores como indústria, agricultura e aquíicultura.

Além do atendimento a padrões ou diretrizes, é importante que a implantação de projetos de reúso de água seja feita dentro de um contexto de planejamento, de modo que não venha a ocorrer de forma desordenada.

Para os órgãos de gestão de meio ambiente, de recursos hídricos e de saúde, esse planejamento deve proporcionar elementos de tomada de decisão à aprovação ou não de projetos de reúso que serão apresentados a essas instituições.

Em geral, o reúso ocorre de forma pontual e não coordenada. Entretanto, na hipótese de se optar pelo reúso como alternativa de planejamento dos recursos hídricos, há necessidade de uma ampla avaliação, tendo em vista que envolve uma grande quantidade de informações e a participação de uma diversidade de atores.

Para esses casos, é necessário promover um planejamento abrangente, de modo a verificar se a área é adequada ao reúso e a que tipos de reúso, bem como definir as estratégias de implantação de projetos específicos.

Durante a etapa de planejamento, é imprescindível a participação de representantes governamentais e da sociedade civil para enriquecer o processo de tomada de decisão, bem como torná-lo mais democrático e efetivo.

Em realidade, a não-inclusão desses atores nessa etapa não significa que não influenciarão o processo decisório. No Distrito Federal, por exemplo, foram relatadas por HARADA (1999) mudanças de configuração e de localização de empreendimentos na área de saneamento, a partir da pressão realizada por moradores das comunidades diretamente afetadas. Com essas mudanças, houve atrasos nos cronogramas das obras e aumento dos seus custos.

Os métodos multicritério de auxílio à decisão, ao explicitar os elementos importantes no processo de tomada de decisão e ao identificar e considerar a participação dos diversos atores, têm sido utilizados com sucesso no planejamento de vários empreendimentos e em atividades nas áreas de meio ambiente e de recursos hídricos. BORKEN (2005) apresenta a utilização de um desses métodos durante os processos de Avaliação Ambiental Estratégia (AAE).

Mais recentemente, os métodos têm sido utilizados no Brasil. Entretanto, na Europa e nos Estados Unidos da América são mais largamente usados como instrumento de tomada de decisão.

O planejamento da atividade de reúso de água envolve conflitos de interesses nas avaliações, causados pela limitação dos recursos naturais, pela multiplicidade de atores e pela existência de objetivos não quantificáveis. Segundo BARBOSA (1997), estas são, também, características que indicam a utilização de métodos multicritério.

Devido à diversidade de tipos de processos de tomada de decisão, foi desenvolvido grande número de métodos multicritério. Para a escolha do método multicritério a ser utilizado neste trabalho, consideram-se aspectos como: grande aplicação nas áreas de meio ambiente e de recursos hídricos; possibilidade de enumerar, de forma hierárquica decrescente, as alternativas mais vantajosas para a implementação do reúso de água, disponibilidade de *software*, utilização de limiares para comparação mais realista entre duas alternativas e possibilidade de participação de vários decisores, incorporando os seus posicionamentos para a tomada de decisão. Considerando esses aspectos, escolheu-se o Método ELECTRE III.

Como estudo de caso para a aplicação do Método ELECTRE III no planejamento do reúso de água, optou-se pelo Distrito Federal.

O Distrito Federal (DF) apresenta-se, *a priori*, como uma região propícia à implementação de programas de reúso, tendo em vista a escassez hídrica aliada à necessidade crescente de atendimento à população com água para consumo e produção agrícola. Possui elevado consumo *per capita* de água e grande volume de efluentes tratados.

A existência de extensas áreas rurais e grande número de canteiros ornamentais sugere verificar a possibilidade do reúso para a irrigação agrícola e paisagística no Distrito Federal.

1.1 Objetivos

1.1.1 Geral

Examinar a pertinência de utilização de abordagem multicritério como ferramenta de planejamento em reúso de água.

1.1.2 Específicos

- Identificar e caracterizar as variáveis relevantes para o planejamento do reúso
- Definir alternativas e critérios para a tomada de decisão no planejamento do reúso
- Aplicar o Método ELECTRE III como referência de uma abordagem multicritério.

1.2 Hipóteses

Na elaboração deste trabalho foram consideradas estas hipóteses:

- O planejamento da atividade de reúso permite sua adequação temporal e espacial e considera aspectos relacionados ao meio ambiente e à saúde da população
- A estruturação desse planejamento pode envolver a participação de diversos atores na definição de alternativas de reúso
- Os métodos multicritério de auxílio à decisão podem ser utilizados na priorização das alternativas, para contribuir na implementação de programas de reúso de água.

1.3 Estrutura da Tese

Organizou-se o desenvolvimento desta investigação nestes capítulos:

O capítulo 1 trata da introdução, dos objetivos, das hipóteses e da estrutura da Tese. O capítulo 2, "Revisão Bibliográfica", aborda questões relacionadas à deterioração dos suprimentos de água e dos mananciais: crise de água; reúso como alternativa para aumento do suprimento de água; métodos multicritério de auxílio à decisão. O 2.º capítulo detalha o Método ELECTRE III, o utilizado neste trabalho.

O capítulo 3 traz a metodologia utilizada, bem como informa sobre o Distrito Federal, a área de estudo. No capítulo 4 são apresentados resultados e discussões. O capítulo 5 trata as conclusões da Tese e recomendações para estudos posteriores.

No capítulo 6 encontram-se as referências empregadas nesta pesquisa.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Deterioração dos Suprimentos de Água e dos Mananciais: A Crise da Água

O volume de água na Terra é de aproximadamente 1,4 bilhão de km³, dos quais apenas 2,5% são doces. Grande parte dessa água está na forma de gelo, neve permanente ou armazenada em aquíferos de águas subterrâneas profundas. As fontes de água doce mais acessíveis ao homem encontram-se nas calhas dos rios e nos lagos e somam cerca de 200.000 km³, equivalentes a 0,01% do total disponível no planeta (PNUMA 2002).

O Brasil apresenta produção hídrica de 168.790 m³/s, cerca de 12% da água doce mundial superficial. Oitenta por cento desses recursos encontram-se nas unidades hidrográficas dos rios Amazonas, São Francisco e Paraná (Rebouças 2002). Apesar da posição de destaque no cenário mundial, o Brasil enfrenta escassez de água em algumas regiões metropolitanas e na região Nordeste.

A abordagem mais utilizada para avaliar a disponibilidade de água é o índice de estresse de água, medido como o volume de recursos hídricos renováveis anuais *per capita* disponíveis para atender às necessidades nos usos domésticos, industriais e agrícolas. Abaixo de 1.700 m³/*per capita*/ano os países iniciam a experiência de estresse hídrico, em que pode haver impedimento do desenvolvimento e efeitos adversos à saúde humana; abaixo de 1.000 m³/*per capita*/ano ocorre escassez crônica de água; 100 m³/*per capita*/ano é o menor nível para usos doméstico e comercial (EPA 2004).

Aproximadamente um terço da população mundial¹ vive em países que sofrem de estresse hídrico, sendo o consumo de água superior a 10% dos recursos

¹ A população mundial atual supera 6,2 bilhões de habitantes, mais do dobro da de 1950. A projeção para 2050 é uma população entre 7,9 e 10,9 bilhões de habitantes (ENGELMAN e col. 2002 citados por BRIGHT 2003).

renováveis de água doce. Para 2020 prevê-se que o uso de água aumentará em 40% e que será necessário um adicional de 17% para a produção de alimentos, a fim de satisfazer o nível da população em crescimento (PNUMA 2002).

Ademais, mais de meio bilhão de habitantes vive em regiões com seca crônica. Para 2025, essas projeções são de 2,4 a 3,4 bilhões de habitantes (ENGELMAN e outros 2002 e HALWEIL 2002 citados por BRIGHT 2003).

No Brasil, Pernambuco, Paraíba e Distrito Federal encontram-se no patamar de estresse hídrico. Possuem disponibilidade hídrica de respectivamente 1.270, 1.394 e 1.555 m³/hab/ano (TUNDISI 2005).

De maneira geral, as medidas adotadas para amenizar o problema de escassez estão relacionadas à busca de fontes de água distantes dos centros consumidores. Essa atitude onera a oferta e incentiva o consumo de água. Além disso, proporciona aumento na quantidade de esgotos gerados, que nem sempre recebem tratamento adequado. Esses esgotos contribuem com a poluição de águas superficiais e subterrâneas e podem provocar doenças na população.

Dia a dia, doenças diarreicas provocam a morte de aproximadamente 5.000 crianças no mundo, embora seja do conhecimento das autoridades que água em quantidade e qualidade suficientes, assim como condições sanitárias adequadas, podem evitar intensamente esse cenário (WHO e UNICEF 2005).

Mais da metade dos principais rios do mundo encontra-se poluída (PNUMA 2002). Muitos recebem contribuição de efluentes industriais e são utilizados no abastecimento humano de água. O tratamento adotado para essas águas, do tipo convencional, muitas vezes não proporciona níveis de segurança adequados. Como resultado, aumenta o risco de doenças crônicas provocadas por concentrações de micropoluentes nas águas de abastecimento.

As Metas da Declaração do Milênio - de acesso à água potável e ao saneamento básico² - prevêem que o investimento necessário de 11,3 bilhões de

² São metas de redução à metade (até 2015) das pessoas sem água potável e sem saneamento básico.

dólares por ano é bem inferior aos benefícios econômicos esperados, que variam de USD 3 a USD 34 por dólar investido (WHO 2004 citado por WHO e UNICEF 2005). O investimento em saneamento, à parte financeiramente rentável em muitas situações, propicia benefícios diretos à qualidade de vida das comunidades.

Afora os rios, as águas subterrâneas, têm sido poluídas e utilizadas além das suas capacidades naturais de recuperação.

A agricultura é responsável por mais de 70% da água doce retirada de lagos, rios e fontes subterrâneas. A gestão inadequada desses recursos resultou na salinização de mais ou menos 20% das terras irrigadas do planeta, afetando anualmente mais de 1,5 milhão de hectares (PNUMA 2002) e reduzindo, de modo significativo, a produção de cultivos. Os países mais gravemente atingidos encontram-se, sobretudo, em regiões áridas e semi-áridas.

O elevado crescimento populacional, a rápida urbanização e o desenvolvimento industrial constituem hoje o maior desafio para atender à demanda crescente de água para uso doméstico. Esses fatores aumentam a poluição, os custos de tratamento de água e os riscos à saúde humana (EPA 2004 e PNUMA 2005).

Em países do Oriente Médio e Norte da África, onde as reservas de água estão/estarão nos níveis de sobrevivência, água de reúso é a única fonte significativa e de baixo custo para a agricultura, indústria e usos urbanos não potáveis (EPA 2004). Reúso é das primeiras opções de novas fontes de água em regiões onde esse recurso é escasso (BLUMENTHAL e col. 2000).

2.2 Reúso de Água

O reúso de água é a utilização de águas residuárias tratadas em diversas atividades. A EPA, *Environmental Protection Agency*, publicou a EPA/625/R-04/108 - *Guidelines for Water Reuse* em setembro de 2004, norma que sugere as categorias de reúso: urbano; industrial; agrícola; ambiental e recreacional; recarga de aquíferos;

aumento do suprimento de água potável (por meio do reúso potável indireto e direto) (EPA 2004).

Diversos eventos marcaram a evolução do reúso de águas, da implantação de sistemas de água e esgotos, passando por grandes marcos na história do esgotamento sanitário, até o uso das águas residuárias (ASANO e LEVINE 1996). Por exemplo: na clássica Atenas, empregar efluentes sanitários na irrigação era prática corrente. No extremo Oriente, os dejetos humanos têm sido utilizados há milênios para o cultivo de peixes e plantas aquáticas (HESPANHOL 1998).

O Estado da Califórnia desenvolveu suas primeiras regulamentações em 1918 (CROOK 1993). Já o primeiro sistema de distribuição de água de reúso foi instalado no Arizona, em 1926, no *Grand Canyon Village*, água utilizada para usos não potáveis, incluindo irrigação paisagística e descarga sanitária (OKUN 1990).

Deve-se considerar água de reúso como elemento importante ao planejamento e ao gerenciamento dos recursos hídricos. Há que se fazer minucioso estudo sobre o processo de tratamento escolhido, objetivos a atingir, fatores sociais, econômicos e principalmente de saúde humana (ESCALERA 1995).

Devido à sua importância na gestão dos recursos hídricos, o reúso de água está destacado nos Capítulos 18, 21 e 30 da Agenda 21. O Capítulo 18 aborda reúso como forma de prevenção e controle da poluição de águas e estimula o uso de efluentes tratados em agricultura, aquíicultura, indústria, etc. O Capítulo 21 apresenta o fortalecimento e a ampliação dos sistemas nacionais de reutilização e reciclagem de resíduos³. O Capítulo 30 estimula o aumento de reutilização e reciclagem de resíduos, abordando o fortalecimento do papel do comércio e da indústria (CNUMAD 2000).

As possibilidades de reúso dependem de características, condições e fatores locais econômicos, sociais e culturais. O uso do esgoto constitui importante elemento nas políticas e nas estratégias de gestão de recursos hídricos (HESPANHOL 2001). Deve ser mensurado, cobrado e regulado (OKUN 1990).

³ Conforme este capítulo da Agenda 21, os resíduos abrangem excrementos humanos.

Simultaneamente, o reúso pode atingir vários objetivos: ajudar na conservação de água de qualidade potável por meio da utilização de efluentes tratados em usos que não requeiram essa qualidade; minimizar possíveis danos ao meio ambiente devido ao lançamento de efluentes domésticos não tratados, evitando poluição de águas superficiais, subterrâneas e no solo; auxiliar o desenvolvimento regional, dada a maior oferta de recursos hídricos - mesmo alternativos, como águas de reúso. Assim se contribui na melhoria da qualidade de vida da população (ESCALERA 1995).

Entretanto, há necessidade de proteção à saúde da população, uso de tecnologia apropriada de tratamento dos efluentes, localização dessas plantas, gerenciamento do efluente gerado e aceitabilidade do público (BAHRI 1999).

2.2.1 Experiências no Brasil e no exterior

Por estar sob estresse hídrico, o Distrito Federal justifica a introdução de práticas de reúso. O fato de existir um período de estiagem prolongado acentua a escassez de água e gera condições de vazões mínimas extremas, sem ocasionar a intermitência dos rios. Na realidade, o reúso de água gera ‘tríplice impacto ambiental positivo’: redução do consumo de água, não-realização do transporte da água do ponto de captação até os consumidores e não-lançamento dos efluentes nos corpos receptores (MÁXIMO e SOUZA 2004).

A Universidade de Brasília (UnB) desenvolve pesquisas sobre reúso de água no Distrito Federal. Para avaliar o potencial do reúso de água em piscicultura, como pós-tratamento de efluentes de lagoas de estabilização em série, FELIZATTO (2000) implantou uma unidade-piloto com dois tanques paralelos. Um foi cultivado com peixes e o outro foi utilizado para controle. Foi explorado o policultivo de tilápias do Nilo (*Oreochromis niloticus*) consorciadas com carpas prateadas (*Hipophthalmichthys molitrix*).

Os peixes produzidos nesses experimentos foram considerados adequados para o consumo humano. Quanto à eficiência de tratamento de efluentes utilizando peixes, foram obtidas remoções de 15% para SST (sólidos suspensos totais) e 12% para Clorofila-a. Não foi observada remoção de matéria orgânica, nutrientes e coliformes.

O trabalho desenvolvido por SANTOS (2000) teve o objetivo de avaliar a qualidade dos efluentes tratados nas estações de tratamento de esgotos (ETEs) do Distrito Federal, visando à utilização futura dessas águas de reúso de forma planejada. Os parâmetros considerados foram pH, DBO_{5,20} (demanda bioquímica de oxigênio medida em 5d a 20⁰C), alcalinidade, sólidos suspensos, alumínio solúvel, amônia e coliforme fecal.

Esses parâmetros foram comparados com padrões e diretrizes utilizados nos Estados Unidos da América e com as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde - OMS⁴. Como resultado dessa análise, constatou-se que a maioria desses efluentes seriam inadequados aos vários tipos de reúso de água para os efluentes tratados das 15 ETEs⁵ estudadas. Entretanto, a qualidade para a sua utilização - no reúso urbano com e sem restrições, no reúso agrícola e no reúso recreacional - poderia ser facilmente conseguida com um tratamento adicional.

SILVA (2004) investigou o reúso de água na irrigação paisagística. A pesquisa objetivou avaliar os efeitos sobre o sistema solo-água-plantas e o potencial do tratamento do próprio sistema. Na irrigação se utilizaram efluentes brutos e com diferentes níveis de tratamento, além da água do lago Paranoá e do sistema público de abastecimento. A forma tradicional de cultivo (irrigação com água e adubação do solo) apresentou a pior condição de contaminação da água subterrânea, dadas as altas concentrações de nitrato. Os resultados mostraram também que as plantas irrigadas com esgoto apresentaram produtividade superior às irrigadas com água de abastecimento e do lago Paranoá.

⁴ Essas diretrizes são apresentadas no item 2.2.6.

⁵ ETEs estudadas: Sobradinho, Brazlândia, Brasília Sul, Brasília Norte, Torto, Buriti, Samambaia, Paranoá, Riacho Fundo, Vila Aeronáutica, Alagado, Planaltina, Recanto das Emas, São Sebastião e Vale do Amanhecer.

Experiências em escala real foram desenvolvidas no Posto e Motel Flamingo (BARBOSA e SOUZA 1999 citado por MÁXIMO e SOUZA 2004) e em Hospital da Rede Sarah construído às margens do lago Paranoá. Neste caso, o efluente gerado e tratado é utilizado diretamente nas áreas interna e externa do hospital, para irrigar áreas verdes e na descarga de vasos sanitários (FELIZZATO 2001).

A primeira tentativa de reúso de água no Distrito Federal ocorreu quando a CAESB projetou e construiu uma ETA – Estação de Tratamento de Água - para captação, tratamento e distribuição de água do lago Paranoá, corpo receptor dos esgotos tratados de duas ETEs, constituindo-se um caso de reúso potável indireto. A população de Paranoá recusou-se a usar essa água, e a ETA teve de ser desativada (MÁXIMO e SOUZA 2004).

No Brasil existe considerável quantidade de projetos de reúso de água sendo implementada, embora o reúso na agricultura (de forma não planejada e às vezes inconsciente) seja realizado em muitas localidades.

Em 1993, a preocupação de algumas indústrias com a escassez de água fez com que quatro fábricas do Pólo Industrial de Cubatão iniciassem um programa de reúso da água para refrigeração de seus processos de fabricação (UEHARO 1997).

A Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) reutiliza esgoto tratado em suas próprias instalações desde a década de 80. Em 1997 iniciou o fornecimento de esgoto tratado para uso industrial. Atualmente, seis prefeituras da Região Metropolitana de São Paulo utilizam água reúso para uso urbano não potável (SABESP 2005).

No Ceará, a Companhia de Água e Esgoto do Ceará (CAGECE) instituiu o Programa de Reúso de Efluentes Tratados, já existindo várias iniciativas de reúso agrícola ou industrial (CAGECE 2003).

Fora do Brasil, o reúso tem sido opção importante para o gerenciamento dos recursos hídricos locais. Países situados no Norte da África e no Oriente Médio consideram os esgotos partes integrantes de seus recursos hídricos (HESPANHOL

2001). Israel foi o país pioneiro em utilizar água de reúso na irrigação, seguido por Tunísia, Chipre e Jordânia (ANGELAKIS e BONToux 2001). Em Israel, mais de 65% dos esgotos são reutilizados na agricultura. Pretende-se chegar a 90% na próxima década (FRIEDLER 2001). Com o reúso foi possível ao país ter água para atender às demandas doméstica, industrial e de irrigação, embora havendo elevado nível de estresse de água (EPA 2004).

Na Palestina não existe projeto de reúso e o sistema de tratamento de esgotos é precário. Entretanto, os efluentes brutos estão, algumas vezes, sendo utilizados na agricultura e na dessedentação de animais (SBEIH 1996).

Na Itália, o interesse pelo reúso começou a crescer durante a década de 80, quando uma importante vazão de efluentes tratados foi disponibilizada e utilizada na agricultura e na indústria. A situação naquele país pode ser assim resumida: no Norte e no Centro, o maior interesse da água de reúso é na indústria; no Sul e nas principais ilhas, o maior interesse da água de reúso é na agricultura, em especial na irrigação de pomares (BONOMO e col. 1999).

Na Espanha, água de reúso para irrigação é de extrema importância em muitas partes do país, devido a sérias secas e à falta de reservas de água (SALGOT e PASCUAL 1996).

A França não utiliza largamente o reúso de água, vez que seus recursos hídricos atendem à maioria de suas necessidades. Em 1994, porém, um decreto estabeleceu as bases para o reúso de água na agricultura. Tipos de irrigação e programas de monitoramento devem ser definidos pelo governo francês (FABY e col. 1999).

Desde 1968 o Japão vem investindo em projetos de reúso, para minimizar sua demanda por água e os problemas de disposição dos efluentes. Cerca de 1% de todo efluente tratado gerado é reutilizado, sobretudo para atender às demandas urbanas não potáveis como: descarga sanitária, uso industrial e aumento das vazões de rios (ASANO e col. 1996).

Na Austrália tem aumentado o número de licenças para reúso. Isso pode

ser atribuído à política do órgão ambiental de proibir o lançamento de esgotos nos corpos hídricos e de aumentar o preço da água (EDEN 1996).

Nos Estados Unidos da América, os estados do Arizona, Califórnia, Colorado, Flórida, Geórgia, Havaí, Massachusetts, Nevada, Nova Jersey, Novo México, Carolina do Norte, Ohio, Oregon, Texas, Utah, Washington e Wyoming incentivam o reúso como estratégia de conservação dos recursos hídricos locais (EPA 2004).

2.2.2 Vantagens e desvantagens do reúso de água

O reúso da água pode gerar impactos ambientais relacionados a uso da terra, vazão do rio, qualidade da água subterrânea, mudanças nas características de vegetação ou ecossistema induzidas pelas alterações no balanço hídrico da área. As alterações no uso da terra estão associadas ao aumento da oferta de água, que também proporciona desenvolvimento de áreas industrial, agrícola e residencial (EPA 2004).

No caso das indústrias, a utilização da água de reúso tem propiciado economia no consumo de água e redução no volume de efluentes lançado nos corpos de água. Essa redução no consumo, à parte proporcionar diminuição dos custos das empresas, contribui na melhoria da qualidade da água dos corpos receptores e dos ecossistemas aquáticos. Com o reúso essas indústrias se habilitam a associar suas imagens às de empresas socialmente responsáveis.

A disponibilidade de água de reúso tem proporcionado também a instalação de indústrias onde a única fonte de água é uma estação de tratamento de esgotos.

A água de reúso contribui com o aumento na produtividade das culturas (BAHRI 1999). Nas áreas áridas possibilita o investimento em agricultura intensiva (FRIEDLER 2001). A geração de empregos nessas áreas é esperada.

Em termos quantitativos, o reúso proporcionou, por exemplo, o crescimento em cerca de 10%, desde 1976, da cidade de St. Petersburg, Estados Unidos, sem qualquer aumento da demanda por água potável (OKUN 1990).

SBEIH (1996) apresenta o caso da Palestina, onde o reúso na agricultura, caso implementado, traria vantagens como: geração de uma área irrigada adicional, criação de empregos, aumento da quantidade de água para uso doméstico e menor custo da produção agrícola pela redução ou eliminação de fertilizantes.

Com o reúso pode haver a geração de impactos secundários, que estariam relacionados com o uso da terra, a vazão do rio e a qualidade da água subterrânea. Esses impactos negativos devem ser compensados, inclusive monetariamente (EPA 2004).

2.2.3 Abordagens técnicas no planejamento de sistemas de reúso de água

A EPA (2004) considera que essas abordagens incluem: identificação e caracterização de ofertas e demandas potenciais para água de reúso; tratamento adequado dessa água para usos pretendidos; armazenamento para adequação às flutuações de demanda; existência de dispositivos necessários à operação (tais como sistemas de distribuição e alternativas de abastecimento); identificação dos impactos potenciais ao meio ambiente; conhecimento, capacidades e habilidades necessárias à operação e à manutenção de sistemas de reúso de água. A conservação dos registros de operação desses sistemas é essencial ao monitoramento do programa. Muitas instalações possuem notificações para condições de emergência.

A composição das águas de reúso deve ser regularmente monitorada para verificar quanto de nutrientes deve ser adicionado para atender às culturas. Além disso, devem-se aplicar barreiras múltiplas para que o reúso possa acontecer de forma segura (BAHRI 1999).

Nos Estados Unidos, o tipo de monitoramento depende de estado para estado, bem como do tipo de reúso. A Flórida exige o monitoramento *on-line* da

turbidez e do cloro residual para o reúso urbano e na agricultura (para produção de alimentos). O limite de SST deve ser alcançado antes do processo de desinfecção. Parâmetros como pH, oxigênio dissolvido (OD), SST, nutrientes e coliformes fecais (CF) são monitorados em uma frequência que considera a capacidade do sistema de reúso (EPA 2004).

Os programas de controle das fontes industriais podem limitar o ingresso de constituintes químicos capazes de afetar adversamente a qualidade do efluente tratado (CROOK 1993). Esse monitoramento já é realizado no Distrito Federal, apesar da contribuição de efluentes industriais no esgoto doméstico ser muito pequena.

O preço da água de reúso varia enormemente. A Tabela 2.1 apresenta essa variação em vários países.

Tabela 2.1 – Variação de preços da água de reúso e potável em diversos países

Países	Preços (USD/m ³)		
	Usos residenciais	Comerciais e outros	Potável
Brasil (a)	-	(0.16 – 0.27) (b)	-
Japão	0.83	2.99	1.08 a 3.99
México	0.30	0.30	1.40
Tunísia	0.01	0.01	-

Fonte: EPA (2004)

(a) dados da SABESP citados por SEMURA (2005); (b) Cotação do dólar médio do ano 2005: R\$ 2,2857 (Fonte: Diário Oficial da União de 5 de janeiro de 2006)

Apesar da qualidade da água de reúso produzida pela SABESP atender a usos irrestritos, de acordo com as regulamentações da EPA (2004), seu preço é inferior àqueles praticados pelo México e Japão. Ressalte-se que os padrões adotados pelo México, por exemplo, são menos restritivos do que as diretrizes da Organização Mundial da Saúde - OMS.

2.2.4 Aspectos de Saúde Pública

Os aspectos relacionados com a saúde pública são apontados como responsáveis por grande parte do sucesso ou fracasso de qualquer programa de reúso (HESPANHOL e PROST 1994).

Se não gerenciada de forma adequada (EPA 2004), a utilização de água de reúso na irrigação e em vários usos urbanos pode resultar em exposição humana a patógenos e a produtos químicos, que têm potencialidade de gerar efeitos adversos à saúde humana e à qualidade do meio ambiente.

Nos sistemas de reutilização de água na agricultura, os quatro grupos humanos expostos são: consumidores, trabalhadores agrícolas e suas famílias, manipuladores de alimento e residentes em zonas vicinais. A proteção desses grupos depende de quatro medidas integradas: tratamento do efluente, técnica de aplicação da água de reúso, seleção dos cultivos e controle da exposição humana (HESPANHOL 1998).

Alguns processos e operações unitárias empregados para tornar efluentes adequados ao reúso, bem como diretrizes para a concepção de sistemas de tratamento, são apresentados por MANCUSO (2003).

Os critérios da Califórnia garantem alto grau de segurança, como almejado pelas autoridades de saúde, que o julgam necessário e apropriado para as condições de estados ou países onde as bactérias e os vírus são considerados os agentes patogênicos mais importantes. Para países em desenvolvimento, onde as infecções parasitárias são endêmicas, as recomendações da OMS são consideravelmente menos restritivas, sendo principalmente dirigidas para a remoção de ovos de helmintos. Essas remoções podem ser conseguidas com lagoas de estabilização (CROOK 1993).

A escassez e a baixa qualidade das águas vêm fazendo com que a avaliação e o gerenciamento dos riscos sejam dois dos principais desafios para o reúso das águas. A avaliação de riscos pode ser entendida como o conjunto de

metodologias que calculam e avaliam a probabilidade de um efeito adverso ser provocado por um agente (químico, físico ou biológico), por um processo industrial ou por uma tecnologia ou processo natural que possa prejudicar a saúde humana ou o ambiente. A definição de efeito adverso é um julgamento de valor, podendo constituir-se de mortes, doenças, diminuição da qualidade de vida, prejuízos econômicos, danos ambientais e outros (NARDOCCI 2003).

A avaliação de risco microbiológico é ferramenta útil para verificar os riscos à saúde associados ao reúso de água. Historicamente, a qualidade microbiológica do efluente e da água de reúso tem sido baseada em organismos indicadores. Essa prática tem provado ser efetiva e provavelmente continuará sendo utilizada (EPA 2004).

Considera-se aceitável 1 (um) caso anual de infecção em cada 10.000 pessoas expostas ao fator de risco. Os helmintos são considerados de mais alto risco, bactérias e protozoários, de médio risco; e os vírus, de baixo risco (BASTOS 2004). No entanto, o que é aceitável é provavelmente a variação de acordo com o nível de infecção endêmica, a importância de outras rotas de transmissão, circunstâncias econômicas e a perspectiva do regulador (BLUMENTHAL e col. 2000).

SHUVAL e col. (1997) quantificaram o risco anual à saúde para um indivíduo, resultante do consumo de salada crua irrigada com esgoto tratado com diferentes níveis de CF. Esses riscos foram comparados com o aceito pela EPA para contaminação microbiológica em água potável, 10^{-4} (risco anual). Por esse estudo conclui-se que o atendimento às diretrizes da OMS propicia um fator de segurança de 1-2 ordens de magnitude superior àquela adotada pela EPA para os padrões microbiológicos para água potável.

BLUMENTHAL e col. (2000) concordam também que não há necessidade de mudar as diretrizes da OMS para irrigação irrestrita. Entretanto, recomendam que, para irrigação restrita, a água de reúso deve conter $\leq 10^5$ de coliformes fecais/100mL, se trabalhadores estiverem expostos à aspersão. Caso a irrigação seja por inundação, ou crianças encontrarem-se expostas, recomendam um limite de $\leq 10^3$ de coliformes fecais/100mL. Para ovos de nematóides esses autores

recomendam que o valor da OMS deve ser reduzido de ≤ 1 ovo/L para $\leq 0,1$ ovo/L, quando houver condições favoráveis à sobrevivência desses ovos e quando crianças encontrarem-se expostas.

A maioria dos padrões, regulamentos e códigos de prática foram fundamentados em critérios microbiológicos. De maneira geral, não se levam em conta inter-relações entre patogênicos e hospedeiros ou evidências epidemiológicas. Devido às barreiras naturais e sociais, tanto pode ocorrer doença como apenas aparecimento de sintomas ou ausência total de transmissão de doença (HESPANHOL 2003).

Agricultores que utilizam água de reúso devem seguir códigos de boas práticas e serem bem informados e treinados, de modo a alcançar alta produção agrícola sem impactos ambientais adversos (BAHRI 1999).

Nos países em desenvolvimento, o uso de estudos epidemiológicos tem sido criticado porque algumas populações têm adquirido imunidade a muitas infecções entéricas (SHELEF 1991 citado por BLUMENTHAL e col. 2000).

