

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SANEAMENTO,
MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS

AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS
URBANAS À LUZ DOS IMPACTOS NOS
SISTEMAS DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA

Márcio Otávio Figueiredo Junior

Belo Horizonte

2009

**AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS
URBANAS À LUZ DOS IMPACTOS NOS SISTEMAS
DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA**

Márcio Otávio Figueiredo Junior

**AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS
URBANAS À LUZ DOS IMPACTOS NOS SISTEMAS
DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Recursos Hídricos

Linha de pesquisa: Hidrologia Urbana

Orientador: Professor Doutor Márcio Baptista

Co-orientador: Professor Doutor Nilo O. Nascimento

Belo Horizonte

Escola de Engenharia da UFMG

2009

Página com as assinaturas dos membros da banca examinadora, fornecida pelo Colegiado do Programa

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha esposa Juliana, por sempre me apoiar e acreditar na conquista de mais esta realização.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre a meu lado.

A meus pais, Márcio e Célia e a minha irmã Flávia, por me fazer acreditar neste trabalho.

A minha querida esposa Juliana por estar sempre a meu lado nos momentos de dificuldades, dando-me o apoio necessário à realização deste sonho.

Ao professor Márcio Baptista, o orientador sempre disponível e grande motivador de novas idéias, direcionando com sua experiência e visão abrangente com tranquilidade e confiança para o sucesso deste trabalho.

Do Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, agradeço aos funcionários do EHR e aos professores do curso de mestrado: Mauro Naghetini, Nilo Nascimento, Carlos Martinez, Márcia Lara, Bruno Versiani, Luis Rafael Palmier, pela dedicação ao curso e pelos conhecimentos transmitidos.

Aos amigos Luciano, Danilo, David e Mateus, pelo apoio e pela amizade nos bons momentos que passamos, que fizeram com que o período deste curso tivesse valido a pena.

Aos profissionais que participaram da consulta para análise crítica dos indicadores propostos, pela disponibilidade e por sua valiosa contribuição ao trabalho.

Ao Departamento de Obras Públicas de Minas Gerais (DEOP-MG) e à Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável (SEMAD), pelas informações disponibilizadas do projeto de desenvolvimento urbano do Centro Administrativo de Minas Gerais.

Aos especialistas que participaram da consulta para análise crítica dos indicadores propostos fornecendo valiosa contribuição a este trabalho.

RESUMO

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um modelo de avaliação simples, acessível e global para implantação de empreendimentos sob a ótica de águas urbanas baseado em métodos multicritério.

Como atualmente as questões relativas às águas urbanas fazem parte da problemática das cidades e são prioridades da ação de planejamento, visto que o processo de urbanização e o sistema de águas urbanas são caracterizados por complexas interações, torna-se importante a adequada avaliação dos empreendimentos, de forma a integrar o manejo sustentável das águas urbanas. Assim, conforme amplamente relatado na literatura técnica, o desenvolvimento de novos modelos de avaliação faz parte da crescente conscientização deste tema.

As etapas metodológicas estão apoiadas no método multicritério ANP (*Analytic Network Process*), tendo sido desenvolvido em planilha eletrônica um modelo de avaliação intitulado AUrb/ANP. Em seguida, foram estabelecidos os critérios de avaliação baseados em indicadores de sustentabilidade e elaborada uma sistemática para orientar o analista no processo de avaliação.

Para a verificação da metodologia proposta foram realizados dois estudos de casos em situações distintas de projeto. O primeiro estudo buscou aplicar a metodologia proposta fazendo a avaliação do projeto de implantação de um empreendimento em uma área já urbanizada. O segundo estudo verificou a metodologia proposta por meio da avaliação de um projeto de implantação de um condomínio em área natural cujo resultado obtido foi comparado à avaliação realizada em outro estudo.

A sistemática de avaliação aplicada com o uso do modelo AUrb/ANP foi considerada eficiente para verificação da metodologia proposta, uma vez que se mostrou viável e compreensível para uso em procedimentos correntes, permitindo verificar a eficiência de um projeto com relação às águas urbanas, fornecendo ainda recomendações necessárias para sua melhoria.

ABSTRACT

This work presents the development of a simple and accessible model as well as a global evaluation for the implementation of enterprises under the point of view of urban water based on multicriteria methods.