2.2.5 Aceitação pelo público

Um dos métodos para se determinar a percepção do público em programas de reúso é a pesquisa, que apontará se programas de reúso poderão ser implementados e se terão sucesso no futuro.

As pesquisas apresentadas pela EPA indicam que, pelo menos intelectualmente, 'o público' é receptivo ao reúso. Os resultados dessas pesquisas permitiram à EPA concluir que a aceitação inicial depende:

- da consciência do público quanto a problemas de abastecimento de água e a percepção de que água de reúso faz parte do esquema geral de abastecimento de água

- do conhecimento da qualidade da água de reúso e como será utilizada
- da confiança no gerenciamento local dos serviços públicos e na aplicação da tecnologia moderna
- da certeza de que o reúso envolve mínimo risco à exposição acidental (EPA 2004).

Em realidade, quando as pessoas percebem que as atuais fontes de abastecimento de água são inadequadas para atender às futuras demandas, tornam-se mais favoráveis à utilização de água de reúso para fins potáveis (BAUMANN 1983).

Na agricultura e aquíicultura, a aceitação pública é influenciada por fatores religiosos e socioculturais (HESPANHOL 2001). Tem evoluído da repugnância à indisposição e da indiferença à predileção (MARA e CAIRNCROSS 1989).

Pesquisas realizadas sugerem que a maneira como as pessoas reagem à possibilidade de usar água de reúso está relacionada, entre outros aspectos, a seu grau de escolaridade, seu conhecimento sobre água de reúso, sua atual fonte de abastecimento de água e sua crença na ciência e na tecnologia (BAUMANN e KASPERSON 1974; BRUVOLD 1979 citados por BAUMANN 1983).

Em geral, quanto maior o grau de escolaridade maior a crença na ciência e na tecnologia, bem como a probabilidade de as pessoas serem receptivas ao reúso de água. Entre as pessoas pesquisadas, os fatores menos importantes foram o sexo e a idade. Os homens aceitam um pouco mais o reúso do que as mulheres. Pessoas com 50 anos ou mais são um pouco mais relutantes em beber água de reúso do que as com menos de 50 anos (BAUMANN 1983).

Nas Américas, África e Europa, por exemplo, existe forte objeção ao uso de excreta como fertilizante, enquanto que em algumas partes da Ásia, sobretudo China, Japão e Indonésia, a prática é efetuada de modo regular e é recomendada economicamente e ambientalmente (HESPANHOL 2001).

De acordo com estudo realizado na Califórnia, por BRUVOLD (1974) citado por BAUMANN (1983), os principais valores que afetam a aceitabilidade do público são meio ambiente e saúde humana. Raramente mencionaram custo.

O processo de informação e de aceitação pública deve ser iniciado na fase de planejamento e concluído depois da implantação do projeto (EPA 2004).

Em realidade, nenhum programa de reúso pode ser implementado sem a aceitação do público. Essa aceitação depende grandemente do uso pretendido, e não do custo (BAUMANN 1983). Para ASANO e col. (1996), essa aceitação está relacionada à qualidade da água e à dependência do suplemento de água.

Qualidade na fonte geradora, tratamento do esgoto e confiabilidade no processo de tratamento são fatores importantes. A água de reúso deve ser clara, sem cor e sem odor, para ser esteticamente aceita. Aspecto a destacar é que água de reúso é produto de mercado. Dessa forma deve-se garantir quantidade e qualidade, para os consumidores ficarem satisfeitos (OKUN 1990).

2.2.6 Aspectos legais, institucionais e normativos

A consideração sobre "gestão de riscos" implica que diretrizes não são produzidas para serem aplicadas sem crítica em outros países. As diretrizes estabelecem determinado risco à saúde, de modo a ser possível fornecer uma referência comum ao estabelecimento de padrões nacionais ou regionais. São baseadas em pesquisa científica e em estudos epidemiológicos e não devem ser confundidas com padrões. Padrões são instrumentos legais estabelecidos por países, pela adaptação das diretrizes às prioridades nacionais e considerando suas condições ambientais, econômicas, culturais, sociais, tecnológicas e condicionantes políticos e institucionais (HESPANHOL 2003).

Existem parâmetros específicos na literatura especializada para os diferentes tipos de água de reúso, o que contribui para uma melhor aceitação social desse recurso hídrico alternativo (HESPANHOL e PROST 1994). No caso do reúso

na irrigação, os regulamentos consideram principalmente a qualidade biológica do efluente, o tipo de cultura a ser irrigada e os grupos de riscos (SALGOT e PASCUAL 1996).

Além da qualidade da água de reúso, devem ser consideradas as concentrações máximas permissíveis no solo para parâmetros orgânicos e inorgânicos. Essas concentrações são apresentadas por CHANG e col. 1996.

A partir de um estudo realizado com um grupo de especialistas, a OMS apresentou, em 1989, as diretrizes para uso de esgotos em agricultura e aquicultura, com base em processo técnico-científico e na evidência epidemiológica disponível (WHO 1989). A Tabela 2.2. apresenta-as.

Antes da institucionalização do reúso no Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) já apresentava reúso como forma de redução do volume de esgoto a ser encaminhado ao sistema de tratamento, com conseqüente redução no seu custo de implantação e de operação e uma forma de utilização do esgoto tratado. Nesse sentido informa sobre os usos previstos para o esgoto tratado, o volume de esgoto a ser reutilizado, o grau de tratamento necessário, o sistema de armazenamento e de distribuição e a importância do manual de operação e do treinamento dos responsáveis por esse reúso (ABNT 1997).

Tabela 2.2 – Diretrizes da Organização Mundial de Saúde para o reúso de água

Categoria	Condições de reúso	Grupos de risco	Nematodos intestinais ⁽¹⁾ Nº ovos/L ⁽²⁾	Coliformes fecais (NMP ⁽³⁾ /100mL) ⁽⁴⁾	Tratamento recomendado para atingir a qualidade microbiológica
A	Irrigação de culturas a serem ingeridas cruas, campos esportivos, parques públicos ⁽⁵⁾	Operários, Consumidores, público	= 1	= 1.000	Lagoas de estabilização em série ou tratamento equivalente.
B	Irrigação de cereais, culturas industriais, forragem, pastos e árvores ⁽⁶⁾	Operários	= 1	–	Retenção em lagoas de estabilização por 8 a 10 dias ou remoção equivalente de helmintos e coliformes fecais.
C	Irrigação localizada de culturas da categoria B, se não ocorrer exposição de trabalhadores e do público	Operários	–	–	Pré-tratamento requerido pela técnica de irrigação aplicada, mas não menos do que tratamento primário.

Fonte: WHO 1989

(1) *Ascaris*, *Trichuris*, *Necator americanus* e *Ancilostomus duodenalis*; (2) Média aritmética durante o período de irrigação; (3) NMP - Número mais provável; (4) Média geométrica durante o período de irrigação; (5) Um valor diretriz mais restritivo (200 coliformes fecais por 100mL) é apropriado para gramados públicos com os quais o público tenha contato direto; (6) No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes de os frutos serem colhidos. Esses não devem ser coletados no chão. Irrigação por sistemas de aspersores não deve ser utilizado.

Nos Estados Unidos não há padrões federais disciplinando o reúso de água; há regulamentações estaduais. A EPA publicou, em 2004, o documento *Guidelines for Water Reuse*, que apresenta as diretrizes para reúso de água e examina as oportunidades de uso de efluentes tratados. Trata-se de uma atualização do documento publicado em 1992. A Tabela 2.3 apresenta essas diretrizes (EPA 2004).

A Diretiva Européia de Esgotos (91/271/EEC) é a única referência, na Comunidade Européia, quanto ao reúso do efluente tratado (ANGELAKIS e BONToux 2001).

A Espanha propôs um conjunto de padrões físico-químicos e microbiológicos que se assemelham aos da Califórnia, quando se trata de reúso para fins irrestritos; e às diretrizes da OMS, quando a exposição humana à água de reúso é restrita (EPA 2004).

A França também adota as diretrizes da OMS para reúso de água na agricultura (BONToux e COURTOIS 1996).

Tabela 2.3 – Diretrizes sugeridas pela EPA para o reúso de água

Tipos de reúso	Qualidade da água de reúso	Distâncias de segurança ⁽¹⁾	Comentários
Urbano	pH = 6 a 9; = 10 mg/L DBO _{5,20} ; = 2 UNT ⁽²⁾ ; CF – não detectável ⁽³⁾ ;	15m de poços para abastecimento de água potável.	(a) Para o reúso urbano, a água de reúso não deve possuir odor e cor.
Agricultura irrestrita	Mínimo de 1 mg/L de cloro (Cl ₂) residual ⁽⁴⁾ .		(b) Para agricultura irrestrita, altos níveis de nutrientes podem causar efeitos adversos durante certas fases de crescimento das plantas.
Irrigação com acesso restrito	pH = 6 a 9; DBO _{5,20} e SST = 30 mg/L; = 200 CF/100mL ^(5,6) ;	- 90m de poços para abastecimento de água potável.	(c) Se a irrigação é feita com o uso de <i>spray</i> , SST < 30 mg/L pode ser necessário;
Agricultura	Alimentos processados comercialmente	- Para reúso na agricultura, 30m de áreas acessíveis ao público (se <i>spray</i> é utilizado).	(d) Para reúso na agricultura, altos níveis de nutrientes podem causar efeitos adversos durante certas fases de crescimento das plantas;
	Não produção de alimentos		(e) Para reúso na agricultura (não produção de alimentos): • animais produtores de leite devem ser proibidos de pastar por 15 dias após o término da irrigação. Um maior nível de desinfecção é requerido se este período de espera não é seguido (= 14 CF/100mL).
Represas utilizadas para lazer (pesca, navegação e contato direto com água de reúso)	pH = 6 a 9; = 10 mg/L DBO _{5,20} ; = 2 UNT ⁽²⁾ ; CF – não detectável ⁽³⁾ ;	150m de poços para abastecimento de água potável, se o fundo do poço, não é selado.	(f) Decloração pode ser necessária para proteger a vida aquática; (g) Água de reúso não pode irritar a pele e deve ser clara e sem odor e não deve conter níveis mensuráveis de patógenos viáveis; (h) Remoção de nutrientes pode ser necessária para evitar crescimento de algas em represas; (i) O consumo de peixe é permitido.
Represas para compor paisagem (não é permitido o contato com a água de reúso)	DBO _{5,20} e SST = 30 mg/L = 200 CF/100mL ^(5,6) Mínimo de 1 mg/L Cl ₂ residual ⁽⁴⁾ (onde não é permitido o contato com a água de reúso).	150m de poços para abastecimento de água potável, se o fundo não é selado.	- Idem f e h; (j) Para reúso ambiental: possibilidade de efeitos no aquífero deve ser avaliada e a temperatura da água de reúso não pode afetar adversamente o ecossistema.
Ambiental (charco, pântano, aumento de vazão de rios, etc)		-	
Potável indireto (aumento do suprimento superficial de água)	Inclui, mas não limita aos seguintes parâmetros: pH = 6,5 – 8,5; = 2 UNT ⁽²⁾ ; CF – não detectável ⁽³⁾ ; Mínimo de 1 mg/L Cl ₂ residual ⁽⁴⁾ ; = 3mg/L COT ⁽⁷⁾ . Alcançar os padrões para água potável.	Depende da localização.	(l) O nível de tratamento é específico do lugar e depende de fatores como: qualidade da água, tempo e distância do ponto de lançamento, diluição e subsequente tratamento antes da sua distribuição para usos potáveis; (m) A água de reúso não deve conter níveis mensuráveis de patógenos viáveis.

Fonte: EPA (2004).

(1) São recomendados para proteger os suprimentos de água potável de contaminação e os seres humanos de riscos desnecessários; (2) Deve ser alcançado antes da desinfecção; (3) O número de CF não deve exceder a 14/100 mL em nenhuma amostra; (4) O total de cloro residual deve ser atingido após um tempo de contato mínimo de 30 minutos; (5) O número de CF não deve exceder a 800/100 mL em nenhuma amostra; (6) Monitoramento deve incluir compostos inorgânicos e orgânicos, ou classes de compostos, que são conhecidos ou suspeitos de serem tóxicos, carcinogênicos, teratogênicos ou mutagênicos e não estão incluídos nos padrões de água potável; (7) Carbono orgânico total – COT.

Na Itália, a regulamentação para reúso de água na irrigação provém do *Water Protection Act*, de 1976. Esses padrões estão apresentados na Tabela 2.4, juntamente com os da Sicília (BONOMO e col. 1999).

Tabela 2.4 - Água de reúso para irrigação: exemplos de diretrizes da Sicília comparadas com os padrões italianos

Parâmetros (a)	Itália	Sicília
pH, unidade	-	6,5-8,5
SST	(b)	30
SDT	-	1000
DBO _{5,20}	-	40
COD	-	160
Cloro residual	-	-
Compostos orgânicos persistentes[µg/L]	Não detectável	-
Coliformes fecais [NMP/100mL]	2 ^(c) -20	3000

Fonte: *Water Protection Act*, de 1976 citado por BONOMO e col. 1999

(a) mg/L, exceto quando indicado; (b) valor médio de 7 dias consecutivos; (c) irrigação irrestrita.

A Tunísia utiliza as diretrizes da OMS (1989) para água de reúso na irrigação de campos de golfe. Na agricultura, o reúso é regulado pela Lei de Água de 1975 e pelo Decreto de 1989. Essa lei proíbe o uso de efluente bruto na agricultura. O decreto admite a irrigação com esgoto proveniente de sistema de tratamento secundário para todos os tipos de cultivo, exceto vegetais a serem consumidos crus ou cozidos (EPA 2004).

Israel, África do Sul, Japão e Austrália consideram as diretrizes da OMS muito brandos para proteger a saúde humana (ANGELAKIS e BONToux 2001). A Tabela 2.5 apresenta as diretrizes para reúso de água no Japão (ASANO e col. 1996).

Tabela 2.5 – Diretrizes japonesas para a qualidade de água de reúso

	Parâmetros	Água de descarga sanitária	Irrigação paisagística	Ambiental
Critérios	Coliforme [NMP/100mL]	= 10	Não detectável	Não detectável
	Cloro residual [mg/L]	Traços	=0,4	-
Diretrizes	Aparência	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável
	Turbidez [UNT]	-	-	= 10
	DBO _{5,20} [mg/L]	-	-	= 10
	Odor	Não desagradável	Não desagradável	Não desagradável
	pH, unidade	5,8-8,6	5,8-8,6	5,8-8,6

Fonte: *Japan Sewage Works Association* 1993 citado por ASANO e col. 1996

Para que se possa utilizar água de reúso na irrigação irrestrita, na Arábia Saudita, é necessário passar por tratamento terciário e atender a parâmetros muito restritivos. A maioria está apresentada na Tabela 2.6 (EPA 2004).

Tabela 2.6 – Padrões requeridos pela Arábia Saudita para irrigação irrestrita

Parâmetros ^(a)	Concentrações máximas
DBO _{5,20} , SST, nitrato	10
Coliformes fecais [NMP/100mL]	2,2
Turbidez [UNT]	1
Alumínio	5
Arsênico, Berílio, Cromo e Chumbo	0,01
Boro	0,5
Cádmio, Molibidênio	0,01
Cloreto	280
Cobre	0,4
Níquel, Selênio	0,02
Óleos e graxas	ausentes
Zinco	4

Fonte: EPA (2004)

(a) mg/L, exceto quando indicado

Alguns países modificaram os critérios microbiológicos e passaram a considerar estudos epidemiológicos e condições econômicas locais. Este foi o caso do México, que introduziu o padrão ovos de nematóides ≤ 5 ovos/L . Para irrigação irrestrita introduziu a média diária de coliformes fecais de $\leq 2.000/100\text{mL}$ e a média mensal de ≤ 1.000 coliformes fecais/100mL (BLUMENTHAL e col. 2000).

Os critérios para qualidade de água de reúso relacionam-se ao uso e aos aspectos estéticos, de proteção à saúde da população, considerações ambientais, percepção da população ou do usuário, realidades políticas (CROOK 1993), interesses econômicos, características socioculturais, práticas higiênicas e desenvolvimento tecnológico (HESPANHOL 2003). Esses critérios variam significativamente quando se comparam países industrializados a países em desenvolvimento, tendo em vista fatores como viabilidade econômica, tecnologia disponível, nível geral da saúde das populações e características políticas e sociais. Fatores que afetam a qualidade da água de reúso incluem fonte geradora, tratamento do esgoto, confiabilidade no processo de tratamento, projeto e operação dos sistemas de distribuição (CROOK 1993).

2.3 Métodos Multicritério de Auxílio à Decisão

O processo de avaliação acontece quando se está na presença de operações que tenham por resultado a produção de um julgamento de valor ou de utilidade (BARBIER 1990 citado CORDEIRO NETTO e BARRAQUÉ 1991). É realizado em três abordagens, envolvendo, em maior ou menor grau, a explicitação de suas etapas. A primeira etapa do processo, denominada ‘operação de avaliação’, diz respeito aos dados de entrada. A segunda é o ‘julgamento de valor (ou de utilidades)’ e a terceira é aquela relacionada às formas de uso do julgamento de valor. Dessa forma, diz-se que a avaliação é implícita se apenas a terceira etapa é explícita, enquanto que a avaliação é considerada espontânea quando são explícitos o julgamento de valor e seus usos. A avaliação é instituída quando todas suas etapas

são explícitas, quais sejam:

- caracterização de uma realidade inicial;
- produção de informações para a avaliação;
- explicação dos objetivos da ação a avaliar;
- constituição de critérios para o processo de avaliação;
- identificação dos papéis dos atores;
- caracterização da realidade que se quer alcançar;
- emissão do julgamento (CORDEIRO NETTO e BARRAQUÉ 1991).

Os métodos de apoio à decisão são métodos de avaliação instituídos. Têm como objetivo facilitar o processo de análise de alternativas. Podem envolver a formulação de um critério único (função-objetivo) ou de vários critérios, para atender ao interesse de vários atores no processo de tomada de decisão.

As metodologias monocritério são aquelas que têm como princípio a utilização de apenas um critério para a tomada de decisão. Nesse sentido, aglutinam-se nesse critério todos os aspectos de interesse, objetivando maximizá-lo ou minimizá-lo. Essas metodologias podem ser subdivididas basicamente em duas classes de modelo: otimização e simulação. Os modelos de otimização utilizam algoritmos matemáticos para identificar os pontos máximos ou mínimos da função-objetivo. Quando o objetivo não é essencialmente econômico, há dificuldade em se definir a função-objetivo, assim como quantificá-la. Para simplificar as operações matemáticas envolvidas procede-se a uma linearização de suas equações de restrição e da função-objetivo. Exemplos desses modelos são a Programação Linear (PL) e a Programação Dinâmica (PD).

Os modelos de simulação são expressões matemáticas estruturadas em seqüência lógica; descrevem a operação do sistema no espaço e no tempo. Apresentam a operação de um sistema em tempo real. São aplicáveis a sistemas

complexos. A solução ótima é encontrada iterativamente a partir de várias simulações (BRAGA e col. 1998). Exemplos da utilização de métodos de otimização e de simulação para o tratamento de águas residuárias são citados por SOUZA e FOSTER (1996). As análises de natureza econômico-financeira podem ser feitas por simulação ou otimização, a depender da possibilidade de se definir (ou não) uma função-objetivo.

A análise custo-benefício tem como critério a eficiência econômica, em que custos e benefícios são estimados. Fornece orientação à tomada de decisão quando há várias alternativas. Avalia o benefício líquido de cada uma em termos econômicos, a partir da enumeração sistemática dos benefícios e dos custos associados a cada alternativa. Uma alternativa é preferível à outra quando propicia benefícios líquidos maiores ou uma relação benefício/custo mais favorável.

Dessa forma, ao analisar o custo-benefício de um projeto, sob o aspecto econômico, o analista não verifica se o empreendedor ficará em melhor situação se realizar uma atividade em detrimento de outra, mas sim se a sociedade ficará em melhor situação com esse projeto.

Devido às variações inerentes ao mercado, a análise custo-benefício é realizada considerando-se que todas as atividades econômicas são realizadas em regime de concorrência perfeita (MISHAN 1975).

A análise custo-efetividade tem como critério a eficácia financeira em que somente os custos são calculados. É um método quantitativo usado para comparar os custos de uma alternativa, a fim de alcançar os mesmos benefícios ou um dado objetivo. É utilizada quando não é necessário ou é impraticável considerar o valor monetário dos benefícios provenientes das alternativas em análise.

Na medicina e na saúde pública emprega-se esse método para avaliar as conseqüências e os custos nas intervenções para melhorar a saúde da população. Todavia, considerando-se a existência de problemas com valores intangíveis do ponto de vista econômico - caso dos problemas ambientais - houve necessidade de utilização de metodologias mais gerais de tomada de decisão que contemplassem

múltiplos objetivos, em detrimento das análises custo-benefício (BRAGA e col. 1998).

Esses métodos, denominados de multicritério, permitem organizar as informações e o papel de cada participante nas diversas etapas do processo de decisão (BARBOSA 1997). Consideram a questão da subjetividade e o reconhecimento da incerteza como inerente ao processo. Permitem incluir aspectos de difícil mensuração por meio de escalas e medidas adequadas às variáveis participantes do processo decisório (JARDIM e LANNA 2003). A Figura 2.1 ilustra a estrutura para a tomada de decisão em análise multicritério ou análise multiobjetivo.

De acordo com GOICOECHEA e col. (1982), na década de 60 surgiu a necessidade de contemplar muitos objetivos na estruturação e na solução de problemas, mas só nos anos 70 surgiu o campo da Pesquisa Operacional denominado Apoio Multicritério à Decisão. Ressalte-se que a Pesquisa Operacional data da década de 50, a partir da experiência adquirida na solução de problemas logístico-militares durante a 2.^a guerra mundial (GOMES e MOREIRA 1998).

O primeiro registro de utilização de métodos multicritério para um problema ambiental é de 1973, quando foi utilizado na seleção de alternativas de manejo de resíduos sólidos nos Estados Unidos (SOUZA e FOSTER 1996).

Os principais elementos para delimitar um problema multiobjetivo e multidecisor são: **alternativas (ou ações)** de solução do problema; **critérios** para medir quanto foi cumprido de cada objetivo; **atores**⁶ envolvidos nesse processo (órgãos de meio ambiente, saúde pública, saneamento, especialistas, organizações não governamentais etc.).

⁶ São grupos de pessoas ou indivíduos que participam do processo decisório.

Figura 2.1 - Diagrama para tomada de decisão em análise multicritério ou análise multiobjetivo. Fonte: GOICOCHEA e col (1982)

Para representar esses conceitos se adotou esta simbologia:

$i = 1, \dots, m, \dots, I.$ onde $I = \text{número de critérios}$

$j = 1, \dots, a, \dots, J.$ onde $J = \text{número de alternativas}$

$k = 1, \dots, x, \dots, K.$ onde $K = \text{número de decisores.}$

A comparação entre alternativas é realizada a partir de seus próprios atributos. Nesse caso usam-se critérios para comparar essas alternativas, e o peso considera a importância que o usuário/decisor atribui ao critério. O peso é um julgamento de valor e está relacionado com o entendimento que o decisor tem de sua realidade.

Com o objetivo de considerar a imprecisão, a incerteza e a indeterminação, além de outras relações de preferência entre ações, utilizam-se, no caso de muitos métodos multicritério, os limiares p_i e q_i (onde $0 = q_i = p_i$), sendo p_i o limiar de preferência e q_i o de indiferença para cada critério i . Quando p_i e q_i são nulos, o critério é chamado de verdadeiro, ou seja, há completa transitividade entre ações. Para p_i e q_i diferentes de zero, o critério passaria a ser denominado de “pseudocritério” (ROY 1985), porque permite outros tipos de relações de preferências entre ações.

Para muitos métodos multicritério, pode ser definido, também, outro tipo de limiar: o de veto v_i , para cada critério i . Esse limiar indica o nível a partir do qual uma ação a é tão melhor que uma ação b sob um determinado critério que, mesmo considerando todos os outros critérios, b nunca poderá ser considerada globalmente melhor que a .

Supondo duas ações a e b , sendo avaliadas sob o critério i_1 de sentido de preferência crescente (*quanto maior melhor*), para o qual se definiram os limiares q_{i1} , p_{i1} e v_{i1} ; supondo que $g_{i1}(a)$ e $g_{i1}(b)$ sejam, respectivamente, as avaliações de a e b sob o critério i_1 , com $g_{i1}(a) > g_{i1}(b)$:

- se $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) = q_{i1}$, diz-se que ‘**a** é **indiferente** em relação a **b**, sob o critério **i₁**’, e representa-se **a I b** (ou seja, o “ganho” entre **a** e **b** não supera o limiar de indiferença);
- se $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) \geq q_{i1}$ (o “ganho” de **a** sobre **b** é maior que o limiar de indiferença), porém: $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) = p_{i1}$ (o “ganho” de **a** não supera o limiar de preferência), diz-se que ‘**a** é **fracamente preferível** em relação a **b**, sob o critério **i₁**’, representa-se **a Q b**;
- se $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) \geq p_{i1}$ (o “ganho” de **a** supera o limiar de preferência), porém: $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) = v_{i1}$ (o “ganho” de **a** não supera o limiar de veto), diz-se que ‘**a** é **fortemente preferível** em relação a **b**, sob o critério **i₁**’, e representa-se **a P b**;
- se $g_{i1}(a) - g_{i1}(b) \geq v_{i1}$, (o “ganho” de **a** supera o limiar de veto), diz-se que ‘**a** é tão melhor do que **b**, que **b** nunca pode ser globalmente melhor do que **a**’, e representa-se **a V b**.

Quando **a Q b**, **a P b** e **a V b**, diz-se que **a > b** (**a** é preferível a **b**). Quando, globalmente, **a > b** ou **a I b**, diz-se que ‘**a** desclassifica **b**’ (representa-se **a S b**). A Figura 2.2 ilustra graficamente essas relações.

Em realidade, o valor de **q** representa o limite da diferença entre os valores de um critério abaixo do qual duas alternativas são consideradas equivalentes. O valor de **v** estabelece o patamar onde duas alternativas não são passíveis de comparação sob o critério. O valor de **p** define o quanto uma alternativa é preferível em relação à outra.

Figura 2.2 - Relações de preferência estabelecidas a partir de pseudocritérios.

Fonte: YU e ROY 1992

Uma primeira avaliação que se empreendeu ao iniciar este trabalho mostrou que seria muito pertinente uma abordagem analítica para a escolha das alternativas de reúso de água no Distrito Federal, à medida que permitiria explicitar os critérios adotados pelos decisores e fazer a avaliação final agregadora das alternativas.

Essa abordagem poderia ser realizada por meio de método multicritério, tendo em vista que esse processo de tomada de decisão envolve questões técnicas e ambientais complexas, com múltiplos atores defendendo interesses e objetivos diversos.

Em realidade, a maior parte das abordagens multicritério exige que os decisores explicitem suas preferências quanto aos critérios e seus níveis de importância. Os métodos multicritério têm a vantagem de possibilitar construir modelos de análise que ordenam alternativas frente a múltiplos critérios tomados conjuntamente e de explicitar o sistema de valor subjacente a cada ordenação.

2.3.1 Os diversos métodos multicritério

Várias são as tipologias desenvolvidas envolvendo a classificação dos métodos multicritério. Na classificação adotada por BARBOSA (1997) considera-se a posição relativa dos papéis do decisor e do analista. Está representada por três grupos:

Grupo I - Técnicas de geração de soluções dominadas, em que estão inseridos os métodos que têm como característica a geração de alternativas previamente à incorporação da estrutura de preferência do decisor. Os Métodos dos Pesos, das Restrições e o Multiobjetivo Linear são exemplos desse Grupo;

Grupo II - Técnicas com articulação de preferências *a priori*. Nesse caso, as alternativas são geradas considerando-se previamente a estrutura de preferência do decisor. Os Métodos ELECTRE, da Função Utilidade, da Programação por Metas, da Matriz de Prioridades e da Programação de Compromisso estão inseridos neste

Grupo;

Grupo III - Técnicas com articulação progressiva das preferências, em que a interação entre analista e decisor ocorre durante todo o processo de tomada de decisão. São exemplos desse Grupo os Métodos da Programação de Compromisso e dos Passos.

A classificação de VINCKE (1992) considera as relações de preferência entre as diversas alternativas para solução de um problema. Essa classificação abrange três grandes famílias de métodos: aditivos, de desclassificação e interativos.

Esquemáticamente, os métodos aditivos consideram a agregação de diferentes critérios em uma única função a ser otimizada, tendo como regra fundamental a transitividade das preferências (se **a** é melhor que **b** e se **b** é melhor que **e**, logo **a** é melhor que **e**). A segunda família considera outros tipos de relações de preferência entre alternativas (como preferências fraca e forte, não-comparabilidade e indiferença), estabelecendo hierarquia entre ações sob os diferentes critérios adotados. Os métodos interativos são a mais recente família e se caracterizam por não considerar a definição prévia do sistema de preferência do decisor, sendo o mesmo revelado a partir de processos interativos entre decisor e analista.

Ao se examinarem as classificações adotadas por VINCKE (1992) e BARBOSA (1997), verifica-se que adotam diversos enfoques, resultando diferentes tipologias de classificação. Observa-se, no entanto, certa correspondência entre os métodos de desclassificação e os métodos interativos da classificação de VINCKE (1992) - respectivamente com os métodos pertencentes aos dos Grupos II e III da classificação de BARBOSA (1997).

Vários métodos poderiam ser testados para servir de base à avaliação das melhores alternativas de reúso de água, de modo a ser possível identificar a melhor estratégia para planejar essa atividade no Distrito Federal.

Em muitos trabalhos elaborados se promoveu a comparação entre métodos multicritério: GOBETTI (1993), CORDEIRO NETTO e col. (1993) são

exemplos. Autores em geral concluem que no âmbito do mesmo grupo de métodos multicritério não costumam ser significativas as diferenças obtidas na aplicação e no resultado dos diferentes métodos. De fato, a escolha do método multicritério é fator menos importante. Decisivo é escolher os critérios e toda a estrutura de preferências estabelecida (HARADA 1999). Escolher o método multicritério depende do problema a ser analisado, da familiaridade do analista por determinado método e da existência dos recursos necessários à sua execução (GENERINO e CORDEIRO NETTO 1997).

Problemas envolvendo tanto aspectos numéricos como subjetivos mostraram-se melhor ajustados com o uso dos métodos da família ELECTRE (HARADA 1999). Desse modo, para desenvolver este trabalho, após levantamento bibliográfico do assunto e avaliação dos diferentes métodos da família ELECTRE optou-se pelo ELECTRE III. Essa opção considerou aspectos como: a) a facilidade em incorporar tanto informações qualitativas quanto quantitativas em seus critérios, b) a possibilidade de tratar a questão, considerando-se diferentes decisores, c) o fato de o método ter como resposta uma hierarquia de alternativas e não uma única “melhor decisão”, d) a explicitação da incerteza associada à avaliação, uma vez que não há um ordenamento compulsório das alternativas (pode haver empates e não-comparabilidades).

A utilização do Método ELECTRE III nesta pesquisa se dará a partir da agregação de diferentes critérios de avaliação, com vistas a se obter uma avaliação global de uma alternativa de reúso de água no Distrito Federal, comparada a um conjunto de outras alternativas.

A apresentação dos resultados de forma hierárquica é importante quando se quer determinar uma estratégia de planejamento de uma atividade, onde, possivelmente, não se disporá de recursos financeiros necessários para a sua completa implementação, em um mesmo horizonte de tempo. Selecionar-se-ia, assim, para um estudo de viabilidade mais aprofundado aquela (ou aquelas) alternativa(s) que se mostrasse(m) mais bem avaliada(s).

2.3.2 A Família ELECTRE

Os métodos ELECTRE⁷ foram originalmente desenvolvidos por ROY (1985) para incorporar à tomada de decisões uma natureza *fuzzy* (incerteza e imprecisão). Pertencem à família dos métodos de desclassificação, de acordo com tipologia de VINCKE (1992).

O Método ELECTRE I, como detalhado em MAYSTRE e col. (1994), sintetiza as relações de preferência para cada alternativa, produzindo uma relação de desclassificação entre alternativas. Define dois tipos de gráficos: o de preferência forte e o de preferência fraca. Para se elaborar o primeiro gráfico são selecionados altos valores de **c** (índice de concordância)⁸ e baixos valores de **d** (índice de discordância)⁹. Para o segundo gráfico utiliza-se o procedimento inverso (DUCKSTEIN e BOGARDI 1988).

O Método ELECTRE II pode ser considerado extensão do ELECTRE I, vez que utiliza os dois gráficos obtidos no ELECTRE I para realizar uma ordenação completa das alternativas. Nesse caso se observam o teste de concordância (medida de concordância) e o teste de não-concordância (medida de discordância). Entretanto, diferentemente do método ELECTRE I, o decisor define duas relações de desclassificação extremas: de forte e de fraca afinidades, utilizadas na construção de dois gráficos necessários à obtenção da classificação das alternativas (GOICOECHEA e col. 1982).

O gráfico de forte preferência é sempre um subgráfico do de fraca preferência, mas a distinção entre uma e outra deve ser feita para assegurar a completa classificação das alternativas (FRICKE e col. 1989), objeto do método

⁷ ELECTRE - *Elimination and (et) Choice Translating Reality* (Tradução da Realidade por Eliminação e Escolha)

⁸ O índice de concordância de quaisquer das ações **a** e **b** é a ponderação do número de critérios para os quais a ação **a** é preferível ou indiferente à ação **b** (DUCKSTEIN e BOGARDI 1988). Os pesos utilizados para ponderar os diferentes critérios, relacionados ao processo de decisão, expressam a estrutura de preferência do decisor.

⁹ Para definir o índice de discordância, compara-se o nível de desconforto para ir de um nível a outro de um critério, com o desconforto de ir de um nível a um outro, considerando-se um outro critério. Essas comparações são realizadas num intervalo de uma escala (comum para todos os critérios) previamente definida pelo decisor.

ELECTRE II.

O uso dos métodos multicritério ELECTRE I e II em modelo de planejamento multiobjetivo para a região metropolitana de São Paulo é apresentado por BRAGA e col. (1998). Exemplos da utilização do método ELECTRE I na seleção de processos de tratamento de esgotos são citados por SOUZA e FOSTER (1996).

O Método ELECTRE III (ROY 1985) baseia-se em comparações entre alternativas para eliminar as menos vantajosas e indicar as mais preferidas conforme a maioria dos critérios, sem produzir níveis inaceitáveis de descontentamento em algum critério julgado importante.

É uma técnica de auxílio multicritério à decisão, de caráter quantitativo, que classifica, de forma hierarquizada e em ordem decrescente de preferência, as diversas alternativas para solução de um problema com um decisor. Quando há mais de um decisor, o método ELECTRE III pode ser utilizado, desde que se adotem hipóteses referentes ao peso de cada um dos decisores ou à existência de critério ou função de compromisso (CORDEIRO NETTO e col. 1993). Permite mais de uma alternativa num mesmo patamar de ordem, tendo em vista a característica da indiferença (VINCKE 1992). Esse método utiliza tanto dados qualitativos quanto quantitativos e em diferentes escalas.

O ELECTRE III considera que quando o decisor necessita comparar duas ações pode reagir por uma destas formas: preferência por uma, indiferença entre elas, recusa ou incapacidade de compará-las. Essas relações são traduzidas por situações de preferência, indiferença e incomparabilidade (VINKE 1992). São definidos assim, neste método, os limiares **p**, **q** e **v**, como já discutido. Ele requer mais parâmetros para gerar a ordenação dos tópicos. Para cada critério se define um peso e um sentido de preferência: crescente (quanto maior o valor, melhor a avaliação do critério) ou decrescente (quanto menor o valor, melhor a avaliação do critério).

A escala de definição dos pesos não é importante no Método ELECTRE III, pois esses valores são convertidos em seus equivalentes percentuais

(referenciados ao somatório total dos pesos) (PIRES e col. 2003).

O início do processo de comparação utilizado por esse método dar-se-á a partir de cada par de alternativas (**a**,**b**), de modo a verificar-se um nível de credibilidade da afirmação: **a** é tão bom quanto **b** (DUCKSTEIN e col. 1994). Dessa forma calcula-se o índice de concordância $ci_m(a, b)$ entre alternativas, para se construir uma matriz para cada critério i_m (CORDEIRO NETTO e col. 1993). Esse índice é obtido a partir das relações seguintes, ilustradas na Figura 2.3.

$$ci_m(a, b) = 0 \quad \text{se } i_m(a) + p(i_m(a)) = i_m(b)$$

$$ci_m(a, b) = 1 \quad \text{se } i_m(a) + q(i_m(a)) \leq i_m(b)$$

Se $i_m(a) + q(i_m(a)) < i_m(b) < i_m(a) + p(i_m(a)) \Rightarrow ci_m(a, b)$ é linear.

Um índice global de concordância para cada par de ações (**a**, **b**) é calculado a partir de uma média dos índices de concordância para cada critério, ponderada pelos pesos dos critérios. O resultado dessa fase é uma Matriz de Concordância Global, que considera comparações entre alternativas (duas a duas) e pesos dos critérios atribuídos pelos agentes decisores.

Figura 2.3. – Variação do índice de concordância. Fonte: SKALKA e col. 1992

Para traduzir em que medida o critério i_m refuta a asserção ‘a é tão bom quanto b’, foi definido o índice de discordância $di_m(a,b)$. A Figura 2.4 apresenta a variação desse índice, expresso pelas relações abaixo:

$$di_m(a,b) = 0 \quad \text{se } i_m(a) + p(i_m(a)) \leq i_m(b)$$

$$di_m(a,b) = 1 \quad \text{se } i_m(a) + v(i_m(a)) = i_m(b)$$

Se $i_m(a) + p(i_m(a)) < i_m(b) < i_m(a) + v(i_m(a))$ P $di_m(a, b)$ é linear

O resultado desta fase é a Matriz de Discordância para cada critério em questão. Levam em conta apenas comparações entre alternativas (duas a duas).

Figura 2.4 – Variação do índice de discordância. Fonte: SKALKA e col 1992

Os índices de concordância e de discordância combinam-se para definir o índice de credibilidade, de acordo com procedimento detalhado em CORDEIRO NETTO e col. (1993). O índice de credibilidade é o próprio índice de concordância $c_{im}(a,b)$, quando nenhum dos índices de discordância $d_{im}(a,b)$ para cada critério é maior que $c_{im}(a,b)$. Quando isso acontece, o índice de credibilidade será progressivamente diminuído, quanto maior o número de critérios em que ocorrerem discordâncias.

A etapa final do Método ELECTRE III é a produção de uma hierarquização de alternativas a partir da Matriz de Credibilidade. Nessa etapa, o

Método ELECTRE III utiliza os procedimentos de destilação ascendente e descendente na qualificação das alternativas, como discutido em MAYSTRE e col. (1994).

De acordo com BORKEN (2005), um só critério de escolha, seja a maximização de vantagens ou a minimização de desvantagens, é suficiente para decidir entre dois casos em uma análise multicritério. Uma alternativa será preferível a uma outra se e apenas se:

- existem argumentos suficientes em favor da primeira alternativa em relação à segunda;
- não existem oposições significativas ou veto contra a primeira alternativa, relativamente à segunda.

O método ELECTRE IV é considerado de estrutura mais simples que os anteriores. Diferentemente do ELECTRE III, não utiliza pesos para os critérios e assume que a estrutura de preferência não deve ser baseada no maior ou menor nível de importância do critério. Neste não existe uma base atribuída a cada critério, nem noções de concordância e de discordância. Utiliza, como o ELECTRE III, os pseudocritérios, ou seja, critérios associados a um limiar de preferência estrita e um limiar de indiferença (MAYSTRE e col. 1994).

O método ELECTRE TRI (ROY 1985; YU e ROY 1992) classifica as alternativas para solucionar um problema, por meio da comparação de cada ação potencial com uma referência estável (padrão/ações de referência). Em realidade, as ações de referência são ações fictícias, definidas para delimitar as diversas categorias. No caso, cada categoria está limitada inferior e superiormente por duas ações de referência e cada uma dessas ações serve de limite a duas categorias, uma superior e outra inferior (YU e ROY 1992 e MAYSTRE e col. 1994).

A Figura 2.5 ilustra graficamente esses processos. Conhecidas as ações de referência $b_0, b_1, b_2, \dots, b_h$ e os critérios $i_1, i_2, \dots, i_h$, definem-se as categorias $E_1, E_2, \dots, E_m$. Para um dado critério i_m , a ação a seria alocada em uma determinada categoria em função de sua avaliação $g_{im}(a)$. Na figura em questão, por exemplo, a

ação a sob o critério i_2 aloca-se à categoria E_2 em função de sua avaliação $g_{i2}(a)$.

Figura 2.5 - Ações de referência (b), critérios (i) e categorias (E) no ELECTRE TRI. Fonte: YU e ROY (1992)

2.3.3 Aplicações do Método ELECTRE III nas áreas de recursos hídricos e de meio ambiente

O Método ELECTRE III, ao incorporar a imprecisão e a incerteza inerentes ao processo de tomada de decisão, tem larga utilização nas áreas ambiental e de recursos hídricos. Nestas áreas, os processos de decisão caracterizam-se por utilizar variada gama de critérios e de decisores. Os critérios muitas vezes se relacionam a problemas com valores economicamente intangíveis. Logo, nem sempre são associados às questões custo-benefício e custo-efetividade. Os decisores pertencem às mais variadas áreas da sociedade como: governo, sociedade civil, setor empresarial e universidades.

As regulamentações das áreas de meio ambiente e de recursos hídricos incentivam a participação da sociedade no processo de tomada de decisão de empreendimentos e atividades. Dessa forma, torna-se imperativa a inserção desses atores nesse processo.

SOUZA e col. (2001) acreditam que técnicas de auxílio à decisão podem ser utilizadas com sucesso no planejamento ambiental, que envolve aspectos relacionados a diversos níveis de incerteza e às dificuldades em identificar decisores e estruturar alternativas. Estas apresentam, muitas vezes, uma combinação de ações com vários horizontes de planejamento. Essa variada gama de aspectos pode ser incorporada, por exemplo, no Método ELECTRE III.

O Método ELECTRE III pode contribuir na Avaliação Ambiental Estratégica (AAE) - que é um tipo de planejamento - e pode ser utilizado quando existirem dados qualitativos e quantitativos e em diversas unidades. O método também hierarquiza as alternativas para uma análise quantitativa posterior (BORKEN 2005). O autor utilizou este método para verificar o desempenho ambiental de alternativas de transporte na Europa. Ele propõe essa abordagem como primeira hierarquização de alternativas, no contexto da Avaliação Ambiental Estratégica. A partir da primeira hierarquização se identificam opções e abordagens merecedoras de investigações detalhadas.

KANGAS e col. (2001) utilizaram o Método ELECTRE III no processo de tomada de decisão para o gerenciamento de recursos naturais, baseado em um processo real de planejamento estratégico de recursos naturais na Finlândia. A simulação de um processo decisório de escolha de um sítio para se construir uma barragem na França utilizou o ELECTRE III (CORDEIRO NETTO e col. 1993). HARADA (1999), SOUZA e col. (2001) e PIRES e col. (2003) realizaram trabalhos na área de saneamento ambiental com o uso do Método ELECTRE III. GENERINO e CORDEIRO NETTO (1997) e GENERINO (1999) utilizaram o ELECTRE III na avaliação de auditorias ambientais em estações de tratamento de efluentes do Distrito Federal.

2.3.4 Uso de métodos de auxílio à decisão em reúso de água

A maioria dos potenciais programas de reúso envolvem escolhas entre sistemas com diferentes impactos econômicos e ambientais de vários níveis de

importância para muitos segmentos. É necessário então definir o porquê da escolha de um determinado programa de reúso. As informações utilizadas no processo servirão de base para o programa de informação do público. Sem essa etapa, os programas de reúso não serão capazes de resistir a um exame minucioso do público, e a probabilidade de fracasso aumentará. Somente após se estabelecer o porquê, as variáveis *quem* e *como* poderão ser verdadeiramente determinadas (EPA 2004).

Os métodos de auxílio à decisão facilitam o processo de escolha de alternativas e foram utilizados por AHMED e col. (2002) e SIPALA e col. (2000) em casos de reúso de água. AHMED e col. (2002) desenvolveram, no Egito, um sistema inteligente de apoio à decisão quanto à escolha do melhor esquema para tratamento e reúso da água de drenagem agrícola. A abordagem foi aplicada em dois estudos de casos; os resultados indicaram que a metodologia pode ser utilizada como ferramenta de suporte à decisão para planejamentos integrados e numa maior área geográfica.

SIPALA e col. (2000) desenvolveram um sistema de suporte à decisão que interage com o usuário para se avaliarem alternativas de tratamento de efluentes e opções de reúso. O sistema facilita obter as informações necessárias a um estudo de exequibilidade, a partir da alternativa de reúso escolhida. Contém estas informações: leis e diretrizes internacionais que regulamentam o reúso; qualidade da água de reúso para cada alternativa; tecnologia necessária para se obter a qualidade requerida para a água de reúso; custos (inclusive de manutenção e de operação). Avaliações suplementares, entretanto, devem ser realizadas a partir de considerações locais como disponibilidade de recursos hídricos e taxas a pagar.

Para a localização dos consumidores de água de reúso, ZANETTI e col. (2000) traçaram um raio de 6 km em um mapa de uso do solo. O raio tinha como centro a estação de tratamento de esgoto *Po Sangone*, ao Norte da Itália, sem haver justificativas dos autores quanto à escolha desse raio.

Crítérios para análise de projetos de reúso na agricultura foram sistematizados em uma matriz por BIAWAS (1988) citado por HESPANHOL (2002 e 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 Introdução: Tipo de Estudo e Etapas

Este estudo é analítico-descritivo. Suas etapas de desenvolvimento são:

- levantamento bibliográfico
- caracterização da área de estudo
- definição das alternativas e critérios de reúso
- aplicação do Método ELECTRE III
- apresentação e discussão dos resultados
- avaliação do trabalho desenvolvido

O levantamento bibliográfico, essencial à delimitação do problema e ao desenvolvimento da fundamentação teórica, compreendeu assuntos relacionados à crise da água, ao reúso e a métodos multicritério de auxílio à decisão. Foi apresentado no Capítulo 2.

A caracterização da área de estudo encontra-se no item 3.2 e abrangeu os temas: condicionantes físicos, bióticos e populacionais; consumo de água, geração e tratamento de esgotos; e informações do Plano Diretor de Água e Esgotos do DF (PDL-2000).

Análise de relatórios de monitoramento (período 2000 a 2002), identificação das vazões de reúso, levantamento das características físico-químicas e coliformes fecais dos efluentes tratados e visitas técnicas às ETES constituíram as etapas para caracterizar as ETES do Distrito Federal. O resultado dessa etapa encontra-se no capítulo seguinte.

Durante as visitas técnicas se utilizou o formulário (Anexo I). Além dos dados pessoais do entrevistado, solicitavam-se estas informações:

- principais problemas operacionais
- existência de dispositivo de medição de vazão:
 - entrada do efluente e n.º de medições/d:
 - saída do efluente e n.º de medições/d:
- vazão do efluente tratado (quando foi determinada e valores encontrados)
- existência (ou não) de contribuição de efluente industrial
- local onde se realizam análises físico-químicas e de coliformes fecais, para se monitorar as ETEs
- existência (ou não) da prática do reúso do efluente no interior da ETE (em caso positivo, informar os locais de utilização)
- uso do solo nas imediações da ETE

Para definição das áreas potencialmente mais adequadas à utilização da água de reúso foram sobrepostos os mapas de Uso e Ocupação do Solo (CAESB e MEL 2004) e de Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal (CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998a). Devido à especificidade deste assunto, esta etapa foi realizada com apoio de uma especialista em geoprocessamento de imagens. O item 3.3 traz detalhes da etapa.

No trabalho com o ELECTRE III considerou-se a participação de possíveis decisores representantes de instituições e entidades que poderiam inserir-se num caso real de tomada de decisão quanto ao reúso de água no DF. Fez-se a aplicação do método ELECTRE III com apoio de especialista. A autora deste trabalho forneceu os dados de entrada do método.

Encontra-se no item 3.4 um detalhamento da metodologia utilizada para uso do Método ELECTRE III.

3.2 Caracterização da Área de Estudo

O Distrito Federal (DF) localiza-se numa das regiões mais elevadas do Centro-Oeste brasileiro, o Planalto Central, que tem topografia suave e altitude máxima de 1.400m. Sua área de 5.789,16 km² equivale a 0,06% do território nacional. Ao Norte e ao Sul é limitado por linhas retas com o Estado de Goiás. A Oeste limita-se com vários municípios de Goiás; a Leste com Unai, do Estado de Minas Gerais, e com Formosa, de Goiás (SEDUH 2000). A Figura 3.1 apresenta sua localização no território brasileiro. A estrutura político-administrativa do DF compreende vinte e oito Regiões Administrativas (RAs). As RAs mais importantes estão na Figura 3.2.

Figura 3.1 - Mapa de localização do Distrito Federal no Brasil. Fonte: CODEPLAN (1991)

O Distrito Federal apresenta distintas fases na sua evolução demográfica, particularmente quanto ao ritmo de crescimento da população. Com as obras de construção de Brasília iniciou-se intenso fluxo migratório, devido à nova frente de trabalho. Entre 1957 e 1960 registraram-se taxas anuais de crescimento em torno de 120%. Passaram a declinar nos anos subseqüentes (CAESB e MEL, 2004).

Figura 3.2 – Mapa de dezenove Regiões Administrativas do Distrito Federal. Fonte: CODEPLAN 1991

A Figura 3.3 mostra a evolução do crescimento populacional do Distrito Federal (1957 a 2000) e projeções para os anos de 2010, 2020 e 2030.

Figura 3.3 - Evolução do crescimento populacional do Distrito Federal, período de 1957 a 2000; e projeções dos anos 2010, 2020 e 2030. Fontes: Para o período de 1957 a 1991 (dados do IBGE citados por CAESB e MEL 2004). Para o ano 2000 (SEDUH 2002) e para as projeções de 2010, 2020 e 2030 (CAESB e MEL 2004).

Segundo dados do SEDUH (2002), a população residente no DF, em 2000, era de 2.051.146 habitantes, apresentando crescimento de 3,01% ao ano para o período de 1996 a 2000. Neste período, as RAs Riacho Fundo e Recanto das Emas tiveram taxas de crescimento populacional anuais muito elevadas, que foram, respectivamente, de 17,98% e de 15,92% ano.

Ressalta-se que a taxa de crescimento populacional no Brasil, na década de 90, foi de 1,63% e com indicação de queda para as décadas seguintes (IBGE 2003). Esse crescimento é ainda elevado. Nos países industrializados, por exemplo, o crescimento populacional nessa década foi de apenas 0,3% ao ano (SALOMON e col. 1993).

Desta forma, observa-se que a taxa de crescimento populacional no DF, apesar de ter declinado desde a sua fundação, ainda é elevada.

O Distrito Federal insere-se integralmente no bioma Cerrado e possui

várias unidades de conservação. A criação das primeiras unidades data da inauguração de Brasília. Em 1960 foi instituído o Parque Nacional de Brasília, a fim de proteger os mananciais de abastecimento do Plano Piloto (CAESB e MEL 2004). Brasília possui cerca de 4 milhões de árvores, 50 milhões de m² de gramados e 168 mil m² de áreas ajardinadas, distribuídas em 884 canteiros ornamentais (ALENCAR¹⁰ 2004).

Os serviços de implantação, manutenção e conservação dessas áreas são realizados pela Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil – NOVACAP, uma sociedade de economia mista subordinada à Secretaria de Infra-Estrutura e Obras do Governo do Distrito Federal, que dispõe de tecnologia própria e frota de máquinas, veículos e equipamentos necessários para executar suas atribuições.

O mapa constante da Figura 3.4 apresenta os atuais usos e ocupações do solo do DF: agricultura (e áreas com pivô central), reflorestamento, pecuária, espaço urbano consolidado, loteamento irregular, indústrias/abatedouros, campo (limpo/sujo/úmido), cerrado (sentido restrito), mata galeria, floresta (cerradão/mata mesofítica) e lagos/lagoas/reservatórios. A escala de mapeamento é de 1:50.000. Como pode se observar, a agricultura tem uma importância significativa no DF. Além disso, com o crescimento da população, encontra-se em forte expansão.

Do total da população do DF, 1.961.499 hab encontravam-se em área urbana (95,63%) e 89.647, em área rural (4,37%). As áreas urbana e rural ocupam, respectivamente, 4,41% e 95,59% do território. As áreas rurais mais extensas estão situadas em Planaltina, Paranoá, Sobradinho e Brazlândia (SEDUH 2000).

Em termos de bacia hidrográfica, a que concentra a maior atividade agrícola é a do Rio Preto. A Figura 3.5 apresenta o mapa de bacias hidrográficas do Distrito Federal. A atividade industrial não é significativa, sendo a maioria de suas indústrias de extração mineral, de produtos alimentícios e de bebidas (SEDUH 2000).

¹⁰ Alencar FAC. Irrigação de Gramados e Jardins no Distrito Federal. Comunicação Pessoal. Brasília, 2004 Out.

Figura 3.4 – Mapa de uso e de ocupação do solo do Distrito Federal. Fonte: CAESB e MEL (2004)

Figura 3.5 – Mapa de bacias hidrográficas do Distrito Federal. Fonte: CAMPOS e FREITAS-SILVA (1998a).

De acordo com a classificação de Köppen, o clima do Distrito Federal é tropical e as precipitações pluviométricas concentram-se no verão. O período mais chuvoso está entre novembro e janeiro, enquanto o período seco ocorre no inverno, especialmente nos meses de junho a agosto. De 1990 a 1999, registraram-se as temperaturas mínimas e máximas absolutas de 7°C e 33,7°C (SEDUH 2000).

A precipitação pluviométrica média da região é de 1.443mm e a evaporação potencial média anual é de 1.768mm (CAESB e MEL 2004). As normais de umidade relativa do ar, para a Estação Brasília, oscilam entre 50% a 80%, aproximadamente.

O sistema hidrológico é caracterizado por cursos d'água que apresentam características típicas de drenagem de área de planalto, onde são frequentes os desníveis e os vales encaixados (CAESB e MEL 2004).

A rede de drenagem é predominantemente constituída por cursos d'água perenes, de pequena vazão, distribuídos em sete bacias hidrográficas: São Bartolomeu, lago Paranoá, Descoberto, Maranhão, Preto, Corumbá e São Marcos. Esses rios constituem sub-bacias de três grandes sistemas hidrográficos brasileiros, conforme a Tabela 3.1.

Tabela 3.1 - Regiões e bacias hidrográficas no Distrito Federal

Região hidrográfica	Bacias
Paraná	rio Bartolomeu, lago Paranoá, rio Descoberto, rio Corumbá, rio São Marcos
São Francisco	rio Preto
Tocantins	rio Maranhão

Fonte: Companhia do Desenvolvimento do Planalto Central – CODEPLAN – Diretoria Técnica, citado por SEDUH(2000).

As bacias do rio São Bartolomeu, do rio Preto, do rio Descoberto e do rio Maranhão drenam cerca de 95% do território. Dessas, a do São Bartolomeu é a maior, com aproximadamente 50% da área total, equivalente a 2.864,05 km². A bacia

do rio Preto ocupa 23% da área total e drena 1.343,75 km²; a do Descoberto, com 14% da área total, drena 825,0 km²; a do rio Maranhão, com 13% da área, drena 750,0 km² (CODEPLAN 1999 citada por CAESB e MEL 2004).

A disponibilidade anual de água no Distrito Federal é de 1.555 m³/hab (TUNDISI 2005), encontrando-se no patamar de estresse hídrico periódico e regular. O gerenciamento dos recursos hídricos do Distrito Federal é tratado na Lei nº 2.725, de 13.06.2001, que instituiu a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal e criou o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal. A Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos – SEMARH é o órgão responsável pela formulação dessa política. Sua implementação é de competência da Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal – ADASA, criada pela Lei nº 3.365, de 16.06.2004.

Os problemas ambientais mais evidentes no Distrito Federal são:

- contaminação das águas provocadas por lançamento de esgotos domésticos sem tratamento¹¹, agrotóxicos usados de modo inadequado e efluentes de origem animal (suinocultura)
- erosão e assoreamento devido a descontrolado desmatamento, inclusive em áreas de preservação permanente, matas de galeria, veredas e nascentes (SEDUH 1995)

Esses problemas se traduzem em impactos ambientais, acarretando impactos econômicos e sociais na região do Distrito Federal.

O Mapa de Zoneamento Hidrogeológico, ou mapa de sensibilidade dos aquíferos (CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998a), constante da Figura 3.6, trata, de forma integrada, de questões técnicas relacionadas com a solos, geologia, hidrogeologia, geomorfologia. Objetiva identificar as áreas onde a vulnerabilidade natural de contaminação dos aquíferos pode contribuir no planejamento do uso do solo (CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998b). Esse mapa subdivide-se em quatro

¹¹ Em 1995 não existiam as ETEs Gama e Melchior. Com o funcionamento pleno dessas duas ETEs, todo o esgoto coletado é tratado (CAESB 2002b).

classes de vulnerabilidade: elevada, moderada, mediana e baixa, cujas características são apresentadas na Tabela 3.2.

Tabela 3.2 – Classes geradas no Mapa de Zoneamento Hidrogeológico e suas características

Classes de vulnerabilidade à contaminação	Características
Elevada	Correspondem à região dos aquíferos com vazões médias superiores a 12.000 litros por hora e onde a incidência de poços secos ou com baixa vazão é muito baixa. A forma de relevo mais comum é caracterizada por uma morfologia plana a suavemente ondulada, com declividades raramente superiores a 5%. Possui solos bastante permeáveis, que condicionam excelentes regiões de recarga regionais.
Moderada	Representa áreas com vazões médias entre 7.000 e 12.000 litros por hora. O número de poços secos já é mais elevado. A paisagem é geralmente marcada por relevo com declividade superior a 15% e mais localmente por chapadas rebaixadas. Os solos são variados, compostos por latossolos espessos ou cambissolos mais delgados.
Mediana	Compõe os aquíferos com vazões entre 4.500 e 7.000 litros por hora associados a pequena incidência de poços secos. Nessa região pode-se observar relevos movimentados com altas declividades; em áreas mais restritas há relevos mais planos. Os solos podem ser diferenciados em dois grupos, sendo em algumas áreas mais espessos (latossolos argilosos vermelhos) e noutras mais delgados (cambissolos amarelos).
Baixa	Comporta os aquíferos com vazões médias inferiores a 4.500 litros por hora. É a região com maior ocorrência de poços tubulares secos ou com vazões muito limitadas. As coberturas podem ser marcadas por latossolos argilosos espessos, ou por cambissolos num relevo moderadamente ondulado.

Fonte: CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998b.

Figura 3.6 – Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal. Fonte: CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998a.

Embora considerando que a atividade industrial no território não é significativa, a demanda por recursos hídricos acentuou-se nos últimos anos, devido ao crescimento substancial da população.

A Tabela 3.3 apresenta a distribuição de água no Distrito Federal.

Tabela 3.3 - Distribuição de água no Distrito Federal ^(a)

Regiões Administrativas – RAs		População Total (Nº habitantes) ^(b)	Consumo de água <i>per</i> <i>capita</i> ^(c) (L/hab/dia)
I	Brasília	242.001	389,71
II	Gama	143.492	151,90
III	Taguatinga	261.144	200,54
IV	Brazlândia	55.694	102,33
V	Sobradinho	118.943	163,51
VI	Planaltina	135.045	133,72
VII	Paranoá	54.705	92,55
VIII	Núcleo Bandeirante	37.101	266,65
IX	Ceilândia	401.780	114,96
X	Guará	121.697	216,52
XI	Cruzeiro	66.507	245,61
XII	Samambaia	182.709	126,04
XIII	Santa Maria	101.449	121,81
XIV	São Sebastião	51.760	120,89
XV	Recanto das Emas	60.031	202,15
XVI	Lago Sul	34.792	509,39
XVII	Riacho Fundo	24.948	259,63
XVIII	Lago Norte	30.933	381,16
XIX	Candangolândia	16.221	147,51
	Distrito Federal	2.140.952	192,51

Fonte: CAESB (2002b)

(a) não se encontram disponíveis informações sobre as nove mais novas regiões administrativas. Essas dezenove RAs, porém, englobam todo o DF; (b) SEDUH (2002) e (c) Calculado em função dos dados fornecidos pela CAESB (2002b), referentes a % de atendimento da população do DF com água potável e volume de água fornecido a essa população (média mensal de 2002). O dado da população considerado nesse cálculo foi o da SEDUH (2002).

A CAESB é a empresa responsável por abastecimento de água e esgotamento sanitário no Distrito Federal. Os índices de atendimento à população com serviços de abastecimento de água, coleta e tratamento de esgoto são, respectivamente, 92,66%¹² (CAESB 2002b), 87,29% e 66%¹³ (CAESB 2002a).

Para atender a população, por meio da produção, reservação e distribuição de água potável, essa companhia dispõe de cinco sistemas produtores, oito estações de tratamento de água e oito unidades de tratamento simplificado. A qualidade dessas águas varia de muito boa a ótima (Sistema Santa Maria/Torto)¹⁴ a boa e muito boa (Sistemas Descoberto, Sobradinho/Planaltina e Brazlândia)¹⁵. A qualidade de água do Sistema São Sebastião não foi informada (CAESB 2002 b).

Contudo, o Sistema de Abastecimento de Água da CAESB está bastante próximo de seu limite de atendimento. O Sistema Integrado Rio Descoberto abastece, atualmente, cerca de 66% da população do Distrito Federal. Os Sistemas de Sobradinho e Planaltina apresentam déficit. Este último abastece uma região com baixa disponibilidade hídrica e em franca expansão populacional. O Sistema de Brazlândia está sobrecarregado. Afora isso, segundo a CAESB, todos os mananciais passíveis de aproveitamento ficam fora do Distrito Federal (CAESB e MEL 2004). O abastecimento de água de Paranoá encontra-se no limite de sua capacidade. A CAESB atualmente elabora projeto para aumentar a capacidade de transferência de água do Sistema Santa Maria/Torto para o Paranoá CAESB (2002c).

A irrigação apresenta forte expansão e requer elevada quantidade de água. A área cultivada no Distrito Federal ultrapassa os 120 mil de hectares, dos quais mais de 17 mil são irrigados. A Tabela 3.4 apresenta as áreas cultivadas e irrigadas, bem como a respectiva demanda por água dessas atividades.

¹² A população total considerada pela CAESB para essa avaliação foi de 2.141.952 de habitantes.

¹³ Do efluente coletado. Com o pleno funcionamento das ETES Gama e Melchior, todo esgoto coletado é tratado.

¹⁴ O Índice de Qualidade da Água – IQA desse sistema varia de 80 a 100. O IQA considera os parâmetros coliformes totais, turbidez, cor, amônia, ferro total, cloreto, pH e DQO; e varia de 0 a 100 (águas de qualidade totalmente impróprias a ótimas).

¹⁵ O IQA desse sistema varia de 52 a 90.

Tabela 3.4 - Áreas cultivadas e irrigadas e tipo de irrigação no Distrito Federal

Tipo de cultura	Área cultivada (ha)	Área irrigada (ha)	% área irrigada	Demanda de água (L/s) (2)	Tipo de irrigação
Hortaliças	6.785,35	5.420,67	79,89	3.252,40	Localizada, aspersão/sulcos
Frutíferas	2.214,37	650,00	29,35	390,00	Localizada, aspersão
Grandes culturas (1)	112.762,00	11.126,00	9,87	6.675,60	Localizada, pivô central
Total	121.761,72	17.196,67	14,12	10.318,00	

Fonte: EMATER(2004a)

(1) Grandes culturas - feijão, milho, soja, café, trigo; (2) segundo CAESB e MEL (2004), no DF a quantidade de água necessária por ha é 1,2 L/s x ha. Como a irrigação não ocorre nas 24 horas do dia, arbitrou-se o valor de 0,6 L/s x ha.

Os canteiros ornamentais, localizados principalmente no Plano Piloto e nos setores Lago Sul e Lago Norte, são irrigados apenas no período de seca. Consomem a vazão máxima de 1,68 milhão de litros de água por dia. Destes, cerca de 1,5 milhão de L/dia provêm de um pequeno manancial de água de excelente qualidade, o Córrego Acampamento; 0,18 milhão de L/dia são captados de outros mananciais. Este volume de água é utilizado para irrigar 168.000m² de canteiros ornamentais. Os gramados normalmente não são irrigados, exceto os de palácios e principais edifícios públicos (ALENCAR 2004). A irrigação de canteiros feita por caminhões-pipa, que se deslocam de 15 km a 20 km do ponto de captação do córrego Acampamento. Na irrigação dos jardins do Balão do Aeroporto e de áreas adjacentes são utilizadas águas do Riacho Vicente Pires, mais próximo desses jardins.

A água subterrânea no Distrito Federal é utilizada em abastecimento urbano, abastecimento rural (uso doméstico, irrigação, dessedentação animal, limpeza das instalações), área de serviços (postos de serviços, garagens, oficinas, escolas, motéis, hotéis e clubes) e indústria. A cidade-satélite São Sebastião é totalmente abastecida por águas de poços tubulares (CAESB e MEL 2004).

Fatores como crescimento populacional, altos níveis de consumo de água pela população, baixa disponibilidade de água e rios de pequena vazão são indicativos da necessidade de aumento da demanda por água no Distrito Federal. O instrumento que norteia previsões quanto a abastecimento de água no DF é seu Plano Diretor de Água, Esgotos e Controle de Poluição Hídrica (PLD), concluído em 1990. Por estar desatualizado, foi revisado. A versão final foi apresentada à sociedade em 2004 (CAESB e MEL 2004).

Esse novo Plano, denominado de PLD 2000, tem como foco estudar e hierarquizar alternativas de pequeno, médio e grande portes para o futuro abastecimento de água do DF e suas implicações no esgotamento sanitário. O horizonte de projeto é o ano de 2030, tendo início em 2000. Engloba os núcleos urbanos e industriais existentes e projetados no DF. Na sua elaboração foram consideradas as previsões de expansão segundo o Plano Diretor de Ordenamento

Territorial do Distrito Federal - PDOT¹⁶ e os Planos Diretores Locais. Os cenários-marco do plano são os anos de 2000, 2010, 2020 e 2030. Suas alternativas abrangem as demandas da Região do Entorno. As projeções de demandas por água foram definidas a partir das informações dos consumos atuais nas diversas RAs e das tendências de expansão urbana no Distrito Federal.

Para o cenário de fim de plano (2030) previu-se aproximadamente 3.300.000 habitantes como população urbana a atender, com correspondente demanda máxima de água de 16.600 L/s (1.382.400 m³/dia). As demandas máximas projetadas nos cenários-marco são apresentadas na Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Demandas máximas de água no Distrito Federal: cenários 2010, 2020 e 2030

Tempo / Ano	Demanda (L/s)
2010	9.500
2020	13.800
2030	16.600

Fonte: CAESB e MEL (2004)

Do balanço entre a capacidade de suprimento de água e a demanda projetada no período do Plano Diretor (PDL 2000), concluiu-se que haverá necessidade de acréscimo de 8.359 L/s de água para atender a demanda até 2030. Para atendê-la foram analisadas 25 alternativas de captação. A análise considerou o uso de método multicritério de auxílio à decisão, e os decisores integravam o quadro técnico e o da alta direção da CAESB. Na alternativa escolhida, a maior oferta de água provirá do lago Corumbá IV. O empreendimento foi construído em Goiás e dista cerca de 40km do Distrito Federal. Objetiva gerar 127 MW de energia elétrica, à parte abastecer de água potável o Distrito Federal e seu Entorno. Será formado pelo represamento do rio Corumbá e águas de rios e ribeirões de Goiás e do

¹⁶ O PDOT foi aprovado na Lei Complementar nº 17, de 28.1.1997. Tem como objetivos: realizar o pleno desenvolvimento das funções sociais da propriedade urbana e rural e o uso socialmente justo e ecologicamente equilibrado de seu território; preservar e valorizar Brasília como capital da República e Patrimônio Histórico Nacional e Cultural da Humanidade. Atualmente, está sendo revisado.

DF. O rio Alagado (um deles) e vários de seus formadores passam na região do Distrito Federal e apresentam-se contaminados por efluentes e drenagens.

Apesar das medidas já adotadas e planejadas pela CAESB¹⁷ para conter os problemas decorrentes do aporte de nutrientes, há grande probabilidade de ocorrência de eutrofização no lago Corumbá IV, particularmente nos braços Alagado e Descoberto. Sob menor risco de eutrofização no lago Corumbá IV sobressaem como mananciais mais favoráveis os braços do rio Areias e do próprio Corumbá. Conforme a alternativa escolhida, a captação da CAESB dar-se-á no braço do rio Areias.

As vazões demandadas para irrigação não foram consideradas na formulação de alternativas para o abastecimento de água do DF. Analisaram-se as necessidades de água de irrigação para demonstrar que o potencial hídrico disponível, segundo as alternativas do Plano Diretor, é suficiente apenas para atender as necessidades da CAESB.

Quanto ao tratamento de esgoto, a CAESB utiliza quinze ETEs, beneficiando cerca de 66% dos efluentes coletados. Os índices de coleta e de tratamento por RA são apresentados na Tabela 3.6. Os índices de coleta variam de 36,52% (Lago Norte) a 100% (Cruzeiro). A Tabela 3.7 relaciona as ETES do DF e apresenta dados sobre vazão média de projeto, tipo de tratamento, corpo receptor dos efluentes tratados e bacia hidrográfica.

¹⁷ A CAESB implantará tratamentos terciários nas ETES.

Tabela 3.6 - Índices de coleta e de tratamento de esgotos em dezenove Regiões Administrativas do Distrito Federal^(a).

Regiões Administrativas – RAs		Índice de coleta ¹⁸ (%)	Índice de tratamento ¹⁹ (%)
I	Brasília	99,44	100
II	Gama	95,65	0 (b)
III	Taguatinga	85,91	5 (b)
IV	Brazlândia	86,82	100
V	Sobradinho	57,64	100
VI	Planaltina	52,98	100
VII	Paranoá	88,10	100
VIII	Núcleo Bandeirante	62,97	100
IX	Ceilândia	98,93	0 (b)
X	Guará	97,37	100
XI	Cruzeiro	100,00	100
XII	Samambaia	95,87	100
XIII	Santa Maria	90,30	100
XIV	São Sebastião	76,98	100
XV	Recanto das Emas	87,34	100
XVI	Lago Sul	42,23	100
XVII	Riacho Fundo	95,77	100
XVIII	Lago Norte	36,52	100
XIX	Candangolândia	96,02	100
Total no DF		87,29	66

Fontes: CAESB (2002a)

(a) Os dados das demais RAs não foram encontrados. Entretanto, essas 19 RAs englobam todo o DF; (b) A partir da plena operação das ETEs Gama e Melchior, o índice de tratamento passará para 100% (CAESB 2002b).

¹⁸ índice de coleta (%) = (população atendida com coleta na RA x 100)/ população total da RA

¹⁹ índice de tratamento (%) = volume tratado x 100/ volume coletado (média anual)

Tabela 3.7 - Dados sobre as ETEs do Distrito Federal no ano de 2002.

ETEs	Vazão média de projeto (L/s)	Tipo de tratamento	Corpo receptor dos efluentes tratados	Bacia Hidrográfica
Sul	1.500	Lodos ativados/remoção nutrientes	lago Paranoá – braço riacho Fundo	lago Paranoá
Norte	911	Lodos ativados/remoção nutrientes	lago Paranoá – braço rio Bananal	lago Paranoá
Brazlândia ^(a)	86	Lagoas de estabilização (anaeróbia e facultativa)	córrego Mato Grande, afluente do rio Verde/GO	-
Planaltina	256	Reator anaeróbio de fluxo ascendente - RAFA/lagoas de estabilização (facultativa/alta taxa/maturação).	ribeirão Mestre d’Armas	São Bartolomeu
Vale do Amanhecer	35	Reator RAFA /lagoas aeradas/lagoa de maturação.	ribeirão Mestre d’Armas	São Bartolomeu
Samambaia	512	Reator RAFA/lagoas de estabilização (facultativa/alta taxa/maturação).	córrego Gatume/ rio Melchior	Corumbá
Santa Maria	154	Reator RAFA/lagoas de alta taxa/disposição de esgoto no solo.	rio Alagado	Corumbá
Alagado	154	Reator RAFA/lagoas de alta taxa/disposição de esgoto no solo.	rio Alagado	Corumbá
São Sebastião	226	Reator RAFA/disposição de esgoto no solo/lagoas de maturação.	ribeirão Papuda	São Bartolomeu
Recanto das Emas	320	Reator RAFA/lagoas aeradas	córrego Vargem da Benção	Corumbá
Riacho Fundo	94	Lodos ativados/remoção nutrientes	riacho Fundo	lago Paranoá
Paranoá	112	Reator RAFA/lagoas de alta taxa/disposição de esgoto no solo.	rio Paranoá	lago Paranoá
Gama (*)	322	Reator RAFA/lodos ativados/remoção nutrientes	ribeirão Ponte Alta	Corumbá
Melchior (*)	1.469	Reator RAFA/lodos ativados/remoção nutrientes	rio Melchior	Corumbá

Fontes: CAESB 2002d e (*) CAESB e MEL 2004

(a) Efluentes são exportados para o Estado de Goiás.

A partir das vazões e tipos de tratamentos apresentados na Tabela 3.7, observa-se que:

- oito ETEs utilizam a lagoa de estabilização como tipo de tratamento, o que favorece a geração de efluente com qualidade microbiológica mais adequada
- considerando as vazões de projeto, as lagoas de estabilização têm o potencial de tratar 1.423 L/s, equivalentes a 23% do total;
- cinco ETEs possuem tratamento terciário (remoção de nutrientes), vez que há lançamentos diretos no lago Paranoá ou em rios existentes a montante dos lagos Paranoá e Corumbá IV

Além das atuais ETEs com processo de remoção de nutrientes, a CAESB implantará esse nível de tratamento nas ETEs Samambaia, Santa Maria e Alagado, tendo em vista a implantação do lago Corumbá IV.

Trabalho para avaliar a qualidade de efluentes finais de ETEs, visando à utilização futura de efluentes tratados em programas de reúso planejado, evidenciou preliminarmente a possibilidade do reúso de água no DF (SANTOS 2000).

3.3 Definição das Alternativas e Critérios de Reúso

Para se definir as áreas potencialmente mais adequadas à utilização da água de reúso foram sobrepostos os mapas Uso e Ocupação do Solo (CAESB e MEL 2004) e Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal (CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998a). Consideradas as características físicas e econômicas locais, assim como a importância das irrigações agrícola e paisagística, decidiu-se estudar o uso de água de reúso nessas atividades. Dessa forma, no Mapa Uso e Ocupação do Solo encontram-se só os usos urbano (áreas consolidadas; não consolidadas) e agrícola.

No Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal (ou Mapa de Sensibilidade dos Aquíferos) foram destacadas apenas as vulnerabilidades

mediana e baixa, de modo a reduzir os riscos de contaminação dos aquíferos. Essas classes de vulnerabilidade já haviam sido utilizadas por ANDRADE (2000) na identificação de áreas potenciais para serem instalados aterros sanitários no Distrito Federal. O resultado da sobreposição foi a escolha das melhores áreas para o reúso de água, na agricultura e na irrigação paisagística.

Para escolher as alternativas foram considerados critérios como importância agrícola e paisagística para o DF e volume de efluente tratado (denominado água de reúso). De acordo com HARADA (1999), ressalte-se que caso haja possibilidade de eliminação inicial de alternativas por prévio conhecimento de suas desvantagens, poder-se-á dispensar a aplicação de um método específico de pré-seleção. Essas alternativas tinham como ponto central ETEs anteriormente selecionadas. Em seguida as ETEs-objeto das alternativas foram alocadas e traçado um raio de 15km (*buffer*) em volta delas, a área de influência de cada alternativa.

Avaliação mais apurada do raio a ser utilizado comportaria uma análise de viabilidade econômica que não é objeto deste trabalho. Ao delimitar as áreas onde haveria possíveis usuários da água de reúso, GIORDANI (2002) utilizou raios que variaram de 5km a 15km ao redor de cada ETE. O limite estabelecido neste trabalho considerou o estudo de viabilidade de reúso do efluente da ETE ABC, em São Paulo, realizado a pedido da Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP). No DF, os caminhões da NOVACAP percorrem 15km a 20km para a irrigação paisagística (ALENCAR 2004).

A definição dos critérios considerou, entre outros, os dados apresentados na caracterização do Distrito Federal (item 3.2 desta pesquisa).

3.4 Aplicação do Método ELECTRE III

Após a geração do mapa com a indicação das melhores áreas onde o reúso pode ocorrer na irrigação agrícola e na paisagística. Definidas as alternativas e traçadas suas áreas de influência, a autora deste trabalho (denominada analista) indicou critérios preliminares para avaliar as alternativas e convidou um grupo de

decisores (heterogêneo, com diferentes papéis sociais) escolhidos em função da possibilidade de participarem de um processo real de tomada de decisão quanto a reúso de água no DF .

O trabalho com os decisores seria realizado em três etapas. A primeira relacionada à avaliação das escolhas realizadas pela analista quanto a alternativas e critérios, que poderiam ser desconsiderados e acrescidos. No caso dos critérios, era também solicitada análise quanto à sua forma de avaliação. Para os critérios acrescentados solicitar-se-ia indicar sua forma de avaliação. Critérios remanescentes seriam ponderados. A segunda etapa do trabalho objetivaria consolidar os dados obtidos (alternativas, critérios e pesos). A apresentação e a avaliação dos resultados finais do trabalho, que foram gerados a partir do uso do Método ELECTRE III, comporia a terceira etapa.

Para cada uma das etapas do trabalho com os decisores, previa-se despendar 30 dias. O convite a eles foi por *e-mail* e telefone. Após o aceite marcaram-se entrevistas para apresentar-lhes o trabalho. Nas entrevistas foram entregues: instruções para a primeira etapa do trabalho; mapas (em formato digital), formulário e os anexos²⁰ (formato digital e formato impresso). As instruções informavam sobre: objetivo, metodologia adotada no trabalho e justificativa das alternativas escolhidas. Os mapas de Uso e Ocupação do Solo e o de Reúso foram impressos em formato A3 e apresentados durante as entrevistas.

No formulário havia duas seqüências de perguntas antecedidas pelas informações pessoais do decisor (nome, instituição em que trabalha e profissão). Na primeira seqüência, cada decisor avaliava o trabalho desenvolvido pela analista ao indicar alternativas, critérios e forma de avaliação dos critérios. Na segunda, os decisores foram instruídos a ponderar os critérios, de modo que o somatório fosse 10. Nesse caso podia ser usado número decimal (uma casa). Caso houvesse inserção de

²⁰ Nesse anexo encontravam-se os dados adicionais sobre as alternativas escolhidas e sobre o DF.

critérios, os decisores deveriam também ponderá-los, de modo que o somatório continuasse sendo 10. Modelo do formulário encaminhado encontra-se no Anexo II.

Escolheu-se essa abordagem a fim de explicitar a importância atribuída por um decisor a cada critério e por impor a todos os decisores estabelecer a relatividade de cada critério quanto ao grupo de critérios (*trade-off*), uma vez que o somatório dos pesos deveria ser um número comum (10) a todos os decisores.

Foram escolhidos decisores pertencentes a grupos distintos de interesses, passíveis de participar de um caso real de tomada de decisão quanto à escolha das melhores alternativas para reúso de água no DF. Os decisores escolhidos foram divididos em dois grupos: especialistas e agricultores (esses últimos, prováveis usuários diretos de água de reúso). Os especialistas convidados são técnicos integrantes de instituições que lidam com as áreas de saúde humana, reúso de água, meio ambiente e saneamento; e professores universitários com experiência em reúso de água e métodos multicritério de auxílio à decisão. Os professores fazem parte dos quadros da Universidade de Brasília e da Universidade de São Paulo. Demais instituições convidadas:

- CAESB e SABESP – empresas de saneamento que fornecem esgoto tratado (água de reúso); a participação de técnicos da SABESP trouxe a experiência deles em fornecimento de esgoto tratado
- IBAMA – o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis e a SEMARH participam do licenciamento ambiental no Distrito Federal
- FUNASA – Fundação Nacional de Saúde e Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal: instituições vinculadas à saúde humana e à ambiental; seus técnicos incorporaram o aspecto saúde ao processo de tomada de decisão

A relação de todos os decisores convidados encontra-se no Anexo III.

O prazo previsto (30 dias) para finalizar essa etapa estendeu-se a 55 dias, o que inviabilizou a realização da segunda etapa. Definiram-se então alternativas, critérios e pesos, sem a participação dos decisores. Esses dados foram utilizados no Método ELECTRE III. A seguir, os pesos atribuídos pelos decisores a todos os critérios foram somados pela analista. Este valor tornou-se o peso do critério. Os critérios que tiveram maiores pesos foram selecionados para uso no Método ELECTRE III.

A escolha dos limiares q , p e v deve ser feita para cada critério e deve refletir a preferência do decisor. Ideal é ser feita a partir de uma discussão com diversos decisores. Todavia, considerados tempo e procedimentos necessários à compreensão desses conceitos pelos entrevistados e a definição dos valores dos limiares, optou-se por arbitrar valores que poderiam ser aceitos pela maioria dos decisores que participaram deste trabalho, a juízo da analista. De posse das alternativas, limiares, critérios e pesos foi aplicado o Método ELECTRE III:

- englobando a participação de todos os decisores
- com os dados fornecidos pelos agricultores
- com os dados apenas dos técnicos
- com os dados dos decisores do setor saúde

Na terceira e última fase de trabalho com os decisores fez-se relato sobre o trabalho desenvolvido e apresentaram-se os resultados em duas tabelas. A primeira com a relação das alternativas e suas avaliações para os critérios considerados no trabalho; a segunda com os resultados da aplicação do Método ELECTRE III, considerando os diversos grupos de decisores. Em seguida foram feitos os questionamentos a seguir. Ressalte-se que nessa fase o contato com os técnicos foi por *e-mail* e telefone. Com agricultores, o contato foi pessoal.

- O resultado corresponde à sua expectativa?

☐ Sim☐ Não☐ Em Termos

Justifique se quiser:

- Os resultados das classificações das alternativas encontram-se apresentados em forma hierárquica, considerando o posicionamento dos diversos grupos de decisores. Essa forma de apresentação do resultado é satisfatória para você?

☐ Sim☐ Não☐ Em Termos

Justifique se quiser:

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo está estruturado em três partes e se propõe a apresentar e a discutir os resultados obtidos, a partir da utilização do Método ELECTRE III no planejamento do reúso de água. Na primeira parte são apresentados e discutidos os resultados obtidos com a caracterização da área de estudo: o Distrito Federal. A segunda parte trata da aplicação do Método ELECTRE III e foi subdividida em: definição das alternativas de reúso, trabalho com decisores e utilização do Método. A discussão geral dos resultados é a última parte do capítulo.

Informações complementares aos resultados obtidos encontram-se anexadas no final desta Tese.

4.1 Da caracterização do Distrito Federal

Observou-se, a partir dos dados obtidos no capítulo relacionado à caracterização da área de estudo:

- o Plano Diretor de Água e Recursos Hídricos do Distrito Federal (PDL-2000) não previu disponibilidades de oferta de água para suprir as atividades agrícolas. Dessa forma, como já previsto no PDL-2000, haverá conflito nos usos dos recursos hídricos disponíveis
- caso o PDL-2000 houvesse considerado reúso como forma de aumentar a oferta de água, parte da demanda agrícola poderia ser suprida com água de reúso e esses conflitos poderiam ser minimizados
- a alternativa, identificada no PDL-2000, de se buscar água no Sistema Corumbá IV trará um aumento no volume de esgotos; implicará, entre outros fatores, construir mais ETEs, como já previsto no PDL-2000, e estimulará o consumo de maior volume *per capita* de água. Este

aspecto é particularmente crítico no caso do DF, onde o consumo de água já é elevado

- os mananciais passíveis de aproveitamento estão fora do Distrito Federal (CAESB e MEL 2004); adotado, o reúso de água poderá contribuir para:
 - preservar os recursos hídricos locais
 - reduzir o consumo de fertilizantes
 - aumentar a produtividade das culturas, sem aumentar a demanda por água
 - criar mais empregos no campo
- para as ETEs com tratamento terciário, as águas de reúso poderão ser provenientes do tratamento secundário, dependendo das exigências dos órgãos ambientais. Com isso, haveria uma economia de recursos financeiros, com a não realização do tratamento terciário (economia na própria ETE), afora economizar recursos ambientais (água, energia, produtos químicos, geração de lodo e a sua conseqüente disposição final)
- à parte do reúso, importa que o DF invista em programas de educação ambiental e de racionalização do uso da água, de modo a reduzir o consumo *per capita*.

4.1.1 Do levantamento de dados das ETEs

Com relação às ETEs do DF verificou-se que a CAESB as monitora, sistematicamente, por meio de análises periódicas para efluentes brutos e tratados em que se analisam: DQO – Demanda Química de Oxigênio, DBO_{5,20}, SS – sólidos suspensos, NTK - Nitrogênio Total Kjeldahl, PT – fósforo total e CF. Os resultados

são registrados na Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal – SIESG. A fim de controlar o processo de tratamento, em algumas ETEs se acrescentam parâmetros diferentes dos da SIESG: pH, alcalinidade, turbidez, amônia, ortofosfato, DBO filtrada, DQO filtrada, alumínio, fósforo total filtrado, nitrogênio total filtrado, nitrito e nitrato.

Este levantamento teve início com as informações (Tabelas 4.1 e 4.2) relativas às remoções médias anuais e às concentrações de DBO_{5,20}, DQO, SS, NTK, PT e CF das ETEs do Distrito Federal para o período objeto de estudo (2000 a 2002). Apesar de não constituírem resultados propriamente ditos, os dados estão neste capítulo para facilitar a análise. Nestas Tabelas não se apresentam os dados das ETEs Vila Aeronáutica, Torto e Sobradinho, porque serão desativadas (CAESB e MEL 2004).

Na Tabela 4.1 observa-se que só as ETEs Paranoá e São Sebastião tiveram eficiência média anual de DBO_{5,20} inferior a 90%, demonstrando o bom desempenho dos sistemas implantados. Ressalte-se que em 2000 as medições de CF eram realizadas apenas na ETE Brazlândia; a partir de 2002 foram incorporadas ao monitoramento de todas elas.

Tabela 4.1 – Valores mínimos e máximos das remoções médias anuais de DBO_{5,20}, DQO, SS, NTK e PT das ETES do Distrito Federal – período de 2000 a 2002

ETEs	DBO _{5,20} (%)	DQO(%)	SS(%)	NTK(%)	PT(%)
Norte	97 e 98	93 e 95	95 e 97	85 e 73	96 e 98
Sul	98 e 99	93 e 94	97	82 e 85	96
Brazlândia	90(1)	70 e 72	67 e 70	31 e 39	19 e 39
Planaltina	93 e 94	83 e 85	87 e 89	60 e 66	27 e 37
Vale do Amanhecer	90 e 92	85 e 88	90 e 92	57 e 77	20 e 34
Paranoá	83 e 89	69 e 80	70 e 80	50 e 63	26 e 45
Samambaia	91 e 93	75 e 77	75 e 77	55 e 65	13 e 26
Alagado	92 e 95	69 e 86	65 e 87	47 e 74	27 e 36
Santa Maria	91 e 94	59 e 78	49 e 74	40 e 58	21 e 29
São Sebastião	88 e 94	81 e 84	82 e 84	62 e 83	20 e 71
Recanto das Emas	92 e 93	88 e 89	93 e 97	7 e 19	7 e 13
Riacho Fundo	98 e 99	94 e 95	97 e 98	91 e 94	93 e 95

Fontes: CAESB (2001, 2002a)

Tabela 4.2 – Valores mínimos e máximos das concentrações médias de DBO_{5,20}, DQO, SS, NTK, PT e CF do efluente tratado das ETES do Distrito Federal, no período de 2000 a 2002

ETEs	DBO _{5,20} (mg/L)	DQO (mg/L)	SS (mg/L)	NTK (mg/L)	PT (mg/L)	CF (NMP/100mL)
Norte	4 – 10	31 - 37	4 - 7	6,0 - 11,7	0,13 - 0,18	6,20E+4 – 7,80E+4
Sul	4 - 6	35 - 38	7 - 8	6,1 - 8,5	0,27 - 0,32	4,73E+4 – 9,79E+4
Brazlândia	63 (1)	297 - 316	156 - 185	41,7 - 52,6	6,96 - 8,94	2,92E+5 – 4,27E+5
Planaltina	43 - 56	166 - 201	53 - 73	26,0 - 32,2	7,00 - 8,98	2,56E+3 (a)
Vale do Amanhecer	39 - 66	124 - 169	38 - 44	17,0 - 33,5	7,09 - 8,67	4,91E+3 (a)
Paranoá	141 - 174	330 - 566	140 - 186	34,2 - 46,8	8,82 - 10,74	1,37E+5 – 9,22E+5
Samambaia	37 - 46	204 - 238	110 - 120	26,0 - 30,3	7,39 - 9,38	6,53E+2 – 1,32E+3
Alagado	38 - 48	209 - 381	90 - 198	28,4 - 53,0	9,58 - 10,41	1,90E+5 (a)
Santa Maria	44 - 49	295 - 451	150 - 256	44,8 - 53,0	9,08 - 10,28	4,01E+5 (a)
São Sebastião	31 - 77	127 - 156	58 - 63	11,0 - 26,0	3,00 - 8,11	2,34E+4 (a)
Recanto das Emas	36 - 50	111 - 126	14 - 22	65,0 - 77,0	9,00 - 11,00	4,34E+4 (a)
Riacho Fundo	7 - 11	52 - 64	7 - 13	5,0 - 7,1	0,60 - 0,80	5,53E+4 (a)

Fontes: CAESB (2001; 2002 a)

(a) única medição realizada.

Com relação à qualidade do efluente tratado, na Tabela 4.2 se apreende que a(s) ETE(s):

- Norte, Sul e Riacho Fundo têm as menores concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ e SS
- Paranoá apresentou as maiores concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$
- Brazlândia, Paranoá, Alagado e Santa Maria têm as maiores concentrações de SS
- Samambaia apresentou um efluente com melhor qualidade microbiológica (653 coliformes fecais/100mL)

À exceção das ETEs Norte e Sul, as outras apresentaram altos valores de $\text{DBO}_{5,20}$ para esgoto bruto. As mais altas concentrações de $\text{DBO}_{5,20}$ foram observadas na ETE Paranoá, cujas médias anuais (2000, 2001 e 2002) variaram de 1.024 a 1.299mg/L (CAESB 2001 e 2002a). Os valores de $\text{DBO}_{5,20}$ podem ser explicados pelo menor índice *per capita* de consumo de água (92,55 L/hab/dia) entre todas as RAs (CAESB 2002b).

A ETE Planaltina obteve remoções de $\text{DBO}_{5,20}$ superiores a 90%. A máxima concentração média de $\text{DBO}_{5,20}$ obtida no período é somente inferior à das ETEs Brazlândia, Paranoá e São Sebastião. A resposta a esse fato vincula-se também ao baixo índice *per capita* de consumo de água observado em Planaltina: 133,72L/hab/dia CAESB (2002b).

Para complementar as informações constantes dos relatórios da CAESB, foram realizadas visitas técnicas (entre 17.07 e 30.7.2003) a todas as ETEs. Naquela ocasião, Gama e Melchior encontravam-se em fase final de construção. Em resposta ao questionário utilizado (Anexo I) há estas informações:

- apesar das altas concentrações do efluente bruto das ETEs Paranoá e Planaltina, não existe reclamação de lançamento de efluentes industriais na rede; a CAESB monitora o sistema de coleta de

efluentes, de modo a evitar o lançamento de contribuições industriais sem tratamento prévio; em apenas duas ETEs se relataram problemas de lançamento de efluentes industriais (Riacho Fundo) ou de óleo proveniente de lava-jatos (São Sebastião)

- relativamente aos aspectos operacionais deve-se destacar a influência de chuvas que provocam aumento de vazão, oscilação de energia, entupimento de bombas e grande quantidade de pedras no esgoto
- quanto ao reúso do efluente tratado, as ETEs Norte e Sul são as que mais utilizam essa prática; parte do efluente irriga os jardins das ETEs; outra no processo industrial (lavagem de pisos, quebra de espuma de bactérias filamentosas, dosagem de produtos químicos, refrigeração de sopradores, sistemas de flotação e limpeza das unidades); em todas essas operações, conforme as informações obtidas, não existe muito contato do operador com as águas de reúso; para a ETE Norte, a CAESB implantará um sistema de desinfecção por radiação ultra-violeta, visando ampliar o uso dessas águas; prevê-se seu uso, inclusive, na descarga de sanitários
- a ETE São Sebastião também utiliza parte de seu efluente tratado na refrigeração de bombas e na irrigação de grama
- nesses casos, não se controla o montante usado nessa prática
- das catorze ETEs analisadas, cinco possuem dispositivos para medição da vazão efluente (ETEs Norte, Sul, Paranoá, São Sebastião, Planaltina e Melchior²¹); a vazão de saída da ETE Riacho Fundo é medida sistematicamente a partir da determinação do nível do tanque de aeração que funciona em batelada. As ETEs Planaltina, São Sebastião e Paranoá não realizam essas medições apesar de possuírem dispositivos para tal; atualmente, apenas as ETEs Norte e Sul realizam essas medições; as vazões afluentes só não são determinadas nas

²¹ Possui Calha Parshall na saída do efluente tratado.

ETEs Norte e Sul; a ETE Brazlândia realiza continuamente a medição dos seus efluentes brutos, mas não possui dispositivo para medir a vazão dos efluentes tratados; a ETE Gama possui dispositivo para medição contínua dos seus efluentes brutos; com a implantação do tratamento terciário na ETE Samambaia, seus efluentes tratados serão medidos

- as ETEs Recanto das Emas, Gama, Planaltina, Norte, Sul e Riacho Fundo estão equipadas para realizar análises físico-químicas do efluente; determinações de coliformes fecais são realizadas apenas na ETE Norte. Determinação de ovos viáveis de nematóides no lodo é realizada apenas na ETE Norte
- em todas as ETEs, a CAESB não faz contagem de ovos viáveis de nematóides para o efluente; assim sendo, as ETEs que proporcionam maior segurança quanto à redução desses ovos seriam aquelas que utilizam lagoas de estabilização como processo de tratamento
- as ETEs Gama, Brazlândia, Melchior, Vale do Amanhecer, Planaltina, Samambaia e Alagado encontram-se implantadas em áreas rurais; somente as ETEs Norte e Sul estão em áreas estritamente urbanas; as demais ETEs estão em áreas mistas, onde há chácaras e áreas urbanizadas

As visitas técnicas realizadas nas ETEs do DF contribuíram para o fornecimento de informações importantes na indicação inicial das alternativas e critérios de reúso de água. Ressalta-se que o trabalho posterior com o uso de mapas temáticos consolidou essas indicações.

4.1.2 Da disponibilidade de água de reúso

Para checar a disponibilidade, é imprescindível determinar a vazão do efluente tratado. Como a maioria das ETEs não dispõe dessa medição, SANTOS

(2000) considerou as hipóteses formuladas por GOMES e col. (2000)²² para estimar as vazões aqui denominadas *disponíveis para reúso*. As hipóteses levam em conta o tipo de tratamento de efluentes e medições anteriormente realizadas.

Na hipótese 1 encontram-se as ETEs com pequenas perdas durante o processo de tratamento, e a vazão efluente é considerada igual à vazão afluente. Enquadram-se nessa condição as ETEs Brazlândia, Norte, Sul, Samambaia, Riacho Fundo e Recanto das Emas.

Na hipótese 2 encontram-se as ETEs onde aproximadamente 60% do efluente são infiltrados no solo. As ETEs que se enquadram nessa condição dispõem os esgotos no solo antes de seu lançamento no corpo d'água receptor (ETEs Paranoá, Alagado, São Sebastião e Santa Maria). A ETE Planaltina, embora não encaminhe seus efluentes tratados ao solo, enquadra-se nessa hipótese, dadas a infiltração de esgoto em suas lagoas e as grandes perdas por evaporação, porque as lagoas dessa ETE têm extenso espelho de água.

Na hipótese 3 enquadra-se a ETE Vale do Amanhecer, que apresenta as maiores perdas por evaporação e infiltração no processo de tratamento.

A Tabela 4.3 mostra as ETEs de Brasília enquadradas segundo essas hipóteses.

Para este trabalho, as ETEs Gama e Melchior foram enquadradas na hipótese 1, em vista do tipo de tratamento nelas adotado.

Esse enquadramento foi utilizado no cálculo da vazão disponível para reúso, apresentado na Tabela 4.4, que considerou a média das vazões médias mensais anuais de efluentes das ETEs, para o período de 2000 a 2002.

²² GOMES JC, Machado AM, Machado BP, Pinto ACT. Estimativa das vazões efluentes das estações de tratamento de esgotos. (Comunicação pessoal. Brasília: CAESB, 2000)

Tabela 4.3 – Enquadramento das ETEs de Brasília, de acordo com a relação percentual entre as vazões afluentes e efluentes

Hipótese 1 (vazão efluente igual à vazão afluente)	Hipótese 2 (vazão efluente igual a 40% da vazão afluente)	Hipótese 3 (vazão efluente igual a 30% da vazão afluente)
Brazlândia, Norte, Sul, Samambaia, Riacho Fundo e Recanto das Emas.	Paranoá, Alagado, São Sebastião, Santa Maria, Planaltina	Vale do Amanhecer

Fonte: GOMES e col.(2000) citado por SANTOS (2000)

Tabela 4.4 – Vazões disponíveis para reúso^(a)

Estações	Vazões disponíveis reúso	
	(L/s)	(%)
Norte	436,61	18,99
Sul	947,98	41,22
Brazlândia	32,67	1,42
Planaltina	24,54	1,07
Vale do Amanhecer	2,28	0,10
Paranoá	13,03	0,57
Samambaia	161,22	7,01
Melchior (b)	347,22	15,10
Gama (b)	188,35	8,19
Alagado	18,25	0,79
Santa Maria	9,38	0,41
São Sebastião	18,54	0,81
Recanto das Emas	80,16	3,49
Riacho Fundo	19,36	0,84
Total	2.299,60	100,00

Fonte: CAESB (2001, 2002a)

(a) média aritmética das vazões efluentes dos anos 2000, 2001 e 2002;

(b) vazões atuais das ETEs Gama e Melchior. Dados fornecidos por técnicos da CAESB em setembro/2005.

4.2 Da Aplicação do Método ELECTRE III

Esta parte do trabalho compreendeu: definir alternativas e critérios para planejamento do reúso, trabalho com decisores, utilização do ELECTRE III. A elaboração do Mapa de Reúso ocorreu na fase de definição das alternativas para o planejamento do reúso.

4.2.1 Da definição das alternativas e critérios para o planejamento do reúso

A escolha das alternativas é intrínseca ao tipo de decisão tomado no âmbito do trabalho. Não se busca solução para o produtor individual ou a pequena comunidade. São alternativas para aproveitamento em escala empresarial. Nesse sentido consideraram-se, por princípio, as alternativas que se encontram em áreas agrícolas importantes do DF ou que geram minimamente 7% do esgoto tratado do DF, de acordo com a Tabela 4.4. Com esse volume mínimo, as escolhas estariam associadas às ETES de maior porte.

Na delimitação da área de influência das alternativas considerou-se a distância atualmente percorrida pelos caminhões da NOVACAP, ao executarem a irrigação paisagística, que varia de 15 a 20km. Dessa forma, optou-se por escolher o raio de 15 km. A avaliação precisa do raio a utilizar requer análise de viabilidade econômica, não-objeto deste trabalho.

Para facilitar o processo de escolha das alternativas utilizou-se o Mapa de Uso do Solo (Figura 3.4). Traçaram-se raios de 15km ao redor das ETES cujas RAs são importantes áreas agrícolas, e nas que geram percentual mínimo de 7% do esgoto tratado do DF.

As ETES Planaltina e Brazlândia foram selecionadas por se localizarem em áreas agrícolas importantes do DF. A ETE São Sebastião foi escolhida pela proximidade com a bacia do rio Preto, que demanda maior volume de água para irrigação no DF.

A Região Administrativa do Paranoá é também um dos pólos agrícolas do DF. Entretanto, a ETE Paranoá não foi escolhida porque produz um dos menores volumes de esgoto tratado; suas áreas agrícolas, que se inserem no raio de 15km, poderiam ser atendidas pelas ETEs Planaltina e São Sebastião.

As ETEs que geram um volume igual/superior a 7% são: Samambaia/Melchior, Gama, Norte e Sul. À exceção da ETE Norte, todas foram escolhidas como alternativas. As ETEs Samambaia e Melchior, por estarem muito próximas e terem o mesmo portão de acesso, foram consideradas como sendo uma alternativa.

Ao se traçar o raio de 15km em volta das ETEs Norte e Sul, vê-se que ETE Sul e ETE Norte encontram-se bem posicionadas em relação às áreas de canteiros ornamentais do DF. No entanto, a ETE Sul, além de produzir volume muito superior de efluentes em relação à ETE Norte, poderia atender a grandes áreas agrícolas não contempladas noutras alternativas. Desta forma, optou-se por escolher a ETE Sul como alternativa.

Para as ETEs de menor vazão, considerou-se que soluções locais seriam mais adequadas.

Não se considerou a qualidade do efluente das ETEs como critério de escolha das alternativas. Isso ocorreu por dois motivos: a) não existem no Brasil padrões ou diretrizes a utilizar para diferenciar as alternativas; b) ao se considerarem as Diretrizes da OMS, os efluentes de todas as ETEs se equivalem, visto que não se conhecem as concentrações de ovos viáveis de nematóides no esgoto tratado. Conseqüentemente, o critério qualidade não as diferencia, motivo de sua não-utilização neste trabalho. Sugere-se utilizar esses efluentes na Categoria C das Diretrizes da OMS. Para usar esses esgotos em categorias mais exigentes, faz-se necessário implantar tratamentos complementares e monitorar CF e ovos viáveis de nematóides, sistematicamente.

Para simplificar o cálculo do volume necessário à irrigação agrícola e à paisagística, considerou-se que o consumo de água de reúso se daria somente no

período da seca (junho a setembro). Caso se opte pela extensão da área a irrigar, a água de reúso teria de ser armazenada durante os meses em que ocorre precipitação em níveis superiores às necessidades das culturas.

A Tabela 4.5 apresenta as alternativas escolhidas e suas principais características. A Figura 4.1 apresenta fotografias dessas alternativas.

Tabela 4.5 - As alternativas de reúso selecionadas e suas principais características

Alternativas	Características
ETE Brazlândia	Brazlândia é um dos pólos agrícolas do DF. Há sobrecarga no sistema de abastecimento de água. A ETE de Brazlândia utiliza lagoas de estabilização como sistema de tratamento, o que favorece melhor qualidade microbiológica do efluente tratado.
ETEs Samambaia e Melchior	Essas ETEs geram grande quantidade de efluentes. A ETE Samambaia possui também lagoas de estabilização.
ETE Gama	Gera grande volume de efluentes.
ETE Sul	Produz grande quantidade de efluentes. Está próxima à maioria das áreas paisagísticas do Plano Piloto.
ETE Planaltina	Planaltina é um dos mais importantes pólos agrícolas do DF e sazonalmente apresenta déficit de água. O Sistema Sobradinho/Planaltina abastece região de baixa disponibilidade hídrica e em franca expansão populacional. O sistema de tratamento da ETE Planaltina é lagoa de estabilização.
ETE São Sebastião	São Sebastião é totalmente abastecida por água de poços tubulares. Está localizada nas proximidades da bacia hidrográfica do rio Preto, região agrícola mais importante do DF. O sistema de tratamento adotado nessa ETE é lagoa de estabilização.

Fonte: CAESB e MEL (2004)

Figura 4.1 – Fotografias das ETEs do Distrito Federal, relacionadas às seis alternativas de reúso de água. Fontes: <http://www.caesb.df.gov.br/sisesg.asp> [15 Ago 2005] e (*) <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsaidis/puertorico29/klauspanel.pdf> [15 Ago 2005]

Na elaboração do Mapa de Reúso foi preciso compatibilizar os dados digitais dos mapas de Uso e Ocupação do Solo e de Zoneamento Hidrogeológico, que se encontravam em diferenciadas projeções cartográficas. Optou-se por utilizar o SICAD (Sistema Cartográfico do Distrito Federal)²³ que, após seu desenvolvimento pela CODEPLAN (Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central), tem sido amplamente adotado pelas companhias do Governo do Distrito Federal (GDF).

Sendo assim, os pontos de coordenadas das ETEs também passaram por conversão para o SICAD (Tabela 4.6). Essas coordenadas foram inicialmente coletadas no portão de acesso de cada uma das ETEs, utilizando-se método de levantamento absoluto e receptor Garmin modelo 12cx. O aparelho foi configurado para o sistema UTM e *datum* Córrego Alegre.

Com todos os dados compatibilizados, iniciaram-se os procedimentos para geração das informações requeridas. Nesse sentido, foram realizadas operações lógicas e matemáticas nos mapas escolhidos, com base nas técnicas de geoprocessamento viabilizadas pelo *software* ArcGIS 9.

O resultado dessa sobreposição resultou na escolha das melhores áreas para o reúso de água, de modo a resultar no menor risco aos aquíferos. Os demais riscos ambientais deverão ser considerados durante o estudo de viabilidade das alternativas. Isso porque para se contemplar todos os riscos ambientais envolvidos em cada uma das alternativas, haveria necessidade de maior número de informações e conseqüente maior demanda de tempo para as análises.

²³ Na década de setenta, a CODEPLAN implementou o SICAD. Na década de noventa, a CODEPLAN atualizou o mapeamento na escala 1:10.000 utilizando o SICAD, por restituição aerofotogramétrica. As coordenadas utilizadas foram coordenadas planas UTM, apoiando-se no *datum* horizontal Astro-Chuá. No SICAD todo o mapeamento do fuso 22 é referenciado ao fuso 23.

Tabela 4.6 – Principais ETEs do Distrito Federal no sistema de coordenadas SICAD

ETEs	X (m)	Y(m)
São Sebastião	205083,118	8239820,556
Paranoá	202466,495	8253347,444
Vale do Amanhecer	214647,556	8264461,334
Planaltina	213949,831	8268278,576
Sobradinho	198473,560	8266581,155
Brazlândia	154860,749	8264240,519
Samambaia e Melchior	162020,738	8242042,706
Sul	188038,512	8246366,254
Alagado	173940,510	8224938,704
Santa Maria	177089,668	8225765,560
Gama	168372,046	8226002,476
Vila Aeronáutica	176839,527	8227790,558
Recanto das Emas	166664,283	8236117,383
Norte	191311,470	8257128,293
Riacho Fundo	176078,217	8240814,375

A partir do mapa gerado (Mapa de Reúso, Figura 4.2), observa-se que nas áreas rosa o reúso na agricultura pode ser realizado com menor risco aos aquíferos. As áreas cinza (hachureada ou não) são passíveis de reúso na irrigação paisagística. As áreas não coloridas no Mapa de Reúso são aquelas que não são passíveis de reúso na agricultura e na irrigação paisagística ou que estão relacionadas a outras atividades.

Utilizando-se o mapa com a representação das bacias hidrográficas do DF e plotando-se as alternativas (Figura 4.3) observa-se que todas elas encontram-se, como é sabido, distanciadas da bacia do rio Preto, a que demanda maior volume d'água para irrigação. Isso ocorre porque as ETEs são construídas onde existe grande oferta de esgotos sanitários, ou seja, nas áreas urbanas.

Figura 4.2 - Representação das áreas e alternativas de reúso de água no Distrito Federal (Mapa de Reúso).

Figura 4.3 – Representação das alternativas de reúso no Mapa de Bacias Hidrográficas do Distrito Federal

Comparando-se o Mapa de Uso e Ocupação do Solo (Figura 4.4), com alternativas delimitadas, ao Mapa de Reúso (Figura 4.2), observa-se que, devido às restrições estabelecidas pelo Mapa de Zoneamento Hidrogeológico, as áreas agrícolas passíveis de receber água de reúso são menores que as atuais. Para melhor visualização, esses três mapas são apresentados em formato A3, no Anexo IV.

Quanto à escolha dos critérios, partiu-se do pressuposto segundo o qual, preferencialmente, deveria haver dados por Região Administrativa, de modo a possibilitar a comparação entre as diversas alternativas. Dados do conjunto do DF, por serem agregados, não serviriam para serem utilizados na comparação de alternativas. Para facilitar o trabalho com os decisores, minimizou-se o uso de critérios que pudessem ser avaliados considerando, apenas, avaliações subjetivas, ou também, por meio de perguntas com respostas do tipo sim e não.

Os critérios inicialmente identificados pela analista foram: “ganho econômico”, “área passível de ser irrigada com água de reúso”, “taxa de crescimento populacional”, “renda *per capita*”, “consumo de água *per capita*”, “acesso à água potável”, “acesso à coleta de esgotos”, “doenças de veiculação hídrica”, “riscos de contaminação dos agricultores” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”. Com esses critérios, a analista procurou identificar, ao menos de forma indireta, aspectos significativos na implementação do reúso de água.

Para avaliar-se “ganho econômico”, procurou-se quantificar o ganho financeiro de cada alternativa a partir da economia de adubo. Dessa forma, seriam obtidos valores aproximados, em reais, a serem poupados na compra de adubos, já subtraído o custo do tratamento de esgotos.

Figura 4.4 – Representação das alternativas de reuso no Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal.

A disponibilidade de área a ser irrigada com água de reúso, ao considerar a relação entre a presença de áreas agrícolas e paisagística²⁴ passíveis de serem irrigadas e a disponibilidade de água de reúso, procurou quantificar e identificar as alternativas mais vantajosas para a implementação do reúso de água.

Os critérios “acesso à coleta de esgotos”, “acesso à água potável” e “doenças de veiculação hídrica” objetivaram identificar as RAs, objeto de cada alternativa, em que a saúde humana estava mais vulnerável. O reúso de água para essas áreas era menos indicado porque representava mais um fator de risco para a saúde da população residente.

O critério “renda *per capita*” teve como objetivo identificar as Regiões Administrativas que teriam mais disposição a pagar pela água de reúso, na hipótese de se investir nessa atividade. “Taxa de crescimento populacional” e “consumo de água *per capita*” foram escolhidos para se identificar, embora indiretamente, áreas que no futuro resultariam em maior demanda por água sendo, portanto mais atrativas ao reúso de água.

Os critérios “riscos de contaminação dos agricultores” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária” têm, respectivamente, como objetivos identificar as alternativas que apresentariam um maior risco aos agricultores e aquelas que seriam mais atrativas ao reúso na agricultura, pecuária e indústria. Diferentemente dos demais critérios, a sua avaliação seria realizada, por meio de perguntas com respostas do tipo sim e não.

Para os demais critérios, a forma de avaliação consideraria dados oficiais disponíveis para as RAs atendidas pelas alternativas.

Ressalta-se que as informações para compor a avaliação dos critérios – “ganho econômico”, “área passível de ser irrigada com água de reúso” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária” - foram obtidas a partir do Mapas de Reúso (Figura 4.2) e do de Uso e Ocupação do Solo (Figura 4.4).

²⁴ Para o caso da ETE Sul.

O trabalho com os mapas contribuiu na delimitação da área de influência das ETEs e favoreceu o fornecimento de informações georreferenciadas sobre o uso e ocupação do solo, susceptibilidade de contaminação das águas subterrâneas e, para o mapa gerado (Mapa de Reúso), a delimitação e a quantificação das áreas agrícolas passíveis de serem irrigadas com água de reúso.

A sobreposição de mapas mostrou-se adequada à indicação das áreas passíveis de se efetuar irrigação agrícola e paisagística, com mínimo risco de contaminação das águas subterrâneas. Constituiu-se em ferramenta de planejamento para reúso de água. O Mapa de Reúso produzido neste trabalho pode servir de subsídio à tomada de decisão quanto a projetos de reúso a serem licenciados na SEMARH e no IBAMA.

4.2.2 Trabalho com os decisores

As entrevistas com os decisores foram iniciadas em 07/07/05 e concluíram-se em 12/08/2005. O último formulário chegou em 02/09/2005. Foram entrevistados 21 decisores e recebidos 16 formulários preenchidos (76% do total). Dos 21 decisores entrevistados, 3 eram agricultores vinculados ao Sindicato dos Trabalhadores Rurais do DF. Dos 18 técnicos entrevistados, 13 retornaram com o formulário. Agricultores e um técnico (de saneamento) ponderaram os critérios durante a entrevista. Neste caso, não houve avaliação do trabalho realizado pela analista, mas, apenas, ponderação dos critérios. Por *e-mail*, os demais decisores enviaram o formulário preenchido.

O tempo despendido em cada entrevista variou de uma a três horas, porque se apresentou o trabalho, sua metodologia, mapas e formulário. Um decisor foi entrevistado por telefone, por estar em férias, mas desejar participar do trabalho.

A partir das respostas recebidas dos decisores, observa-se que:

- houve concordância com as alternativas apresentadas. Apenas 3 decisores informaram que poderiam ser contempladas também as ETEs Norte (2 decisores) e a Vale do Amanhecer
- só 3 decisores indicaram novos critérios
- relativamente aos critérios desconsiderados:
 - 11 decisores não concordaram com os critérios apresentados; a Tabela 4.7 relaciona critérios desconsiderados por decisor; no caso dos agricultores, os critérios desconsiderados foram aqueles cuja pontuação foi zero. Não houve explicitação, por parte dos agricultores, dos motivos da exclusão desses critérios
 - 3 decisores desconsideraram o critério “risco de contaminação dos agricultores”. Com exceção do agricultor, que não ponderou esse critério, os outros 2 decisores ressaltaram a existência de outros riscos inerentes ao uso de água de reúso. Um decisor propôs alterar a denominação desse critério para riscos de contaminação dos produtos agrícolas, pois a maior preocupação é com a saúde da população que consumirá os produtos irrigados com água de reúso. Em realidade, o uso da água de reúso envolve riscos à saúde dos agricultores e da população usuária dos produtos irrigados. Os cuidados inerentes ao manuseio e ao consumo de produtos irrigados deverão constituir-se em condição essencial à utilização da água de reúso. Dessa forma, decidiu-se excluir esse critério. Quando da implantação da alternativa, deverão ser apresentadas as condições necessárias à manipulação da água de reúso, bem como o tipo de irrigação e de cultura a ser utilizado, de modo a reduzir os riscos à saúde humana

Tabela 4.7 – Relação dos critérios desconsiderados pelos decisores

Critérios desconsiderados	Decisores (por setores) (*)										
	Saúde			Saneamento		Agricultores		Ambiental	Professores	Ministério Público Federal	
	D1	D2	D3	D6	D7	D8	D10	D11	D12	D14	D16
Taxa de crescimento populacional	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
Renda <i>per capita</i>	X				X	X		X	X	X	X
Consumo de água <i>per capita</i>	X			X	X	X			X		
Acesso à água potável	X					X			X		
Risco de contaminação dos agricultores	X					X		X (b)	X		
Doenças de veiculação hídrica	X					X			X		
Ganho econômico	X										
Atratividade agrícola, industrial e pecuária	X										
Área passível de ser irrigada com água de reúso			X (a)								
Acesso à coleta de esgotos					X		X		X		

(*) D – significa decisor; (a) Acredita que essas áreas já estão definidas no Mapa de Reúso; (b) Propõe alterar a denominação deste critério para Riscos de contaminação dos produtos agrícolas.

- 1 decisor (do setor saúde) excluiu o critério “ganho econômico”. Segundo ele, *se você considerar esse critério não pode ser desconsiderada a viabilidade econômica do reúso*. Ressalta-se que a análise de viabilidade econômica da água de reúso não é objeto deste trabalho. Procurou-se apenas determinar o ganho econômico das alternativas, considerando-se, apenas, a economia que se faz ao se reduzir o consumo de adubo
- 9 decisores desconsideraram o critério “taxa de crescimento populacional” e 6 decisores desconsideraram o critério “renda *per capita*”. Um decisor sugeriu agregá-los, mas nada declarou sobre a forma de avaliação dos critérios, como solicitado. Outro decisor, informou que *o critério taxa de crescimento não indica muito sobre a população – que população total ou densidade populacional dizem mais*
- 1 decisor (do setor saúde) desconsiderou o critério “doenças de veiculação hídrica”; crê-se que ele confundiu este critério com a utilização do Mapa de Zoneamento Hidrogeológico, que trata das classes de vulnerabilidade de aquíferos; pode-se constatar em sua justificativa para desconsiderar o critério: *no seu trabalho você diz que as áreas escolhidas têm menor susceptibilidade à contaminação; por que esse critério seria importante? não seria melhor você considerar como critério à susceptibilidade a contaminação?*
- 3 decisores desconsideraram os critérios “consumo de água *per capita*” e “acesso à água potável”; 1 deles sugeriu agregá-los no critério denominado de “escassez de água”, porém não disse como avaliá-lo
- apesar de ponderar o critério “consumo de água *per capita*”, um outro decisor informou que a relação água

disponível/população indica melhor a facilidade de obtenção de água

- apenas 1 decisor (do setor saúde) excluiu o critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”. Segundo esse decisor: *por que será atrativo se a água utilizada na irrigação é normalmente retirada de cursos d’água superficiais e subterrâneas sem custo? na pecuária, não deveria ser levada em consideração a saúde animal, se essa água for utilizada na dessedentação dos mesmos?*. Em realidade, o objetivo de se avaliar esse critério foi considerar que outros atributos as alternativas poderiam ter, a fim de se tornassem mais atrativas para o reúso, em relação às demais. Nesse sentido, foram acrescentadas as atividades pecuária e industrial e amplificado o uso na agricultura
- apenas 1 decisor (do setor saúde) desconsiderou o critério “área passível de ser irrigada com água de reúso”; segundo ele, essas áreas estão no Mapa de Reúso. Embora desconsiderando o critério, o decisor o ponderou. Teoricamente, áreas passíveis de reúso estão apresentadas no Mapa de Reúso. Entretanto, não existe água de reúso suficiente para atender a toda a demanda
- o critério “acesso à coleta de esgotos” foi desconsiderado por 3 decisores: 1 decisor (do grupo dos professores universitários) sugeriu considerar um fator “disponibilidade de esgotos”, levando-se em consideração quantidade e qualidade de esgoto tratado. No entanto, não esclareceu como avaliar esses critérios de forma conjunta
- 1 decisor, apesar de desconsiderar o critério “área passível de ser irrigada com água de reúso”, ponderou-o

Os critérios sugeridos pelos decisores encontram-se discriminados e analisados nas Tabelas 4.8 e 4.9.

Quanto à forma de avaliação dos critérios, apenas dois decisores fizeram considerações.

- o primeiro (do setor saneamento) sugeriu: *área passível de ser irrigada deve ser relacionada com a população (razão entre um e outro)*
- o segundo (do setor ambiental) apresentou considerações relativas aos critérios:
 - **Ganho econômico** - *a economia não ficará restrita apenas à diminuição dos gastos com fertilizantes*. Concorda-se com a opinião do decisor. Muitos são os ganhos que estão relacionados à utilização de água de reúso, inclusive fatores cujos custos não se encontram hoje internalizados, como custo da água e custo ambiental da fabricação de fertilizantes
 - **Riscos de contaminação dos agricultores e atratividade agrícola, industrial e na pecuária** – expõe que a forma de avaliação não está suficientemente clara; ressalte-se, a apresentação de todos os critérios e sua forma de avaliação foram objeto de explanação durante a apresentação do trabalho; como o tipo de avaliação não é usual, em especial para esses critérios²⁵, crê-se que este fator dificulta seu entendimento.

²⁵ A avaliação desses critérios é feita a partir das respostas "sim = 1" ou não = 0".

Tabela 4.8 – Relação dos critérios sugeridos pelos decisores do setor de saúde

Setor saúde	Critérios sugeridos	Análise dos critérios sugeridos
Decisor 1	Susceptibilidade à contaminação – risco às águas subterrâneas.	Já considerado na elaboração do Mapa de Reúso.
	Disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas das bacias.	Essa informação não se encontra disponível por Região Administrativa.
	Identificação dos potenciais contaminantes de risco à saúde humana	O decisor não apresentou a forma de avaliação desses critérios, conforme solicitado.
	Existência de sistemas de saneamento: abastecimento de água e coleta de esgoto.	
Decisor 2	Vazão disponível para reúso	Já considerado no cálculo da área passível de ser irrigada com água de reúso
	Correlacionar o risco de contaminação de pessoas (adultos e crianças) em contato com jardins e parques públicos.	A irrigação de jardins e parques públicos não é objeto deste trabalho. Está prevista a irrigação de áreas agrícolas e dos canteiros ornamentais. Estes ocorrem nos cruzamentos, onde o acesso de crianças é extremamente limitado. Os adultos que têm acesso são os trabalhadores da NOVACAP, responsáveis pela irrigação dos mesmos.
	Ao invés da taxa de crescimento populacional, deveria correlacionar a influência do aumento populacional com o aumento da produção agrícola.	Não informou como considerar apenas o fator crescimento populacional no aumento da produção agrícola.
Decisor 3	Critérios agrônômicos, tais como tipo de cultura, assim como variáveis do próprio sistema de reúso (questão da salinidade, técnica de irrigação e peculiaridades do solo).	Apesar de terem sido sugeridos como critérios, não foram ponderados (como sugerido pelo trabalho). São fatores importantes para serem considerados quando da implantação de sistemas de reúso de água.
Decisor 4	Risco de salinização do solo.	Apesar de ter sido sugerido como critério, não o ponderou (como sugerido pelo trabalho). É um fator importante a ser considerado quando da implantação de sistemas de reúso de água.

Tabela 4.9 – Relação dos critérios sugeridos pelos decisores dos setores saneamento, professores universitários e Ministério Público

Federal

Setor saneamento	Critérios sugeridos	Análise dos critérios sugeridos
Decisor 5	Acrescentar mais uma atratividade, a aquícola. <i>A forma de avaliação não terá nenhuma diferenciação com esse acréscimo.</i>	O critério atratividade, da forma como foi estruturado, pressupõe a existência da atividade, como é o caso da industrial, agrícola e pecuária. A avaliação desse critério considerou o uso dos mapas de Uso e Ocupação do Solo e de Reúso. A atividade aquícola não é apresentada no mapa de uso do solo. A inserção de mais um tipo de atratividade demandaria uma avaliação específica das áreas disponíveis para essa atividade, o que não foi objeto deste estudo.
Professor (Decisor 13)	<ul style="list-style-type: none"> a) Disponibilidade de água “limpa”; b) Garantia de oferta de água de reúso; c) Garantia de consumo; d) Qualidade de água requerida pelas diversas culturas; e) Distância dos consumidores e distribuição espacial dos empreendimentos agrícolas; f) Tarifa resultante dos fatores anteriores; g) Garantia de preservação do solo; h) Garantia de preservação dos produtos agrícolas; i) Geração de empregos; j) Preservação ambiental (com ênfase nos recursos hídricos). 	São itens que devem ser observados quando da elaboração de projetos específicos de reúso.
Ministério Público Federal (Decisor 14)	<p>Uso dos córregos existentes na bacia.</p> <p>Susceptibilidade à contaminação da bacia.</p> <p>Tipos de culturas existentes na bacia.</p>	<p>O decisor não informou o porquê e a forma de avaliação desse critério.</p> <p>Ressalta-se que todas as áreas de influência das alternativas, identificadas pela analista, encontram-se em mais de uma bacia hidrográfica (Figura 4.3).</p> <p>O decisor não informou a forma de avaliação desse critério.</p>

Na apresentação do trabalho, 2 agricultores ponderaram:

- 1.º) *acredita que as pessoas podem usar sem problema o esgoto tratado (decisor 8)*
- 2.º) *gostou do trabalho; nada a acrescentar; acredita poder haver preconceito das pessoas em consumir os produtos agrícolas e que agricultores não têm preconceitos em usar água de reúso (decisor 9).*

Após o recebimento dos formulários, foram somados todos os pesos para cada critério e escolhidos os de maiores valores, conforme a metodologia do trabalho (Capítulo 3). A Tabela 4.10 mostra o resultado dessa operação por grupo de decisores. Detalhamento sobre os pesos atribuídos pelos decisores, para cada um dos critérios, encontra-se no Anexo V.

Tabela 4.10 – Resultado da ponderação dos critérios para diversos grupos de decisores

Critérios selecionados	Ponderação dos grupos de decisores							
	Todos		Agricultores		Técnicos (*)		Saúde	
	pesos	%	pesos	%	pesos	%	pesos	%
Ganho econômico	27,0	25,3	7,5	29,4	19,5	24,0	4,3	19,1
Área passível de ser irrigada	23,5	22,0	5,5	21,6	18,0	22,1	4,5	20,0
Acesso à água potável	11,4	10,7	1,5	5,9	9,9	12,2	1,8	8,0
Acesso à coleta de esgotos	11,6	10,9	1,5	5,9	10,1	12,4	4,5	20,0
Doenças de veiculação hídrica	15,3	14,3	1,5	5,9	13,8	17,0	5,5	24,4
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	18,0	16,9	8,0	31,4	10,0	12,3	1,9	8,4

(*) todos os decisores (exceto os agricultores)

Dos critérios sugeridos pela analista, “taxa de crescimento populacional”, “renda *per capita*” e “consumo de água *per capita*” obtiveram baixa pontuação e não foram selecionados para a aplicação no Método ELECTRE III. As pontuações foram, respectivamente, de 3,1; 4,0 e 9,2.

Os critérios sugeridos pelos decisores tiveram pontuações que variaram de 0,5 a 3,0 e também não foram utilizados no Método. Numa avaliação mais criteriosa, dever-se-ia fazer uma discussão mais abrangente entre os diferentes participantes do processo para que todos tivessem a oportunidade de apresentar aos outros decisores as suas opções de critérios. Nesse caso, outros critérios poderiam ter sido utilizados e ponderados. Neste caso, a ponderação final poderia ter sido diferente.

Ressalte-se que a soma das pontuações dos critérios sugeridos pela analista representou 86% do total. Individualmente, as pontuações variaram de 3,1 a 27,0 para cada um dos critérios. A partir da Tabela 4.10, observa-se que:

- o grupo dos técnicos considerou os critérios “ganho econômico” e “área passível de ser irrigada com água de reúso” como os mais importantes, o que reflete a visão econômica desses decisores
- o critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária” foi o mais pontuado pelos agricultores, ponderação que possivelmente contribuiu para o critério obter o terceiro lugar na avaliação de todos os decisores
- para os decisores do setor saúde, o critério “doenças de veiculação hídrica” foi o melhor pontuado
- o resultado da ponderação refletiu as percepções esperadas para os diferentes decisores, que estão relacionadas aos diferentes papéis que esses desempenham na sociedade.

4.2.3 Da utilização do Método ELECTRE III

A partir do que se discutiu no item anterior, os critérios a considerar na avaliação das alternativas são: “ganho econômico”, “área passível de ser irrigada

com água de reúso”, “acesso à água potável”, “acesso à coleta de esgotos”, “doenças de veiculação hídrica” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”.

Para os critérios “acesso à água potável” e “acesso à coleta de esgotos”, a avaliação é direta. Esses dados (Tabela 4.11) relacionam-se às RAs Brazlândia, Samambaia, Gama, Brasília, Planaltina e São Sebastião.

Tabela 4. 11– Resultado da avaliação das alternativas para os critérios “acesso à água potável” e “acesso à coleta de esgotos”

Alternativas	Avaliação dos critérios ^(*)	
	Acesso à água potável (% de atendimento)	Acesso à coleta de esgotos (% de atendimento)
Brazlândia	97,96	86,82
Samambaia/Melchior	99,95	95,87
Gama	96,04	95,65
Sul	99,96	99,44
São Sebastião	83,95	76,98
Planaltina	65,72	52,98
Total		

Fonte: CAESB (2002b)

(*)Dados levantados nas Regiões Administrativas de Brazlândia, Samambaia, Gama, Brasília, São Sebastião e Planaltina.

Para os demais critérios serão resumidamente apresentadas suas formas de avaliação. No Anexo VI detalham-se as considerações adotadas nas avaliações.

Ganho econômico

Pela complexidade de se contabilizarem os custos ambientais relacionados a reúso de água, o critério "ganho econômico" ficou restrito (neste caso) à economia que se faz ao reduzir o uso de adubo nas atividades-objeto de estudo deste trabalho. Optou-se por considerar o ganho econômico como o ganho financeiro correspondente à economia de adubo. A abordagem caracteriza-se uma

subestimativa, mas, acredita-se, coerente com o tipo de decisão tomada e a fase do processo decisório, em que se busca hierarquizar, dentre as alternativas de reúso, quais merecem ser detalhadas para a fase posterior de implementação.

A proposta inicial deste trabalho era que a avaliação desse critério consideraria o ganho econômico da alternativa, como o valor aproximado, em reais, a ser poupado com a compra de adubos, já subtraído o custo do tratamento de esgotos. Este valor seria o de venda do esgoto tratado para fins de reúso.

Após tentativas de estabelecer preço – inclusive aplicando-se o valor de venda da SABESP (SEMURA 2005) - concluiu-se que como melhor opção o fornecimento (pela CAESB) do efluente tratado, em nível secundário. Efluentes desta qualidade atendem às Diretrizes da OMS para uso em culturas classificadas como categoria C. Dessa forma, os agricultores poderiam utilizar esses efluentes nas grandes culturas do DF (milho, soja, café e trigo). Em situação real, os órgãos ambientais e de saúde pública poderiam demandar critérios mais exigentes.

Com essa estratégia, a CAESB economizaria recursos financeiros atualmente despendidos no tratamento terciário, que remove grande percentual dos nutrientes do esgoto. Em realidade, esse tratamento deixa os efluentes menos atrativos para a agricultura. Das alternativas selecionadas neste trabalho, aquelas relacionadas às ETES Sul, Samambaia, Gama e Melchior possuem tratamento terciário.

Essa forma de fornecimento da água de reúso seria a mesma já adotada pela CAESB para o lodo de esgoto gerado nas suas ETES. Ou seja, há o controle do uso, inclusive com treinamento dos agricultores que o recebem, no entanto não há cobrança.

Ressalte-se que o custo médio para o tratamento terciário nas ETES Gama, Samambaia, Melchior e Sul é aproximadamente R\$ 0,36²⁶/m³, considerados

²⁶ O valor de R\$ 0,36/m³, por se constituir dado médio, pode levar a superestimativas ou subestimativas, caso não seja considerado o custo marginal decrescente.

os valores médios da ETE Samambaia (janeiro a junho de 2005²⁷). O valor da água de reúso da SABESP para venda às prefeituras de São Paulo é R\$ 0,38/m³ (SEMURA 2005), mas se a CAESB o cobrasse, ele não seria viável para os agricultores e a NOVACAP, de acordo com os cálculos apresentados no Anexo VI. A água de reúso fornecida pela SABESP passa por processo de filtração e desinfecção posterior ao tratamento secundário nas ETEs (SEMURA 2005). Estudos específicos detalhados devem preceder a escolha do valor adequado à CAESB e a possíveis usuários de água de reúso. Simplificando a análise, a CAESB doaria o esgoto tratado, e os usuários arcariam com o transporte.

Para calcular o ganho econômico da alternativa fez-se inicial levantamento dos preços de adubos empregados na agricultura do DF, optando-se pelos de menor preço, segundo valores disponibilizados pela EMATER (2004). A partir das características qualitativas e quantitativas do esgoto tratado, calculou-se a quantidade dos nutrientes - nitrogênio, potássio e fósforo - presentes no esgoto. O resultado apresenta a quantidade de nutrientes a ser fornecida pela água de reúso em 4 meses. Em seguida, calculou-se o preço dos adubos que forneceriam os mesmos teores de nutrientes presentes na água de reúso. Utilizaram-se os menores preços de adubos, conforme os dados disponibilizados pela EMATER (2004). O valor encontrado é a avaliação da alternativa. Por serem de 2004, os dados da EMATER podem haver subestimado preços e alternativas.

O ganho econômico da alternativa compreendida pela ETE Sul considerou a economia total na compra de adubo para canteiros ornamentais e culturas agrícolas. Nos canteiros, o consumo diário de água para irrigação é 10mm/m² (ALENCAR 2004). O consumo total de água de reúso em 4 meses seria 201.600 m³. O cálculo da quantidade dos nutrientes, necessária para a adubação desses canteiros, considerou dados da NOVACAP (2003).

²⁷ Esse valor só foi possível ser obtido para a ETE Samambaia, porque se implantou o tratamento terciário dessa ETE após funcionar com tratamento secundário muitos anos. Como o levantamento levou em conta apenas os custos operacionais de uma ETE no período de 6 meses, constitui-se em valor aproximado. Os dados foram fornecidos por técnico da CAESB (em setembro de 2005).

O resultado da avaliação desse critério encontra-se na Tabela 4.12 para todas as alternativas.

Tabela 4. 12– Resultado da avaliação das alternativas para o critério “ganho econômico”

Alternativas	Avaliação do critério “ganho econômico” (R\$) ^(a)
Brazlândia	61.100
Samambaia/Melchior	531.000
Gama	158.000
Sul	796.300 ^(b)
São Sebastião	13.800
Planaltina	35.700
Total	1.595.600

(a)Corresponde ao valor economizado (em reais) com a compra de adubos, a partir do uso da água de reúso, (b) desse total, R\$ 16.300 é a economia de adubo para os canteiros ornamentais.

Área passível de ser irrigada com água de reúso

Com os dados das vazões de reúso disponíveis (Tabela 4.4) e o consumo médio de água na agricultura, a partir de dado fornecido por CAESB e MEL (2004)²⁸, calcula-se a área passível de ser irrigada com água de reúso. A Tabela 4.13 mostra a avaliação desse critério para todas as alternativas. No caso da ETE Sul, a área de 2.338 ha (Tabela 4.13) inclui os 16,80ha de canteiros ornamentais.

²⁸ 0,8 L/s.ha ou 829,44 L água/m² no ciclo de 4 meses. Este valor foi fornecido por CAESB e MEL (2004) para irrigação do tipo localizada no DF. Dividiu-se esse valor por dois, pois o sistema não funciona 24h/dia. Dessa forma, o valor utilizado neste trabalho foi de 0,4 L/s.ha.

Tabela 4. 13– Resultado da avaliação das alternativas para o critério “área passível de ser irrigada com água de reúso”

Alternativas	Avaliação do critério “área passível de ser irrigada com água de reúso” (ha)
Brazlândia	82
Samambaia/Melchior	1.270
Gama	471
Sul	2.338
São Sebastião	46
Planaltina	61
Total	4.268

Na Tabela 4.13, as áreas são aproximadas, pois o volume de água de reúso a ser utilizado na irrigação depende do tipo de cultura e do sistema de produção. As áreas agrícolas irrigáveis totais, por alternativa, foram determinadas a partir do Mapa de Reúso e se encontram na Tabela 4.14.

Tabela 4.14 – Áreas agrícolas irrigáveis totais em cada alternativa

Alternativas	Área (ha)
Brazlândia	7.098
Samambaia/Melchior	5.476
Gama	3.600
Sul	3.209 ^(*)
São Sebastião	652
Planaltina	2.459
Total	22.494

(*) Acrescentando-se os 16,80 ha de canteiros ornamentais, chega-se a 3.226 ha

Para todas as alternativas observa-se diferença entre as áreas apresentadas nas Tabelas 4.13 e 4.14, porque o volume de esgoto fornecido pelas ETEs não atenderia à demanda de irrigação. Desse modo é possível inserir outras ETEs em cada alternativa definida neste trabalho.

De todas alternativas, só a ETE Sul seria capaz de suprir maior percentual da demanda de irrigação: 100% da irrigação paisagística e 72% da demanda agrícola. Brazlândia, Samambaia/Melchior, Gama, São Sebastião e Planaltina atenderiam, respectivamente, a 1%, 23%, 13%, 7% e 2% da demanda agrícola. As alternativas definidas neste trabalho têm potencial para gerar cerca de 1.720 L/s de água de reúso, correspondentes a 26% da atual demanda de água para as grandes culturas do DF. Na hipótese de se utilizarem todas as ETEs, o percentual se eleva a 34%. Com água de reúso na irrigação poupam-se recursos hídricos locais, economizam-se adubos e aumenta-se a produtividade das culturas.

Doenças de veiculação hídrica

Para avaliar esse critério criou-se um índice que relaciona o número de casos de doenças de veiculação hídrica para uma população de 100.000 hab. Os dados populacionais foram por RA. Os casos de doença de veiculação hídrica de notificação compulsória foram agrupados, mas não se consideraram as especificidades de cada uma das doenças, como o fazem estatísticas governamentais. Resultou o índice: número de casos de doenças de veiculação hídrica/100.000 hab para cada RA.

As doenças selecionadas são transmitidas, dentre outros fatores, por água contaminada com fezes ou esgotos sanitários, de acordo com classificação de HELLER (1997), e que são de notificação compulsória. Nesse caso, as doenças consideradas foram: cólera, febre tifóide, hepatite A, leptospirose e poliomielite. Os dados para se avaliar esse critério são do SEDUH (2002), à exceção dos da hepatite A, fornecidos pela Secretaria de Estado Saúde do Distrito Federal (via *e-mail*), pois o SEDUH (2002) apresenta os números de casos para todos os tipos de hepatite de forma agregada. Para compatibilizar os dados de doenças de veiculação hídrica aos de população, mantiveram-se os dados do mesmo período (ano 2000). O resultado da avaliação desse critério encontra-se na Tabela 4.15.

Tabela 4. 15– Resultado da avaliação das alternativas para o critério “doenças de veiculação hídrica”

Alternativas	Avaliação do critério “doenças de veiculação hídrica” (nº casos/100.000hab) ^{(a) (b)}
Brazlândia	25
Samambaia/Melchior	10
Gama	33
Sul	6
São Sebastião	9
Planaltina	11

(a) Dados levantados nas Regiões Administrativas de Brazlândia, Samambaia, Gama, Brasília, São Sebastião e Planaltina; (b) Calculado em função dos dados fornecidos pelo SEDUH(2002) e pela Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. A população para esse cálculo foi obtida de SEDUH (2002).

Atratividade agrícola, industrial e na pecuária

As perguntas a seguir serviram à avaliação deste critério. Para as respostas "sim" e "não" atribuíram-se, respectivamente, 1 e 0. Os detalhamentos das respostas às questões encontram-se no Anexo VI. O resultado final da alternativa é soma das avaliações dos itens **a, b, c, d**.

- a) A alternativa é um pólo agrícola do DF? - A resposta "sim" a essa questão seria atribuída às alternativas de maiores percentuais de áreas agrícolas passíveis de irrigadas com água de reúso, de acordo com os valores da Tabela 4.14. Apenas a alternativa relacionada à ETE São Sebastião teve resposta "não" (avaliação zero).
- b) No Mapa de Uso e Ocupação do Solo identificam-se indústrias na alternativa? - Nesta avaliação utilizou-se o traçado das alternativas (Figura 4.4). A resolução da imagem permite identificar indústrias

na escala de 1:50.000. O mapa utilizado mostra as maiores áreas industriais do DF. A resposta "sim" corresponde às alternativas em que se observam áreas industriais; só ocorreu nas alternativas relativas às ETES Samambaia/Melchior e Gama.

- c) A alternativa se constitui em um pólo de pecuária do DF? – Nesta avaliação também se fez uso do Mapa de Uso e Ocupação do Solo do DF , Figura 4.4. A resposta “sim” foi dada às alternativas em que se pode observar áreas utilizadas na pecuária. Ocorre em todas as alternativas, exceto naquela relacionada à ETE Sul.
- d) A alternativa tem o potencial para se tornar grande fornecedora de água de reúso? - Para avaliação desse item foram calculadas as vazões de todas as ETES inseridas por alternativa. As alternativas relacionadas às ETES Samambaia/Melchior e Sul têm potencial para fornecer cerca de 26% e 60%, respectivamente, do volume de esgoto tratado no DF . Cada uma recebeu um ponto.

A Tabela 4.16 apresenta o resultado da avaliação do critério "atratividade agrícola, industrial e na pecuária".

Tabela 4. 16 – Resultado da avaliação das alternativas para o critério "atratividade agrícola, industrial e na pecuária".

Alternativas	Avaliação do critério "atratividade agrícola, industrial e na pecuária" (adimensional)
Brazlândia	2
Samambaia/Melchior	4
Gama	3
Sul	2
São Sebastião	1
Planaltina	2

O resultado da avaliação de todas as alternativas para todos os critérios encontra-se na Tabela 4.17.

Tabela 4. 17 – Resultado da avaliação das alternativas para cada um dos critérios selecionados para aplicação do Método ELECTRE III

Alternativas	Avaliação dos critérios					
	Ganho econômico (R\$) ^(a)	Área passível de ser irrigada com água de reúso (ha)	Acesso à água potável (% de atendimento) ^{(b) (c)}	Acesso à coleta de esgotos (% de atendimento) ^{(b) (c)}	Doenças de veiculação hídrica (nº casos/100.000hab) ^{(b) (d)}	Atratividade agrícola, industrial e na pecuária (adimensional)
Brazlândia	61.100	82	97,96	86,82	25	2
Samambaia/Melchior	531.000	1.270	99,95	95,87	10	4
Gama	158.000	471	96,04	95,65	33	3
Sul	796.000	2.338	99,96	99,44	6	2
São Sebastião	13.800	46	83,95	76,98	9	1
Planaltina	35.700	61	65,72	52,98	11	2
Total	1.595.600	4.268				

(a) Corresponde ao valor economizado (em reais) com a compra de adubos, a partir do uso da água de reúso, (b) Dados levantados nas Regiões Administrativas de Brazlândia, Samambaia, Gama, Brasília, São Sebastião e Planaltina, (c) CAESB (2002b), (d) calculado por dados fornecidos pelo SEDUH(2002) e pela Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. A população foi obtida de SEDUH (2002).

A partir dos dados da Tabela 4.17, a alternativa relacionada à ETE:

- *Sul* - foi a melhor avaliada para todos critérios, exceto “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”, no qual obteve a terceira classificação, juntamente com as alternativas ETE Brazlândia e ETE Planaltina; a alternativa relacionada às ETEs Samambaia/Melchior obteve a primeira classificação
- *Samambaia/Melchior* - foi a segunda colocada na avaliação dos critérios "ganho econômico", "área passível de ser irrigada com água de reúso", "acesso à água potável" e "acesso à coleta de esgotos"
- *Gama* - bem avaliada nos critérios "atratividade agrícola, industrial e na pecuária" (segundo lugar); "ganho econômico", "área passível de ser irrigada com água de reúso" e "acesso à coleta de esgotos" (terceiro lugar); mas pior colocada em "doenças de veiculação hídrica"
- *Brazlândia* - bem avaliada nos critérios “acesso à água potável” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária” (terceiro lugar); quarto lugar em "ganho econômico", "área passível de ser irrigada com água de reúso", “acesso à coleta de esgotos”
- *São Sebastião* - muito bem colocada na avaliação do critério “doenças de veiculação hídrica” (segundo lugar), recebeu a pior avaliação em "ganho econômico" e "área passível de irrigação com água de reúso"
- *Planaltina* - bem posicionada para o critério "atratividade agrícola, industrial e na pecuária" (terceira colocada); nos critérios “acesso à água potável” e “acesso à coleta de esgotos” recebeu a pior avaliação

Após esta etapa definiram-se os limiares a utilizar na aplicação do Método ELECTRE III: coeficientes de indiferença que variaram de 2 a 5%; de

preferência restrita, que variaram de 20 a 50%; de veto (95 a 100%). Seguem-se os limiares por critério utilizado no trabalho:

- para "ganho econômico" considerou-se como limiar de indiferença variação de até 2% entre a avaliação de uma alternativa e outra; como limiar de preferência restrita, variação de 20%, considerando-se incomparáveis alternativas com diferenças superiores a 95%
- para "área passível de ser irrigada" foram arbitrados os valores de **q**, **p** e **v**, respectivamente 3%, 20% e 97%
- para os critérios "acesso à água potável", "acesso à coleta de esgotos" e "doenças de veiculação hídrica" adotaram-se, para os mesmos limiares, os valores: $q = 5\%$, $p = 30\%$ e $v = 95\%$
- para "atratividade agrícola, industrial e na pecuária" foram adotados os limiares $q = 5\%$, $p = 50\%$ e $v = 100\%$.

Quando a avaliação de um critério possui valores com grande dispersão, leva à escolha de amplos valores para limiares de preferência e de indiferença. Para escolher os limiares dos critérios “ganho econômico”, “área passível de ser irrigada” e “atratividade agrícola, industrial e na pecuária” – em que ocorre grande dispersão dos valores para a avaliação desses critérios - optou-se por utilizar o valor de referência como sendo a maior avaliação de cada um desses critérios, a fim de proporcionar maior faixa de valores para os limiares. Para os demais critérios, sem grande dispersão entre os valores de suas avaliações, o valor de referência foi a diferença entre o maior e o menor valor das avaliações dos critérios.

A Tabela 4.18 apresenta limiares, valores de referência e sentidos de preferência utilizados na aplicação Método ELECTRE III.

Tabela 4.18 - Limiares utilizados na aplicação do Método ELECTRE III.

Critérios	Direção de preferência (maior ou menor)	Limiares			Valor de referência
		q	p	v	
Ganho econômico	Maior ^(a)	15.920 ou 2%	159.200 ou 20%	756.200 ou 95%	796.000
Área passível de ser irrigada com água de reúso	Maior	70 ou 3%	467 ou 20%	2.268 ou 97%	2.338
Acesso à água potável ^(b)	Maior	1,71 ou 5%	10,27 ou 30%	32,53 ou 95%	34,24 ^(e)
Acesso à coleta de esgotos ^(b)	Maior	2,3 ou 5%	13,94 ou 30%	44,14 ou 95%	46,46 ^(e)
Doenças de veiculação hídrica ^(b,c)	Menor ^(d)	1,35 ou 5%	8,1 ou 30%	25,65 ou 95%	27 ^(e)
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	Maior	0,2 ou 5%	2 ou 50%	4 ou 100%	4

(a) Quanto maior o valor da avaliação do critério, melhor a alternativa; (b) critérios relacionados à questão da saúde das populações; (c) número de casos de doenças de veiculação hídrica /100.000 habitantes; (d) quanto menor o valor da avaliação do critério, melhor a alternativa; (e) diferença entre a maior e a menor avaliação do critério.

Conforme se previu na Metodologia (Capítulo 3), aplicou-se o Método ELECTRE III incluindo os dados:

- de todos os decisores;
- dos agricultores;
- dos técnicos;
- dos decisores do setor saúde.

O resultado dessas aplicações encontra-se na Tabela 4.19.

Tabela 4. 19 – Resultados da aplicação do Método ELECTRE III

Condições de aplicação do Método ELECTRE III	Classificação das alternativas				
	1º	2º	3º	4º	5º
Todas as alternativas e decisores	Sul	Samambaia/ Melchior	Gama	Brazlândia/ São Sebastião	Planaltina
Todas as alternativas e apenas os decisores do Setor Saúde	Sul	Samambaia/ Melchior	São Sebastião	Brazlândia/ Gama	Planaltina
Todas as alternativas e todos os decisores técnicos (todos exceto agricultores)	Sul	Samambaia/ Melchior	Gama	Brazlândia/ São Sebastião	Planaltina
Todas as alternativas e apenas os agricultores como decisores	Samambaia/ Melchior e Sul	Gama	Brazlândia	São Sebastião/ Planaltina	-----

A partir dos dados apresentados na Tabela 4.19, observa-se que, após a aplicação do Método ELECTRE III:

- a alternativa relativa à ETE Sul foi a melhor avaliada, seguida da alternativa relacionada às ETES Samambaia/Melchior. Esta foi a segunda classificada em todas aplicações do ELECTRE III, à exceção da que utilizou dados dos agricultores. Nesse caso, essa alternativa obteve a primeira colocação juntamente com a ETE Sul
- a terceira colocação ficou dividida entre as ETES Gama, Brazlândia e São Sebastião. A ETE Gama obteve segunda colocação para o grupo de agricultores; essa alternativa havia sido bem avaliada no critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”, aquele que recebeu a maior ponderação pelo grupo de agricultores
- a alternativa relacionada à ETE Planaltina ficou na pior posição, mas ficou em quarto lugar (empatada com a ETE São Sebastião) para o grupo de agricultores. Ressalta-se que a ETE Planaltina foi bem avaliada no critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”, bem ponderado pelo grupo de agricultores

Observa-se assim que o método multicritério utilizado foi sensível às diferentes percepções dos decisores. No Anexo VII encontram-se as matrizes de “concordância global”, de “credibilidade” e “classificatória”, para todas aplicações do Método ELECTRE III.

Objetivando avaliar o trabalho realizado, os 16 decisores que contribuíram com dados de entrada para o Método ELECTRE III foram convidados a responder às seguintes perguntas:

- o resultado corresponde à sua expectativa?
- a forma de apresentação do resultado é satisfatória para você?

Esta etapa do trabalho foi realizada entre 15/01/2006 e 17/02/2006. Dos 16 decisores, 11 responderam (cerca de 69% dos participantes da primeira fase ou 52% do total inicial de decisores entrevistados). Em resposta à primeira pergunta (o resultado corresponde à sua expectativa?), 9 decisores responderam "sim"; 2 responderam "em termos". Para a segunda pergunta (a forma de apresentação do resultado é satisfatória para você?) todos os decisores responderam "sim". Deduziu-se que embora não tenha havido a segunda etapa de trabalho com os decisores, eles aceitaram muito bem os resultados.

4.3. Discussão Geral dos Resultados

Apresentam-se em seguida reflexões advindas dos resultados:

- o trabalho realizado foi de planejamento do reúso no DF; na hipótese de implementá-lo, há necessidade de analisar, entre outros, aspectos não objetivados aqui: logística de distribuição, tipos de culturas e de sistemas de irrigação, garantia de oferta de água de reúso e garantia de consumo
- a percepção das populações (in)diretamente relacionadas ao reúso e a disposição da CAESB de fornecer efluente tratado podem constituir veto ao processo de implementação do reúso de água no Distrito Federal
- a maioria dos decisores respondentes ao formulário não estava familiarizada com métodos multicritério de auxílio à decisão; isto se refletiu em contribuições com tais características:
 - não-ponderação dos critérios sugeridos
 - critérios desconsiderados, porém ponderados
 - sugestão de critérios sem informar o modo de avaliação

- sugestão de critérios não pertinentes ao trabalho

Os decisores sugeriram critérios sobremaneira importantes à avaliação de alternativas de reúso, caso houvesse dados por Região Administrativa do Distrito Federal. Destaque-se, utilizar dados agregados do DF não favorece a diferenciação das alternativas. A analista teve também dificuldades para definir critérios para escolher alternativas de reúso de água no DF e que tivessem dados disponibilizados por RA. À parte as dificuldades, o trabalho desenvolvido com os decisores possibilitou:

- identificar possíveis atores, que poderiam ser chamados para participar de um processo real de tomada de decisão quanto ao reúso de água no DF
- ponderar critérios, de acordo com as percepções de cada decisor e grupo de decisores
- incorporar ao processo de tomada de decisão os aspectos econômico, saúde humana e meio ambiente

Considerando-se os resultados obtidos e a avaliação dos decisores no fim do trabalho, acredita-se que alternativas, critérios, pesos, limiares e a escolha do método foram adequados ao problema.

5 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dos resultados obtidos nesta Tese concluiu-se que:

- o procedimento metodológico mostrou-se apropriado aos objetivos do trabalho; iniciando-o com ampla pesquisa bibliográfica, levantaram-se informações do Distrito Federal e das ETes para identificar e caracterizar parâmetros relevantes ao planejamento de reúso de água; usaram-se mapas e confeccionou-se o Mapa de Reúso para se definir as áreas do DF mais apropriadas ao reúso na irrigação agrícola e na paisagística; as ações com os decisores indicaram alternativas, critérios e pesos para aplicar-se o Método ELECTRE III
- do trabalho desenvolvido, é possível planejar o reúso considerando áreas mais apropriadas (a partir do uso do Mapa de Reúso) e vários horizontes temporais. As alternativas resultantes da aplicação do Método ELECTRE III podem indicar qual alternativa merece ser detalhada em um estudo de viabilidade
- os decisores foram imprescindíveis à identificação de pesos e critérios para uso no Método ELECTRE III, além de confirmarem as alternativas previamente identificadas pela analista
- o levantamento bibliográfico sobre métodos multicritério apontou a escolha do Método ELECTRE III como adequado ao tipo de problema estudado
- dos critérios sugeridos pelos decisores, muitos importarão à etapa posterior a esta pesquisa (elaborar estudos de viabilidade de projetos de reúso de água); neste caso enquadram-se investimentos necessários, garantia de oferta e de consumo de água de reúso (quantidade)

- o processo de avaliação dos critérios por alternativa deu-se de forma satisfatória, sem ser preciso presença decisores, porque a avaliação foi estruturada demandando dados oficiais e cálculos resultantes em apenas uma avaliação por critério; não houve, pois, dificuldade de avaliar os critérios para cada alternativa; os valores obtidos foram utilizados como dados de entrada no Método ELECTRE III
- levantamentos e discussões empreendidos na execução deste trabalho indicam que a implementação de reúso de água no Distrito Federal é uma alternativa importante a ser considerada no gerenciamento dos recursos hídricos da região
- dada a escassez hídrica (e outros fatores), acredita-se que o reúso de água já pode ser iniciado no DF. Nesse sentido, o estudo de viabilidade deverá verificar - entre outros aspectos - o interesse da CAESB e dos usuários (NOVACAP e agricultores), a logística de distribuição, requerimentos dos órgãos de meio ambiente e de saúde pública e percepções das populações diretamente afetadas
- os trabalhos mostram, inequivocamente, o interesse de se utilizar abordagem multicritério como ferramenta de planejamento em reúso de água. Com essa abordagem foi possível tratar de forma analítica um problema complexo. Essa complexidade não está associada apenas ao número de alternativas e de critérios, mas é função também da participação dos decisores. Em realidade, a implementação de projetos de reúso, certamente, demandará a participação de uma diversidade de atores, o que implicará situações de decisões sob incerteza e de conflitos de interesses e de julgamentos de valor
- com o planejamento da atividade de reúso no DF, foi possível identificar as alternativas, em forma hierárquica, onde o reúso poderia ser implementado. Para hierarquizá-las fez-se uso de

critérios que demandaram dados relativos à saúde humana e ao meio ambiente, entre outros

- por ser trabalho de planejamento no âmbito acadêmico, não foi possível considerar alianças/confrontos entre os atores (analista e decisores)
- a metodologia utilizada pode estender-se a outras regiões; os critérios deverão seguir especificidades e dados disponíveis do local

Para o caso de ser aplicada noutras regiões sugere-se que:

- sejam desenvolvidos com mais representantes de cada instituição diretamente relacionada ao planejamento de reúso
- haja oportunidade para maior participação de decisores na definição de alternativas, critérios e pesos. Isto poderia ser realizado por meio de várias reuniões, de modo a se aproximar, ao máximo, de uma negociação real
- não há argumentos que refutem o uso da abordagem multicritério na seleção de alternativas para o reúso de água

Durante a realização deste trabalho, algumas possibilidades de pesquisa se apresentaram e não puderam ser desenvolvidas, principalmente pelo escopo que se desenvolvera. Dessa forma recomenda-se:

- realizar estudo para valoração dos custos ambientais envolvidos em projetos de reúso de água, de modo que a viabilidade econômica do reúso de água os internalize e não se condicione à mera avaliação do ganho financeiro; de extrema utilidade, este estudo pode servir para se estabelecerem futuras tarifas

- estudar a percepção da população do Distrito Federal quanto ao reúso de água na agricultura e irrigação paisagística. Ressalta-se que essa é etapa essencial na implementação de programas de reúso de água.

6 REFERÊNCIAS

1. Andrade FS. Uso de sistemas de informação geográfica na identificação de áreas potenciais para a instalação de aterros sanitários no Distrito Federal; 2000. Disponível em: <URL: <http://www2.ibama.gov.br/~rebramar/docs/gisbra/gisbra2000.htm>>. [2004 Out. 03].
2. Ahmed SA, Tewfik SR, Talaat HA. Development and verification of a decision support system for the selection of optimum water reuse schemes. **Desalination**, 2002, 152: 339-352.
3. Angelakis AN, Bontoux L. Wastewater Reclamation and Reuse in Eureau Countries. **Water Policy**, 2001, 3: 47-59.
4. Asano T, Levine AD. Wastewater reclamation, recycling and reuse: past, present and future. **Water Sci Tech**, 1996, 33: 1-14.
5. Asano T, Maeda M, Takaki M. Wastewater reclamation and reuse in Japan: overview and implementation examples. **Water Sci Tech**, 1996, 34 (11): 219-226.
6. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13969: tanques sépticos – unidades de tratamento complementar e disposição final de efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro; 1997.
7. Bahri A. Agricultural reuse of wastewater and global water management. **Water Sci Tech**, 1999, 40 (4-5): 339-346.
8. Barbosa PSF. O emprego da análise multiobjetivo no gerenciamento dos recursos hídricos brasileiros. **A Água em Revista**, 1997, 8: 42-46.
9. Bastos RKX. Utilização de esgotos sanitários em irrigação e piscicultura - riscos à saúde – regulamentação. In: **XI Simpósio Luso Brasileiro de**

Engenharia Sanitária e Ambiental – SILUBESA; 2004; Natal, (BR).

Disponível em: <URL: <http://www.abes-dn.org.br/>> [2004 Abr. 24]

10. Baumann DD. Social acceptance of water reuse. **Applied Geography**, 1983, 3: 79-84.
11. Blumenthal UJ, Mara DD, Peasey A, Ruiz-Palacios G, Stott R. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, 2000, 78(9): 1104-1116.
12. Bonomo L, Nurizzo C, Rolle E. Advanced wastewater treatment and reuse: related problems and perspectives in Italy. **Water Sci Tech**, 1999, 40 (4-5): 21-28.
13. Bontoux J, Courtois G. Wastewater reuse for irrigation in France. **Water Sci Tech**, 1996, 33 (10-11): 45-49
14. Borken J. Evaluation of environmental indicators for transport with ELECTRE III. In: **Séminaire PIE of INRETS – French National Institute for Transport Research**; 2005 Jun; Lyon, França.
15. Braga B, Barbosa PSF, Nakayama PT. Sistemas de suporte à decisão em recursos hídricos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 1998, 3 (7): 73-95.
16. Bright CA. History of our future. Special 20th ed. The worldwatch institute; 2003. State of the World; 225p. Disponível em <URL:<http://www.worldwatch.org/pubs/sow/2003/>>. [2005 Jun. 8].
17. Büll LT, Lacerda S, Nakagawa J. **Termosfosfatos: alterações em propriedades químicas em um latossolo vermelho-escuro e eficiência agrônômica**. **Bragantia** 1997; 56 (1); Campinas. Disponível em:<URL:<http://www.scielo.php?pid=S0006-8705199700018>>. [2005 Set. 09].

18. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal. Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal (SIESG). [CD ROM]. Brasília (DF); 2001.
19. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal. Sinopse do Sistema de Esgotamento Sanitário do Distrito Federal (SIESG). [CD ROM]. Brasília (DF); 2002a.
20. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal. Sinopse do Sistema de Abastecimento de Água do Distrito Federal (SIAGUA). [CD ROM]. 11ª ed. Brasília (DF); 2002b.
21. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal. Sistema de Abastecimento de Água. Brasília (DF); 2002c. Disponível em: <URL:<http://www.caesb.df.gov.br/scripts/Siagua2002/>> [2002 Nov. 9].
22. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal. Sistemas de Esgotos. Brasília (DF); 2002d. Disponível em: <URL:<http://www.caesb.df.gov.br/scripts/sisesg.asp#trat/>> [2002 Nov. 9].
23. [CAESB] Companhia de Saneamento do Distrito Federal, [MEL] Magna Engenharia Ltda. Plano Diretor de Água e Esgotos do Distrito Federal – 2000. [CD ROM]. Brasília (DF); 2004.
24. [CAGECE] Companhia de Água e Esgoto do Ceará. Projeto de reúso de efluentes tratados. Ceará; 2003. Disponível em: <URL:http://www.ceara.gov.br/noticias/noticias_detalhes.asp?nCodigoNoticia=9170/>. [2005 Fev. 6].
25. Campos JEG, Freitas-Silva FH. **Mapa de zoneamento hidrogeológico do Distrito Federal em formato vetorial, na escala 1:100000**. Instituto de Geociências da Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB; Brasília (DF); 1998a.
26. Campos JEG, Freitas-Silva FH. **Inventário hidrogeológico e dos recursos hídricos superficiais do Distrito Federal**. Instituto de Geociências da

- Universidade de Brasília. IEMA/SEMATEC/UnB; Brasília (DF); 1998b: volume IV.
27. Chang AC, Page AL, Asano T, Hespanhol I. Developing human health-related chemical guidelines for reclaimed wastewater irrigation. **Water Sci Tech**, 1996, 33 (10-11): 463-472.
 28. [CNRH] Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução CNRH nº 054, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não-potável de água. Disponível em: <URL: <http://www.cnrh-srh.gov.br/>>. [2005 dezembro 03] (a publicar)
 29. [CNUMAD] Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. Agenda 21. 3º ed. Brasília: Senado Federal, Subsecretaria de Edições Técnicas; 2000.
 30. [CODEPLAN] Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Cartas Planaltimétricas. Formato vetorial, na escala 1:10.000, do Sistema Cartográfico do Distrito Federal – SICAD, ano 1991, com informações sobre sistema viário, hidrografia, hipsometria, áreas urbanas. Brasília/DF.
 31. [CODEPLAN] Companhia de Desenvolvimento do Planalto Central. Secretaria de Desenvolvimento Econômico. Perfil sócio-econômico do Distrito Federal. Brasília (DF); 1997.
 32. Cordeiro Netto OM, Barraqué B. Evaluation des politiques publiques de l'environnement. Aspects Méthodologiques. Cergrene (ENPC-ENGREF) et LATTS(ENPC-CNRS), Noisy-le-Grand, France, 1991.
 33. Cordeiro Netto O.M, Parent É, Duckstein L. Métodos multicritério aplicados ao planejamento de recursos hídricos. O caso da escolha de um sítio de barragem de regularização no sudoeste da França. Parte 1 - discussão teórica. In: **Anais do Congresso da ABRH**; 1993; Gramado,

(BR). 1993.

34. Crook J. Critérios de qualidade de água para reúso. **Revista DAE-SABESP**, 1993, 174: 10-15. Disponível em:<URL:http://www.usp.br/cirra/arquivos/criterios_crook.pdf>. [2004 Fev. 17].
35. Duckstein L, Bogardi I. Multi-objective approaches to river basin planning. In: Cheng SL e col., editores. **Civil Engineering Practice**. Lancaster, (EUA): Technomic Publishing Company; 1988, p. 415-450.
36. Duckstein L, Treichel W, El Magnouni S. Ranking ground-water management alternatives by multicriterion analysis. **Journal of Water Resources Planning and Management**, 1994, 120(4): 546 - 572.
37. Eden RE. Wastewater reuse – limitations and possibilities. **Desalination**, 1996, 106: 335-338.
38. [EMATER] Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. Informativo Conjuntural da Produção Agrícola do Distrito Federal. Dezembro. 2004a.
39. [EMATER] Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Distrito Federal. Custos de produção (2004b). Disponível em: <URL:<http://www.emater.df.gov.br/>>. [2005 Set. 09].
40. [EPA] Environmental Protection Agency: Agency for International Development. **Guidelines for water reuse: EPA/625/R-04/108**. Washington (DC); 2004.
41. Escalera OAN. **Reúso direto das águas residuárias municipais tratadas: uma forma de conservação de água e disposição final**. São Paulo; 1995. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP].
42. Faby JA, Brissaud F, Bontoux J. Wastewater reuse in France: water quality standards and wastewater treatment technologies. **Water Sci Tech**, 1999,

40 (4-5): 37-42.

43. Felizatto MR. **Reúso de água em piscicultura no Distrito Federal: potencial para pós-tratamento de águas residuárias associado à produção de pescado**. Brasília; 2000. [Dissertação de Mestrado - Faculdade de Tecnologia da UnB].
44. Felizatto MR. ETE CAGIF: Projeto integrado de tratamento avançado e reúso direto de águas residuárias. In: **Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 2001; João Pessoa/PB.
45. Fricke GT, Nout EAA, Singer EM. Análise multicriterial da bacia do rio Piracicaba através das metodologias Electre I e Electre II. In: **Anais do 15º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 1989; Belém, (BR). 1989, p. 193-213.
46. Friedler E. Water reuse – an integral part of water resources management: Israel as a case study. **Water Policy**, 2001, 3: 29-39.
47. Generino RCM. **Desenvolvimentos em metodologias multicritério para procedimentos de avaliação em Auditorias Ambientais: aplicação para Estações de Tratamento de Esgotos em Brasília/DF**. Brasília; 1999. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Tecnologia da UnB].
48. Generino RCM, Cordeiro Netto OM. Auditoria ambiental. Uma proposta metodológica. In: **Anais do 19º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 1997; Foz do Iguaçu (PR).
49. Giordani S. **Averiguações das possibilidades de reúso de efluentes domésticos tratados nas bacias do Alto Iguaçu e Alto Ribeira – Região de Curitiba**. Curitiba; 2002. [Dissertação de Mestrado - Universidade Federal do Paraná].
50. Gobetti LEC. **Análise multiobjetivo aplicada ao planejamento de sistemas de recursos hídricos**. São Paulo; 1993. [Dissertação de Mestrado - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo].

51. Goicoechea A, Hansen DR., Duckstein L. **Multiobjective Decision Analysis with Engineering and Business Applications**. New York, John Wiley & Sons, 1982, 519p.
52. Gomes, LFAM, Moreira AMM. Da informação à tomada de decisão: agregando valor através dos métodos multicritério. **RECITEC - Revista de Ciência e Tecnologia** 1998; Recife 2 (2): 117-139.
53. Governo do Distrito Federal. Lei Complementar nº 17, de 28 de janeiro de 1997. Aprova o Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal - PDOT e dá outras providências. **Diário Oficial do Distrito Federal**. Brasília, 29 de janeiro de 1997. Disponível em: <URL: <http://www.cl.df.gov.br/legislacao/LegisAtualizado/LeisComplementares/1997/LCD-1997-00017.html>. [2005 Nov 17].
54. Governo do Distrito Federal. Lei nº 2.725, de 13 de junho de 2001. Instituiu a Política de Recursos Hídricos do Distrito Federal e criou o Sistema de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Distrito Federal. **Diário Oficial do Distrito Federal**. Brasília, 19 de junho de 2001.
55. Governo do Distrito Federal. Lei nº 3.365, de 16 de junho de 2004. Cria a Agência Reguladora de Águas e Saneamento do Distrito Federal - ADASA e dá outras providências. **Diário Oficial do Distrito Federal**. Brasília, 28 de junho de 2004.
56. Kangas A., Kangas J, Pykäläinen J. Outranking methods as tools in strategic natural resources planning. **Silva Fennica** 2001; 35(2): 215–227.
57. Korndörfer GH. **Adubos e Adubação**. Universidade Federal de Uberlândia; Instituto de Ciências Agrárias; Uberlândia; 2001 Jul. Disponível em:<<http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Transp.%20Legis1%20Cont.Qualidade%205.pdf>>. [2005 Set. 09].
58. Harada AL. **Metodologias para a seleção de soluções para coleta, tratamento e disposição de esgotos em condomínios do Distrito Federal**.

- Brasília; 1999. [Dissertação de Mestrado em Tecnologia Ambiental e Recursos Hídricos – Faculdade de Tecnologia da UnB].
59. Heller L. **Saneamento e saúde**. Organização Pan-Americana de Saúde (OPAS)/Organização Mundial de Saúde (OMS). Brasília; 1997, 97p
 60. Hespanhol I. Reúso de água – reciclaje de desechos humanos. UACJ: Publicaciones: Ambiente sin Fronteras. Reúso del Agua; 1998 Fev. OMS, Ginebra, Suíça. Disponível em: <URL:<http://www.uacj.mx/Publicaciones/sf/num10/reusagua.htm/>>. [2001 Out. 31].
 61. Hespanhol I. Reúso integrado à gestão de recursos hídricos. Bases para planejamento. In: **XII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**; 2001 (p. 77-84), 2001. Disponível em http://www.usp.br/cirra/arquivos/prof_simposio1.pdf (acessado em 16.2.2004).
 62. Hespanhol I. Água e saneamento básico – uma visão realista. In: Rebouças AC, Braga B e Tundisi JG, organizadores. **Águas do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras Editora; 2002, 2ª edição. p. 249-304.
 63. Hespanhol I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biosólidos. In: Mancuso PCS, dos Santos HF, editores. **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole; 2003. p. 97-123.
 64. Hespanhol I. e Prost AME. WHO guidelines and national standards for reuse and water supply quality. **Wat Res**, 1994, 28 (1): 119-124.
 65. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Base Estatcart de Informações Municipais 1998. Disponível em CD room.
 66. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Estatísticas do Século XX**. 2003. Disponível em <http://www.ibge.gov.br> (acessado em 24.2.2006).

67. Jardim SB, Lanna AEL. Aplicabilidade de Algumas Técnicas de Análise Multiobjetivo ao Processo Decisório no Âmbito dos Comitês de Gerenciamento de Bacia Hidrográfica. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, 2003, 8 (4): 169-191.
68. Lavrador Filho J. **Contribuição para o entendimento do reúso planejado da água e algumas considerações sobre suas possibilidades no Brasil**. São Paulo; 1987. [Dissertação de Mestrado – Escola Politécnica da USP].
69. Mancuso PCS. Tecnologia de reúso de água. In: Mancuso PCS, dos Santos HF, editores. **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole; 2003. p. 291-338.
70. Mara D, Cairncross S. **Guidelines for the safe use of wastewater and excreta in agriculture and aquaculture: measures for public health protection**. World Health Organization, Genebra, 1989.
71. Mascarenhas HAA, Tanaka RT, Pereira JCVNA, Gallo PB, Bataglia OC. Efeitos de adubos potássicos na produção de soja. **Sci Agric** 1994; Jan/Abr 51(1); Piracicaba(SP). Disponível em: <URL: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-90161994000100013>>. [2005 Set. 09].
72. Máximo CCS, Souza de MAA. Reúso de água no Distrito Federal. In: **Anais III Simpósio de Recursos Hídricos do Centro-Oeste**, 2004 maio 20-22; Goiânia (GO).
73. Maystre LY, Pictet J, Simos J. **Méthodes multicritères ELECTRE. Description, conseils pratiques et cas d’application à la gestion environnementale**. Lausanne: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes; 1994.
74. Mishan, EJ. **Elementos de análise de custos-benefícios**. Rio de Janeiro: Zahar Editores; 1975.

75. Nardocci AC. Avaliação de riscos em reúso de água. In: Mancuso PCS, dos Santos HF, editores. **Reúso de água**. Barueri (SP): Manole; 2003. p. 403-431.
76. [NOVACAP] Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil. Normas Técnicas do DPJ - Implantação de gramados, canteiros e plantio de árvores. **Manual de jardinagem e produção de mudas do Departamento de Parques e Jardins – DPJ**. Brasília (DF); 2003.
77. Okun DA. Realizing the benefits of water reuse in developing countries. **Water Environment & Technology** 1990; November: 78-82.
78. Pires VAC, Cordeiro Netto OM, Brandão CCS. Aplicação de método multicritério aos estudos de concepção de estações de tratamento de água. In: **Anais do 22º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 2003; Joinville (SC).
79. [PNUMA] Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Global Environment Outlook 3 (GEO – 3): past, present and future perspectives**. Nairobi, Kenya; 2002. Disponível em: <URL: <http://www.unep.org/Geo/geo3/>>. [2005 Jun. 07].
80. [PNUMA] Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **GEO year book: an overview of our changing environment 2004/5, 2005**. Nairobi, Kenya; 2004. Disponível em: <URL:http://www.grida.no/geo/pdfs/geo_yearbook_2004_eng.pdf>. [2005 Jun. 07].
81. Rebouças A. da C. Água doce no mundo e no Brasil. In: Rebouças AC, Braga B e Tundisi JG, organizadores. **Águas do Brasil: Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras Editora; 2002, 2ª edição. p. 1-36.

82. Roy B. **Méthodologie multicritère d'aide à la decision economique**. Paris; 1985.
83. [SABESP] Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. **Reúso das águas: alternativa do presente para garantir o futuro**. Disponível em: <URL:http://www.sabesp.com.br/a_sabesp/tecnologia/reuso_aguas.htm>. [2005 Fev. 22].
84. Salgot M, Pascual A. Existing guidelines and regulations in Spain on wastewater reclamation and reuse. **Water Sci Tech** 1996; 34 (11): 261-267.
85. Salomon J-J, Sagasti F, Sachs-Jeantet C. Da tradição à modernidade. **Estudos Avançados** 1993; 7 (17). Disponível em http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-40141993000100002&script=sci_arttext. (acessado em 24.2.2006).
86. Santos IJ. **Reúso de água no Distrito Federal. Estudo da potencialidade do aproveitamento de esgotos sanitários**. Brasília; 2000. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília].
87. Santos JF. Regulamentação do Reúso de Água. In: **XI SILUBESA - Simpósio Luso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 2004. Disponível em: <URL:<http://www.abes-dn.org.br/>>. [2004 Abr. 24].
88. Sbeih MY. Recycling of treated water in Palestine: urgency, obstacles and experience to date. **Desalination** 1996; 106: 165-178.
89. [SEDUH] Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Documento Técnico – Plano Diretor de Ordenamento Territorial do Distrito Federal**; 1995. Disponível em: <URL: <http://www.seduh.df.gov.br/pdot/>>. [2002 Nov. 9].
90. [SEDUH] Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Anuário Estatístico do Distrito Federal 2000**. Disponível em CD room.

91. [SEDUH] Secretaria do Estado de Desenvolvimento Urbano e Habitação. **Anuário Estatístico do Distrito Federal 2002**. Ano 26, Nº XXIII. [GDF] Governo do Distrito Federal. Brasília.
92. Shuval H, Lampert Y, Fattal B. Development of a risk assessment approach for evaluating wastewater reuse standards for agriculture. **Water Sci Tech** 1997; 35 (10-11): 15-20.
93. Semura KA. **Reúso de água**; 2005 Abr. Disponível em: <URL:http://www.aesabesp.com.br/secretaria_04052005.pdf>. [2005 Mai. 15].
94. Silva ANS. **Reúso de água no Distrito Federal: verificação dos efeitos da irrigação com efluentes de estações de tratamento de esgotos no cultivo da Dália Anã Sortida (Dahlia pinnata)**. Brasília; 2004. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Tecnologia da UnB].
95. Sipala S, Mancini G, Vagliasindi FGA. E-WA-TRO: A web-based decision support system for the evaluation of wastewater treatment and reuse options. In: **Anais do International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering**, 2000 set 18-23; Trento, Itália.
96. Skalka JM, Bouyssou VD. Electre III e IV. **Aspects méthodologiques et guide d'utilisation**. Document Nº 25. 42 édition. Dauphine, Paris: Université de Paris; 1992.
97. Souza MAA, Cordeiro Netto OM, Carneiro GA, Lopes Júnior RP. Análise tecnológica de alternativas para pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios: resultados da avaliação multiobjetivo. In: **Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental**; 2001; João Pessoa (PB).
98. Souza de MAA, Forster CL. Metodologias para seleção de processos de tratamento de águas residuárias. **Engenharia Sanitária e Ambiental** 1996; 2: 19-31.

99. Tavares Júnior JE, Dalto G. **Manejo Eficiente da Adubação Nitrogenada - divulgação técnica.** Ano XXII; Jan/Fev/Mar; 2004; nº 165. Disponível em: <URL:[http:// www.manah.com.br/InformativoJaneiro2004.asp](http://www.manah.com.br/InformativoJaneiro2004.asp)>. [2005 Set. 08].
100. Tundisi JG. **Água no século XXI. Enfrentando a escassez.** 2ª ed. São Carlos: RIMA, IIE; 2005.
101. Ueharo D. Cara, escassa e insubstituível. **Revista da Indústria** 1997; out: 6-11. São Paulo (BR).
102. Vincke P. **Multicriteria decision-aid.** Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd; 1992.
103. Yu W, Roy B. **ELECTRE TRI. Aspects méthodologiques et manuel d'utilisation.** Document N° 74, version 1.0. Dauphine, Paris: Université de Paris; 1992.
104. [WHO] World Health Organization. **Health guidelines for the use of wastewater in agriculture and aquaculture.** Report of a WHO Scientific Group: Technical Report Series N167 778. Genebra, Suíça; 1989.
105. [WHO] World Health Organization, [UNICEF] The United Nations Children's Fund. **Water for life: making it happen,** 2005. Disponível em: <URL:http://www.who.int/water_sanitation_health/2005/jmpreport.pdf>. [2005 Jun. 08].
106. Zanetti MC, Fiore S, Genon G. Water reuse for industrial and agricultural aims. In: **Anais do International Symposium on Sanitary and Environmental Engineering.** 2000 set. 18-23; Trento, Itália.

Anexos

**Anexo I - Formulário utilizado durante as visitas
técnicas às
ETEs da CAESB**

Nas vistorias às ETEs, observar:

ETE:	Data da vistoria:
Contatos:	Fones: E-mails:

Principais problemas operacionais	
Dispositivo de medição de vazão	Entrada do efluente e número de medições/d: Saída do efluente e número de medições/d:
Existe contribuição de efluente industrial?	
Local onde são realizadas as análises físico-químicas e bacteriológicas para monitoramento da ETE	
Existe reúso do efluente no interior da ETE? Se sim, informar os locais de utilização.	
Vazão efluente já foi determinada? Quando e quais os valores encontrados?	
Uso do solo nas imediações da ETE	

Anexo II - Formulário entregue aos decisores

**Processo de escolha de alternativas de reúso de água no Distrito
Federal – Instruções**

Informações de: _____ Órgão de origem: _____ Profissão: _____
--

1) Primeira etapa: definição das alternativas, critérios e forma de avaliação dos critérios

São 6 as alternativas, que se encontram discriminadas na Tabela II.1. A relação dos critérios e a forma de avaliá-los, para cada alternativa, encontram-se, respectivamente, nas Tabelas II.2 e II.3.

A partir das alternativas e critérios apresentados, favor responder:

a) você concorda com as alternativas apresentadas? ☐ Sim ☐ Não

Se não, favor informar:

- A(s) alternativa(s) que deverá(ão) ser desconsiderada(s) e por quê?

- A(s) alternativa(s) que deverá(ão) ser acrescenta(s) e por quê?

b) você concorda com os critérios apresentados? ☐ Sim ☐ Não

Se não, favor informar:

- O(s) critério(s) que deverá(ão) ser desconsiderado(s) e por quê?

- O(s) critério(s) que deverá(ão) ser acrescentado(s) e por quê?

OBS.: Neste caso, indicar também a **forma de avaliação do (s) critério (s) acrescentado (s)**.

c) você concorda com a forma de avaliação dos critérios? ☐ Sim ☐ Não

Se não, favor justificar e apresentar a forma que você considera mais apropriada

Tabela II.1 – Relação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal

Alternativas		Alternativas	
Nº	Nome	Nº	Nome
1	ETE Brazlândia	4	ETE Sul
2	ETEs Samambaia e Melchior	5	ETE São Sebastião
3	ETE Gama	6	ETE Planaltina

Tabela II.2 – Critérios para avaliação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal

Critérios	
1	Ganho econômico
2	Área passível de ser irrigada com água de reúso
3	Taxa de crescimento populacional
4	Renda <i>per capita</i>
5	Consumo de água <i>per capita</i>
6	Acesso à água potável
7	Acesso à coleta de esgotos
8	Doenças de veiculação hídrica
9	Riscos de contaminação dos agricultores
10	Atratividade agrícola, industrial e na pecuária

Tabela II.3 – Forma de avaliação das alternativas sob cada critério

Critérios		Forma de avaliação
1	Ganho econômico	Considerará o valor aproximado, em reais, a ser economizado com a compra de adubos, já subtraído do custo do tratamento de esgoto.
2	Área passível de ser irrigada com água de reúso	Para esse cálculo foram utilizadas as seguintes informações: - demanda de 1,2 L/s x ha (CAESB e MEL, 2004); - área agricultável calculada a partir do Mapa de Reúso; - disponibilidade de água de reúso em cada alternativa.
3	Taxa de crescimento populacional	A partir dos dados governamentais disponíveis por Região Administrativa onde se encontra inserida cada alternativa (período 2000 a 2010).
4	Renda <i>per capita</i>	A partir dos dados governamentais disponíveis por Região Administrativa
5	Consumo de água <i>per capita</i>	Dados da CAESB, referentes à Região Administrativa onde se encontra inserida cada alternativa
6	Acesso à água potável	Dados da CAESB, referentes à Região Administrativa onde se encontra inserida cada alternativa. Percentual da população abastecida.
7	Acesso à coleta de esgotos	Dados da CAESB, referentes à Região Administrativa onde se encontra inserida cada alternativa. Percentual da população atendida.
8	Doenças de veiculação hídrica	Dados do SEDUH (nº de casos/100.000 hab nas Regiões Administrativas onde se encontram as alternativas)
9	Riscos de contaminação dos agricultores	A partir da resposta a questões, cujas respostas sim e não equivalem, respectivamente, a um e zero.
10	Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	A partir da resposta a questões, cujas respostas sim e não equivalem, respectivamente, a um e zero.

2) **Segunda etapa: definição da importância dos critérios resultantes da primeira etapa.**

Para identificar a importância de cada um dos critérios resultantes da primeira etapa deste trabalho, você deverá colocar os pesos na terceira coluna da Tabela II.4. **O somatório dos pesos de todos os critérios deverá ser 10.** Poderão ser colocados valores decimais (uma casa).

Tabela II.4 – Critérios para avaliação das alternativas de reúso de água no Distrito Federal

Critérios		Pesos (*) soma deverá ser 10)
1	Ganho econômico	
2	Área passível de ser irrigada com água de reúso	
3	Taxa de crescimento populacional	
4	Renda <i>per capita</i>	
5	Consumo de água <i>per capita</i>	
6	Acesso à água potável	
7	Acesso à coleta de esgotos	
8	Doenças de veiculação hídrica	
9	Riscos de contaminação dos agricultores	
10	Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	

(*) poderão ser colocados valores decimais (1 casa decimal)

Anexo III – Relação dos decisores convidados

Tabela III.1 - Relação dos especialistas convidados.

Instituição	Nome	Título	Formação e cargo
Ministério Público Federal	Sheila Telles Meyer	Especialista	Engenheira Química - Analista Pericial/Eng ^a Sanitária.
	Maria Geraldina Salgado	M.Sc.	Engenheira Civil - Analista Pericial/Eng ^a Sanitária.
	Carine Adriana Câmara	M.Sc.	Engenheira Civil
	Barbosa		Chefe da Seção de Meio Ambiente da Divisão de Perícias Externas – Ministério Público do Distrito Federal e Territórios
IBAMA	Adriana Araújo Maximiniano	Especialista	Química - Coordenadora de Avaliação e Controle de Substâncias Químicas
	Erani Maurício Bastos	Especialista	Engenheiro Agrônomo Técnico do Licenciamento Ambiental do IBAMA/sede
SEMARH/DF	Dálio Ribeiro Mendonça Filho	M.Sc.	Engenheiro Florestal
CAESB	Antônio Luis Harada	M.Sc.	Engenheiro Civil
	Mauro Roberto Felizatto	M.Sc.	Engenheiro Químico
SABESP	Américo de Oliveira Sampaio	M.Sc.	Engenheiro Civil - Assessor de Desenvolvimento Tecnológico
	Milton Tomoyuki Tsutiya	Doutor	Engenheiro Civil
UnB	Oscar de Moraes Cordeiro Netto	Doutor	Engenheiro Civil – Professor da Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília
	Pedro Mancuso	Doutor	Engenheiro Industrial – Professor da Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo
USP	Ivanildo Hespanhol	Doutor	Engenheiro Civil – Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Diretor do Centro Internacional de Referência em Reúso de Água (CIRRA)
	José Carlos Mierzwa	Doutor	Engenheiro Químico - Professor da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e Coordenador Técnico do CIRRA

Tabela III.1 - Relação dos especialistas convidados - Continuação

Instituição	Nome	Título	Formação e cargo
FUNASA – Fundação Nacional de Saúde	Johnny Ferreira dos Santos	Especialista	Engenheiro Civil- Coordenador Geral de Engenharia Sanitária do Departamento de Engenharia de Saúde Pública.
	João Marcelo Lopes Siqueira Andréa Narítza Silva e Silva	Especialista M.Sc.	Engenheiro Civil/Sanitarista. Engenheira Civil.
Secretaria de Saúde do Distrito Federal	Shirley Margareth Buffon da Silva	M.Sc.	Bióloga – Coordenadora do Grupo Técnico do Programa de Qualidade da Água para Consumo Humano

Tabela III.2 - Relação dos agricultores que participaram do trabalho.

Nome	Profissão	Local de trabalho	Instituição	Cargo
Carliene dos Santos Oliveira	Agricultora	Acampamento de Santarém – Área Rural de Samambaia/DF	Sindicato dos Trabalhadores Rurais do Distrito Federal	Diretora de Mulheres
		INCRA 7/8 – Brazlândia/DF	Sindicato dos Trabalhadores Rurais do Distrito Federal	Vice-Presidente
Romilton José Machado	Agricultor	Área de Relevante Interesse Ecológico (ARIE) de São Sebastião	Sindicato dos Trabalhadores Rurais do Distrito Federal	Diretor Fiscal

Anexo IV – Mapas diversos

Figura IV.1 – Representação das alternativas de reúso no Mapa de Uso e Ocupação do Solo do Distrito Federal

Figura IV.2 – Mapa de Zoneamento Hidrogeológico do Distrito Federal. Fonte: CAMPOS e FREITAS-SILVA 1998a.

Figura IV.3 - Representação das áreas e alternativas de reúso de água no Distrito Federal (Mapa de Reúso).

**Anexo V – Resultados da definição dos pesos
(memória de cálculo)**

Tabela V.1 – Resultado da ponderação dos critérios para todos os decisores.

Critérios inicialmente propostos pela analista	Soma dos pesos atribuídos por todos os decisores
Ganho econômico	27,0
Área passível de ser irrigada	23,5
Taxa de crescimento populacional	3,1
Renda <i>per capita</i>	4,0
Consumo de água <i>per capita</i>	9,2
Acesso à água potável	11,4
Acesso à coleta de esgotos	11,6
Doenças de veiculação hídrica	15,3
Riscos de contaminação dos agricultores ⁽¹⁾	17,1
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	18,0
Relação dos critérios sugeridos pelos decisores	Pesos ⁽²⁾
Vulnerabilidade à contaminação - risco às águas subterrâneas	2,0
Disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas das bacias	2,0
Existência de sistemas de saneamento: abastecimento de água e coleta de esgotos	1,0
Vazão disponível para reúso	1,0
Identificação dos potenciais contaminantes de risco à saúde humana	2,0
Fatores sociais (taxa de crescimento populacional e renda)	1,0
Escassez de água (consumo de água <i>per capita</i> e acesso à água potável)	1,5
Disponibilidade de esgotos (no lugar de coleta de esgotos)	0,5
Riscos à saúde humana (doenças de veiculação hídrica e risco de contaminação dos agricultores)	3,0
Fatores ambientais	2,0
Investimentos adicionais	1,0
Usos dos córregos existentes na bacia	0,8
Susceptibilidade à contaminação da bacia	1,0
Tipos de culturas existentes na bacia	1,0

(1) Apesar de ter sido ponderado pelos decisores, esse critério foi excluído, tendo em vista as razões já expostas no Capítulo 4; (2) apenas o decisor que sugeriu o critério o ponderou.

A seguir é apresentada a avaliação de todos os critérios por tipos de decisores. Ressalta-se que os decisores foram divididos nos seguintes grupos: setor

saúde, Ministério Público Federal, agricultores, setor saneamento, setor ambiental e professores universitários.

Tabela V.2 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor saúde.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios			
	Decisores do setor saúde			
	1	2	3	4
Critérios sugeridos pela analista				
ganho econômico	1,0	1,0	1,0	1,3
área passível de ser irrigada	1,0	1,0	0,5	2,0
taxa de crescimento populacional	0,0	0,0	0,5	0,5
renda <i>per capita</i>	0,0	0,5	0,5	0,2
consumo de água <i>per capita</i>	0,0	0,5	0,5	0,7
acesso à água potável	0,0	1,0	0,5	0,3
acesso à coleta de esgotos	0,0	1,0	1,0	2,5
doenças de veiculação hídrica	0,0	2,0	2,0	1,5
riscos de contaminação dos agricultores	0,0	2,0	3,0	0,6
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	0,0	1,0	0,5	0,4
Critérios sugeridos pelos decisores				
vulnerabilidade à contaminação - risco às águas subterrâneas	2,0			
disponibilidade das águas superficiais e subterrâneas das bacias	2,0			
existência de sistemas de saneamento: abastecimento de água e coleta de esgotos	1,0			
vazão disponível para reúso	1,0			
identificação dos potenciais contaminantes de risco à saúde humana	2,0			
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0	10,0	10,0	10,0

Tabela V.3 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor saneamento.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios Decisores do setor saneamento		
	5	6	7
Critérios sugeridos pela analista			
ganho econômico	1,8	5,0	2,5
área passível de ser irrigada	1,8	1,0	1,5
taxa de crescimento populacional	0,6	0,0	0,0
renda <i>per capita</i>	0,6	1,0	0,0
consumo de água <i>per capita</i>	0,6	0,0	1,0
acesso à água potável	0,5	0,5	1,5
acesso à coleta de esgotos	0,6	0,5	0,0
doenças de veiculação hídrica	0,5	0,5	1,0
riscos de contaminação dos agricultores	1,8	1,0	1,5
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	1,2	0,5	1,0
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0	10,0	10,0

Tabela V.4 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor agrícola.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios Decisores do setor agrícola		
	8	9	10
Critérios sugeridos pela analista			
ganho econômico	2,0	2,5	3,0
área passível de ser irrigada	2,0	1,5	2,0
taxa de crescimento populacional	0,0	0,5	0,0
renda <i>per capita</i>	0,0	0,5	0,1
consumo de água <i>per capita</i>	0,0	1,0	0,9
acesso à água potável	0,0	1,0	0,5
acesso à coleta de esgotos	1,0	0,5	0,0
doenças de veiculação hídrica	0,0	0,5	1,0
riscos de contaminação dos agricultores	0,0	0,5	1,0
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	5,0	1,5	1,5
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0	10,0	10,0

Tabela V.5 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do setor ambiental.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios do setor ambiental 11
Critérios sugeridos pela analista	
ganho econômico	0,0
área passível de ser irrigada	3,0
taxa de crescimento populacional	0,0
renda <i>per capita</i>	0,0
consumo de água <i>per capita</i>	1,0
acesso à água potável	1,0
acesso à coleta de esgotos	1,0
doenças de veiculação hídrica	2,0
riscos de contaminação dos agricultores	1,0
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	1,0
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0

Tabela V.6 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do grupo professores universitários.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios do grupo de professores universitários	
	12	13
Critérios sugeridos pela analista		
ganho econômico	0,3	3,0
área passível de ser irrigada	0,5	2,0
taxa de crescimento populacional	0,0	0,3
renda <i>per capita</i>	0,0	0,1
consumo de água <i>per capita</i>	0,0	0,2
acesso à água potável	0,0	1,5
acesso à coleta de esgotos	0,0	0,2
doenças de veiculação hídrica	0,0	0,2
riscos de contaminação dos agricultores	0,0	1,0
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	0,2	1,5
Critérios sugeridos pelos decisores		
Fatores sociais (taxa de crescimento populacional e renda)	1,0	
Escassez de água (consumo de água <i>per capita</i> e acesso à água potável)	1,5	
Disponibilidade de esgotos (no lugar de coleta de esgotos)	0,5	
Riscos à saúde humana (doenças de veiculação hídrica e risco de contaminação dos agricultores)	3,0	
Fatores ambientais	2,0	
Investimentos adicionais	1,0	
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0	10,0

Tabela V.7 - Resultado da ponderação dos critérios para os decisores do Ministério Público Federal.

Relação dos critérios	Ponderação dos critérios dos decisores do Ministério Público Federal		
	14	15	16
Critérios sugeridos pela analista			
ganho econômico	1,0	0,8	0,8
área passível de ser irrigada	1,5	1,2	1,0
taxa de crescimento populacional	0,0	0,7	0,0
renda <i>per capita</i>	0,0	0,5	0,0
consumo de água <i>per capita</i>	0,8	0,8	1,2
acesso à água potável	0,6	1,0	1,5
acesso à coleta de esgotos	0,7	1,1	1,5
doenças de veiculação hídrica	0,8	1,8	1,5
riscos de contaminação dos agricultores	0,8	1,4	1,5
atratividade agrícola, industrial e na pecuária	1,0	0,7	1,0
Critérios sugeridos pelos decisores			
usos dos córregos existentes na bacia	0,8		
vulnerabilidade à contaminação da bacia	1,0		
tipos de culturas existentes na bacia	1,0		
Soma dos pesos de todos os critérios	10,0	10,0	10,0

A Tabela V.8 apresenta os critérios que foram melhor pontuados pelos decisores. Estes foram considerados para aplicação do Método ELECTRE III.

Tabela V.8 – Relação dos critérios mais pontuados por todos os decisores e os seus pesos

Critérios mais pontuados	Pesos
Ganho econômico	27,0
Área passível de ser irrigada com água de reúso	23,5
Acesso à água potável	11,4
Acesso à coleta de esgotos	11,6
Doenças de veiculação hídrica	15,3
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	18,0
Soma dos pesos atribuídos pelos decisores	106,8

**Anexo VI – Resultados da avaliação dos critérios
(memória de cálculo)**

Critério: Ganho Econômico

Devido às suas especificidades, serão apresentadas as memórias de cálculo apenas de duas alternativas (ETEs Brazilândia e Sul). A alternativa ETE Sul é a única das alternativas onde o reúso ocorreria para as irrigações agrícola e paisagística. A alternativa ETE Brazilândia, como nas demais, está prevista apenas a irrigação agrícola. Antes da apresentação do resultado da avaliação do critério econômico para essas duas alternativas, seguem os dados considerados para a escolha dos melhores preços de adubo (Tabelas VI.1 e VI.2). O preço considerado no cálculo foi o da EMATER (2004b). As demais referências da Tabela VI.1 foram utilizadas no cálculo do percentual de nutrientes por tipo de adubo. Os preços dos adubos encontram-se na Tabela VI.1. O menor preço por quilo de nutriente foi utilizado no cálculo da economia de adubo para cada alternativa. As memórias de cálculo encontram-se nas Tabelas VI.1 a VI.11.

Tabela VI.1 – Levantamento de preços de adubos

Tipos de adubos (1)	% de nutrientes (2), (3), (4), (5)			Quantidade (kg)	Preço (6) R\$	quantidade de nutrientes (kg)					Preço por kg de nutriente, em R\$				
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O			N	P ₂ O ₅	P	K ₂ O	K	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	P	K
04-14-08	4	14	8	1000	816,67	40	140	61,13	80	66,38	20,42	5,83	10,21	13,35	12,30
20-00-20	20	-	20	1000	1.029,67	200	-	-	200	165,96	5,15	-	5,15	-	6,20
10-10-10	10	10	10	1000	964,50	100	100	43,66	100	82,98	9,65	9,65	9,65	22,10	11,63
uréia (7)	45	-	-	1000	1.152,33	450	-	-	-	-	2,56	-	-	-	-
sulfato de amônio	21	-	-	1000	867,00	210	-	-	-	-	4,13	-	-	-	-
termosfato Yoorin Master, em g/kg	-	175	-	1000	967,33	-	175	76,41	-	-	-	5,53	-	12,66	-
sulfato de potássio	-	-	42	1000	2.560,00	-	-	-	420	348,51	-	-	6,10	-	7,35
cloreto de potássio (7)	-	-	62	1000	1.022,33	-	-	-	620	514,5	-	-	1,65	-	1,99
fosfato natural (20% P ₂ O ₅) (7)	-	20	-	1000	656,00	-	200	87,32	-	-	-	3,28	-	7,51	-

(1) Foram considerados os adubos já usualmente utilizados nas horticulturas do DF, de acordo com EMATER (2004b); (2) (KORNDÖRFER 2001); (3)TAVARES JÚNIOR e DALTO (2004); (4) BULL e col. (1997); (5)MASCARENHAS e col. (1994); (6)Dado da EMATER (2004b); (7) Menores preços por quilo de nutriente.

Tabela VI.2 – Tipos e quantidades de adubos utilizados nos canteiros ornamentais do Distrito Federal

Adubos químicos utilizados			Área (ha)	Quantidade de adubo necessária (kg)			
				Total/adubo	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
fosfato natural tem 28% de P ₂ O ₅	3000 kg/ha		16,8	50400	0	14112	-
adubo 4 - 14 - 8 + Zn	500 kg/ha			8400	336	1176	672
uréia - tem 45% N	10 g/m2	100 kg/ha		1680	756	0	-
cloreto de potássio - 62% K ₂ O	15 g/m2	150 kg/ha		2520	0	0	1562
Total de nutrientes					1.092	15.288 ^(a)	2.234 ^(b)

Fonte: NOVACAP (2003).

(a) corresponde a 6.675 kg de fósforo total. (b) corresponde a 1.854 kg de potássio total.

Memória de cálculo para a ETE Brazlândia

Tabela VI.3 – Cálculo da área passível de ser irrigada com água de reúso

consumo de água/ciclo(L água/m ²) (a)	414,72
consumo de água por hectare (L/ha/ciclo)	4.147.200,00
consumo de água total/ciclo (L/ciclo)	338.724.000,00
volume de água de reúso por ciclo de 4 meses (m ³)	338.724,00
volume de água de reúso (4meses) - em litros	338.724.000,00
área a ser irrigada com água reúso (ha)	82
área total - em ha - (mapa de reúso)	7098
% da área total (irrigada com água de reúso)	1

(a) 0,8 L/s.ha ou 829,44 L água/m² no ciclo de 4 meses. Este valor foi fornecido por CAESB e MEL (2004) para irrigação do tipo localizada no DF. Esse valor foi dividido por dois, pois o sistema não funciona 24h/dia.

Tabela VI.4 – Quantidade de nutrientes presentes na água de reúso da ETE Brazlândia.

Tipo de nutriente	Quantidade
TKN (mg/L) -mínimo	41,70
TKN (kg) - total	14.126
PT (mg/L) - mínimo	6,96
PT (kg) - total	2.358
KT (mg/L) - (a)	10,68
KT (kg) - total	3.618

(a) a CAESB não realiza essa determinação. Esse dado foi obtido de SILVA (2004).

Tabela VI.5 – Resultado da avaliação do critério ganho econômico da alternativa ETE Brazlândia

Tipo de nutrientes	Quantidade de nutrientes na água de reúso (kg)	Preço (R\$)
TKN	14.126	36.134
PT	2.358	17.769
KT	3.618	7.196
Total		61.100

Tabela VI.6 - Simulação de preço da água de reúso - ETE Brazlândia

R\$/m ³	Valor a ser pago (R\$) para irrigar 82 ha da alternativa
0,38 (a)	128.715
(a) valor adotado pela SABESP citado por SEMURA (2005)	

Observa-se que o valor de R\$ 128.715 é superior à economia com a compra de adubo para a irrigação de 82 ha da alternativa.

Memória de cálculo para a ETE Sul

Adubação de canteiros ornamentais:

Tabela VI.7 – Custo de adubo para irrigação dos canteiros ornamentais (*)

Nutrientes	Custo (R\$)
N	2.795,52
PT	50.129,57
KT	3.689,61
Total	56.614,70

(*) De acordo com EMATER (2004b)

No caso dos canteiros ornamentais, o consumo diário de água para a irrigação é, segundo ALENCAR (2004), 10mm/m². Desta forma, o consumo total de água de reúso, no período de 4 meses, seria de 201.600 m³ para irrigar os 16,80 ha.

Tabela VI.8 – Ganho econômico da alternativa ETE Sul para a irrigação dos canteiros ornamentais

Tipo de nutriente	Quantidade de nutrientes na água de reúso	Preço (R\$) ^(a)
TKN (mg/L) - mínimo	16,60	
TKN (kg)	3.346	8.566
PT (mg/L) - mínimo	2,30	
PT (kg)	460	3.455
KT (mg/L) ^(b)	10,68	
KT (kg) - total	2.150	4.279
Total		16.300

(a) EMATER (2004b); (b) a CAESB não realiza essa determinação. Esse dado foi obtido de SILVA (2004).

Comparando-se a Tabela VI.7 com a VI.8, observa-se que a água de reúso proporciona uma economia de cerca de 29% na compra de adubo.

Tabela VI.9 – Cálculo da área agrícola passível de ser irrigada com água de reúso – alternativa ETE Sul

água reúso - total (m ³ /4meses)	9.828.688
água de reúso - irrigação paisagística (m ³ /4 meses)	201.600
água de reúso - agricultura (m ³ /4 meses)	9.627.088
consumo de água/ciclo(L água/m ²) (a)	414,72
consumo de água por hectare (L/ha/ciclo)	4.147.200
área a ser irrigada com água reúso (ha)	2321
área total - em ha - (mapa de reúso)	3209
% da área total (irrigada com água de reúso)	72

(b) 0,8 L/s.ha ou 829,44 L água/m² no ciclo de 4 meses. Este valor foi fornecido por CAESB e MEL (2004) para irrigação do tipo localizada no DF. Esse valor foi dividido por dois, pois o sistema não funciona 24h/dia.

Tabela VI.10 – Ganho econômico da alternativa ETE Sul para a irrigação agrícola

Tipo de nutriente	Quantidade	Preço (R\$) ^(a)
TKN (mg/L) - mínimo	16,60	
TKN (kg) - total	159.809	409.110
PT (mg/L) - mínimo	2,30	
PT (kg) - total	22.142	166.286
KT (mg/L) - (b)	10,68	
KT (kg) - total	102.817	204.604
Total		780.000

(a)EMATER (2004b); (b) a CAESB não realiza essa determinação. Esse dado foi obtido de SILVA (2004).

Logo, o ganho econômico total da alternativa ETE Sul é de R\$ 796.300.

Tabela VI.11 - Simulação de preço da água de reúso - alternativa ETE Sul

R\$/m ³	Valor a ser pago (R\$) para irrigar 2321 ha da alternativa
0,38 (a)	3.658.293

(b) valor adotado pela SABESP citado por SEMURA (2005)

Observa-se que o valor de R\$ 3.658.293 é superior à economia com a compra de adubo para a irrigação de 2.321 ha da alternativa.

Critério: Doenças de veiculação hídrica

Os dados para a avaliação desse critério, para todas as alternativas, consideraram as informações apresentadas na Tabela VI.12. Devido à inexistência de casos de poliomielite no DF, não houve a sua apresentação na tabela a seguir.

Tabela VI. 12 – Doenças de veiculação hídrica no Distrito Federal para o ano 2000 e por Região Administrativa

Regiões Administrativas		População – Ano 2000 ⁽¹⁾	Doenças de veiculação hídrica no DF no ano de 2000 ⁽¹⁾ – número de casos					
			Cólera	Febre tifóide	Hepatite A ⁽²⁾	Leptospirose	Total	Total de casos/100mil hab
1	Brasília	198422	0	0	7	4	11	6
2	Gama	130580	0	0	42	1	43	33
3	Taguatinga	243575	0	2	0	3	5	2
4	Brazlândia	52698	0	0	12	1	13	25
5	Sobradinho	128.789	0	1	4	3	8	6
6	Planaltina	147.114	0	0	13	3	16	11
7	Paranoá	54.902	0	0	10	3	13	24
8	Núcleo Bandeirante	36.472	0	0	7	2	9	25
9	Ceilândia	344.039	0	0	11	2	13	4
10	Guará	115.385	0	0	26	2	28	24
11	Cruzeiro	63.883	0	0	0	0	0	0
12	Samambaia	164.319	0	0	14	3	17	10
13	Santa Maria	98.679	0	0	18	1	19	19
14	São Sebastião	64.322	0	0	6	0	6	9
15	Recanto das Emas	93.287	0	0	4	3	7	8
16	Lago Sul	28.137	0	0	3	0	3	11
17	Riacho Fundo	41.404	0	0	3	1	4	10
18	Lago Norte	29.505	0	0	1	2	3	10
19	Candangolândia	15.634	0	0	4	0	4	26

(1) SEDUH 2002; (2) Dado fornecido pela Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal

Resultado da avaliação do critério doenças de veiculação hídrica

Tabela VI.13 – Resultado da avaliação do critério doenças de veiculação hídrica para todas as alternativas

Alternativa	Região Administrativa	nº casos de doença de veiculação hídrica/100.000hab
ETE Brazlândia	Brazlândia	25
ETE Samambaia/Melchior	Samambaia	10
ETE Gama	Gama	33
ETE Sul	Brasília	6
ETE São Sebastião	São Sebastião	9

Critério “Atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

a) A alternativa se constitui em um pólo agrícola do DF?

Tabela VI.14 – Resultado da avaliação do item a do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

Alternativas	Área (ha)	% do total	Avaliação da alternativa
Brazlândia	7.098	31,56	1
Samambaia/Melchior	5.476	24,34	1
Gama	3.600	16,00	1
Sul	3.209	14,27	1
São Sebastião	652	2,90	0
Planaltina	2.459	10,93	1
Total	22.494		

b) No Mapa de Uso e Ocupação do Solo são identificadas indústrias na alternativa?

Tabela IV.15 – Resultado da avaliação do item b do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

Alternativas	Avaliação da alternativa
Brazlândia	0
Samambaia/Melchior	1
Gama	1
Sul	0
São Sebastião	0
Planaltina	0

c) A alternativa se constitui em um pólo de pecuária do DF?

Tabela VI.16 – Resultado da avaliação do item c do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

Alternativas	Avaliação da alternativa
Brazlândia	1
Samambaia/Melchior	1
Gama	1
Sul	0
São Sebastião	1
Planaltina	1

- d) A alternativa tem o potencial de se tornar uma grande fornecedora de água de reúso?

Tabela VI.17 – Resultado da avaliação do item d do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

Alternativas	Vazão de todas as ETEs (na alternativa), em m ³ /mês	% do total	Avaliação da alternativa
Brazlândia	84.681,0	1,41	0
Samambaia/Melchior	1.575.843,0	26,22	1
Gama	559.825,2	9,31	0
Sul	3.639.063,0	60,54	1
São Sebastião	81.833,0	1,36	0
Planaltina	69.502,0	1,16	0
Total	6.010.747,2		

O resultado final da alternativa corresponde à soma das avaliações nos itens a, b, c e d. Desta forma, as avaliações variaram de 1 a 4 e se encontram apresentadas na Tabela a seguir.

Tabela VI.18– Resultado da avaliação do critério “atratividade agrícola, industrial e na pecuária”

Alternativas	Avaliação da alternativa
Brazlândia	2
Samambaia/Melchior	4
Gama	3
Sul	2
São Sebastião	1
Planaltina	2

**Anexo VII – Resultados da aplicação do Método
ELECTRE III**

Dados de entrada do Método ELECTRE III

Utilizou-se o Método ELECTRE III para os seguintes casos (considerando todas as alternativas):

- com a participação de todos os decisores;
- apenas para os agricultores;
- apenas para o setor saúde;
- apenas para os técnicos (todos menos os agricultores)

Com o objetivo de facilitar o entendimento da aplicação do Método ELECTRE III, são reapresentadas as Tabelas 4.10, 4.17, 4.18 e 4.19. Em seguida, nas Tabelas VII.1 a VII.12, são apresentadas as matrizes de concordância global, de credibilidade e classificatória para todos os casos de aplicação do ELECTRE III.

Tabela 4.10 - Resultado da ponderação dos critérios para diversos grupos de decisores

Critérios selecionados	Ponderação dos grupos de decisores							
	Todos		Agricultores		Técnicos (*)		Saúde	
	pesos	%	pesos	%	pesos	%	pesos	%
Ganho econômico	27,0	25,3	7,5	29,4	19,5	24,0	4,3	19,1
Área passível de ser irrigada	23,5	22,0	5,5	21,6	18,0	22,1	4,5	20,0
Acesso à água potável	11,4	10,7	1,5	5,9	9,9	12,2	1,8	8,0
Acesso à coleta de esgotos	11,6	10,9	1,5	5,9	10,1	12,4	4,5	20,0
Doenças de veiculação hídrica	15,3	14,3	1,5	5,9	13,8	17,0	5,5	24,4
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	18,0	16,9	8,0	31,4	10,0	12,3	1,9	8,4

(*) todos os decisores (exceto os agricultores)

Tabela 4. 17– Resultado da avaliação das alternativas para cada um dos critérios selecionados para aplicação do Método ELECTRE III

Alternativas	Avaliação dos critérios					
	Ganho econômico (R\$) ^(a)	Área passível de ser irrigada com água de reúso (ha)	Acesso à água potável (% de atendimento) ^{(b) (c)}	Acesso à coleta de esgotos (% de atendimento) ^{(b) (c)}	Doenças de veiculação hídrica (nº casos/100.000hab) ^{(b) (d)}	Atratividade agrícola, industrial e na pecuária (adimensional)
Brazlândia	61.100	82	97,96	86,82	25	2
Samambaia/Melchior	531.000	1.270	99,95	95,87	10	4
Gama	158.000	471	96,04	95,65	33	3
Sul	796.300	2.338	99,96	99,44	6	2
São Sebastião	13.800	46	83,95	76,98	9	1
Planaltina	35.700	61	65,72	52,98	11	2
Total	1.595.600	4.268				

(a) Corresponde ao valor economizado (em reais) com a compra de adubos, a partir do uso da água de reúso, (b) dados das Regiões Administrativas de Brazlândia, Samambaia, Gama, Brasília, São Sebastião e Planaltina, (c) CAESB (2002b), (d) calculado em função dos dados fornecidos pelo SEDUH(2002) e pela Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal. A população para esse cálculo foi obtida de SEDUH (2002).

Tabela 4.18 - Limiares utilizados na aplicação do Método ELECTRE III.

Critérios	Direção de preferência (maior ou menor)	Limiares			Valor de referência
		q	p	v	
Ganho econômico	Maior (a)	15.920 ou 2%	159.200 ou 20%	756.200 ou 95%	796.000
Área passível de ser irrigada com água de reúso	Maior	70 ou 3%	467 ou 20%	2.268 ou 97%	2.338
Acesso à água potável (b)	Maior	1,71 ou 5%	10,27 ou 30%	32,53 ou 95%	34,24 ^(e)
Acesso à coleta de esgotos (b)	Maior	2,3 ou 5%	13,94 ou 30%	44,14 ou 95%	46,46 ^(e)
Doenças de veiculação hídrica (b,c)	Menor (d)	1,35 ou 5%	8,1 ou 30%	25,65 ou 95%	27 ^(e)
Atratividade agrícola, industrial e na pecuária	Maior	0,2 ou 5%	2 ou 50%	4 ou 100%	4

(a) Quanto maior o valor da avaliação do critério, melhor a alternativa; (b) critérios relacionados à questão da saúde das populações; (c) número de casos de doenças de veiculação hídrica /100.000 habitantes; (d) quanto menor o valor da avaliação do critério, melhor a alternativa; (e) diferença entre a maior e a menor avaliação do critério.

Tabela 4.19 - Resultados da aplicação do Método ELECTRE III

Condições de aplicação do Método ELECTRE III	Classificação das alternativas				
	1°	2°	3°	4°	5°
Todas as alternativas e decisores	Sul	Samambaia/ Melchior	Gama	Brazlândia/ São Sebastião	Planaltina
Todas as alternativas e apenas os decisores do Setor Saúde	Sul	Samambaia/ Melchior	São Sebastião	Brazlândia/ Gama	Planaltina
Todas as alternativas e todos os decisores técnicos (todos exceto agricultores)	Sul	Samambaia/ Melchior	Gama	Brazlândia/ São Sebastião	Planaltina
Todas as alternativas e apenas os agricultores como decisores	Samambaia/ Melchior e Sul	Gama	Brazlândia	São Sebastião/ Planaltina	-----

UTILIZANDO TODAS AS ALTERNATIVAS E TODOS OS DECISORES:

Tabela VII.1 – Matriz de Concordância Global para todos os decisores.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,21	0,57	0,28	0,86	0,86
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,86	0,31	1	0,34	0,86	0,86
Sul	1	0,89	0,95	1	1	1
São Sebastião	0,72	0,14	0,25	0,23	1	0,94
Planaltina	0,77	0,2	0,36	0,23	0,77	1

Tabela VII.2 – Matriz de Credibilidade para todos os decisores.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,02	0,57	0	0,86	0,86
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,86	0	1	0	0,56	0,86
Sul	1	0,89	0,95	1	1	1
São Sebastião	0,72	0,01	0,25	0,11	1	0,94
Planaltina	0,04	0	0	0	0,77	1

Tabela VII.3 –Matriz Classificatória para todos os decisores.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	0	0	0	0	0	1
Samambaia/Melchior	1	0	1	0	1	1
Gama	1	0	0	0	0	1
Sul	1	1	1	0	1	1
São Sebastião	0	0	0	0	0	1
Planaltina	0	0	0	0	0	0

UTILIZANDO-SE TODAS AS ALTERNATIVAS E APENAS OS DECISORES DO SETOR DE SAÚDE:

Tabela VII.4 – Matriz de Concordância Global para os decisores do setor saúde.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,19	0,59	0,18	0,76	0,76
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,49	1	1
Gama	0,76	0,32	1	0,32	0,76	0,76
Sul	1	0,95	0,98	1	1	1
São Sebastião	0,72	0,24	0,32	0,25	1	0,97
Planaltina	0,71	0,27	0,38	0,2	0,7	1

Tabela VII.5 – Matriz de Credibilidade para os decisores do setor saúde.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,02	0,59	0	0,76	0,76
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,49	1	1
Gama	0,76	0	1	0	0,29	0,64
Sul	1	0,95	0,98	1	1	1
São Sebastião	0,72	0,02	0,32	0,11	1	0,97
Planaltina	0,03	0	0	0	0,7	1

Tabela VII.6 – Matriz Classificatória para os decisores do setor saúde.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	0	0	0	0	0	0
Samambaia/Melchior	1	0	1	0	1	1
Gama	0	0	0	0	0	0
Sul	1	1	1	0	1	1
São Sebastião	0	0	0	0	0	1
Planaltina	0	0	0	0	0	0

UTILIZANDO-SE TODAS AS ALTERNATIVAS E APENAS OS AGRICULTORES COMO DECISORES

Tabela VII.7 –Matriz de Concordância Global para os decisores do setor agrícola.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,19	0,54	0,38	0,94	0,94
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,94	0,33	1	0,41	0,94	0,94
Sul	1	0,8	0,91	1	1	1
São Sebastião	0,75	0,06	0,22	0,27	1	0,9
Planaltina	0,86	0,17	0,39	0,34	0,88	1

Tabela VII.8 – Matriz de Credibilidade para os decisores do setor agrícola.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,02	0,54	0	0,94	0,94
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,94	0	1	0,01	0,94	0,94
Sul	1	0,8	0,91	1	1	1
São Sebastião	0,75	0,01	0,22	0,26	1	0,9
Planaltina	0,08	0	0	0	0,88	1

Tabela VII.9 – Matriz Classificatória para os decisores do setor agrícola.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	0	0	0	0	1	1
Samambaia/Melchior	1	0	1	0	1	1
Gama	1	0	0	0	1	1
Sul	1	0	1	0	1	1
São Sebastião	0	0	0	0	0	0
Planaltina	0	0	0	0	0	0

UTILIZANDO-SE TODAS AS ALTERNATIVAS E TODOS OS DECISORES TÉCNICOS (TODOS EXCETO AGRICULTORES):

Tabela VII.10 – Matriz de Concordância Global para os decisores técnicos.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,21	0,58	0,25	0,83	0,83
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,83	0,3	1	0,32	0,83	0,83
Sul	1	0,92	0,96	1	1	1
São Sebastião	0,71	0,17	0,26	0,22	1	0,95
Planaltina	0,74	0,21	0,35	0,2	0,74	1

Tabela VII.11 – Matriz de Credibilidade para os decisores técnicos.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	1	0,02	0,58	0	0,83	0,83
Samambaia/Melchior	1	1	1	0,46	1	1
Gama	0,83	0	1	0	0,46	0,83
Sul	1	0,92	0,96	1	1	1
São Sebastião	0,71	0,02	0,26	0,1	1	0,95
Planaltina	0,04	0	0	0	0,74	1

Tabela VII.12 – Matriz Classificatória para os decisores técnicos.

	Brazlândia	Samambaia/Melchior	Gama	Sul	São Sebastião	Planaltina
Brazlândia	0	0	0	0	0	0
Samambaia/Melchior	1	0	1	0	1	1
Gama	0	0	0	0	0	0
Sul	1	1	1	0	1	1
São Sebastião	0	0	0	0	0	1
Planaltina	0	0	0	0	0	0

Edição do texto:

Prof. Ademir Araújo Filho

professorademir@terra.com.br