The issues surrounding urban water are a priority in the planning stages of cities due to inherent complex interactions within the urban water system and also due to the nature of the urbanization process being at times quite random. Thus an appropriate evaluation of the enterprises used to manage and maintain urban water becomes important. Both existing technical literature and the development of new models of evaluation are an intrinsic part of the development process.

The methodological stages are derived from the multicriterial method ANP (Analytic Network Process) having been developed via mathematical formulae in an evaluation model entitled AUrb/ANP. As a result of this they have become the established evaluation criteria for sustainability indicators and a largely systematic guide for the analyst in the evaluation process.

For the consolidation and validation of the proposed methodology two case studies were undertaken in different situations by design. The first study looked to consolidate the proposed methodology making the evaluation of project implementation in an area already urbanized. The second study validated the proposed methodology through the evaluation of a project of implementation of a condominium in natural area which result was compared with the evaluation accomplished in another study.

The systematic of applied evaluation with the use of the model AUrb/ANP was considered efficient for verification and consolidation of the proposed methodology, once it was shown feasible and comprehensible for use in average procedures, allowing to verify the efficiency of a project with relationship to the urban waters, still supplying necessary recommendations for their improvement.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	JUSTIFICATIVA	3
3	OBJETIVOS E ETAPAS METODOLÓGICAS	5
3.1	Objetivos	5
3.2	Objetivos Específicos	5
3.3	Desenvolvimento Metodológico	5
4	REVISÃO DA LITERATURA	7
4.1	Introdução	7
4.2	Águas urbanas	7
4.2.1	Introdução	7
4.2.2	Conceitos de águas urbanas	8
4.2.3	Principais componentes do sistema de águas urbanas	9
4.2.4	Impactos da urbanização sobre o sistema de águas urbanas	13
4.2.5	Considerações finais.....	16
4.3	Sustentabilidade.....	17
4.3.1	Introdução.....	17
4.3.2	Evolução histórica.....	18
4.3.3	Abordagens conceituais.....	18
4.3.4	Dimensões do desenvolvimento sustentável	21
4.3.5	Considerações finais.....	22
4.4	Indicadores	23
4.5	Métodos de análise multicritérios.....	28
4.5.1	Considerações iniciais	28
4.5.2	Métodos multicritérios	29
4.5.3	Métodos da série ELECTRE.....	31
4.5.4	Método ANP.....	34
4.5.5	Método cibernético modificado de Vester.....	46
4.5.6	Considerações finais.....	50
5	DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO	51
5.1	Desenvolvimento do modelo de avaliação.....	52
5.1.1	Escolha do método multicriterial	52
5.1.2	Adequação do método multicriterial.....	53
5.1.3	Determinação da Rede de Controle.....	60
5.1.4	Resultado gráfico da avaliação	63
5.2	Seleção dos critérios de avaliação	65
5.2.1	Conjunto de indicadores	66
5.2.2	Triagem dos indicadores.....	69
5.2.3	Consulta a especialistas	70
5.2.4	Determinação dos critérios de avaliação	74
5.3	Modelo modificado AUrb/ANP	75
5.4	Definição da Sistemática de avaliação.....	77
5.5	Considerações finais	79
6	APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO – ESTUDO CAMG	80
6.1	Caracterização do Empreendimento	80
6.1.1	Objetivo e localização do CAMG	80
6.1.2	Características da região.....	81
6.1.3	Aspectos técnicos do projeto	86
6.2	Montagem da Rede de Controle	89

6.2.1	Definição dos cenários de avaliação	89
6.2.2	Definição dos grupos e critérios de avaliação	89
6.3	Avaliação dos grupos	92
6.4	Avaliação dos elementos da Rede de Controle	92
6.5	Resultados Obtidos	107
6.6	Conclusões	110
7	VERIFICAÇÃO DA SISTEMÁTICA – ESTUDO DO CONDOMÍNIO VALE DOS CRISTAIS	111
7.1	Introdução	111
7.2	Caracterização do empreendimento.....	111
7.3	Montagem da Rede de Controle	112
7.3.1	Definição dos cenários de avaliação	112
7.3.2	Definição dos grupos e critérios da Rede de Controle	113
7.4	Avaliação dos grupos.....	120
7.5	Avaliação dos elementos da Rede de Controle	120
7.6	Análise dos resultados.....	128
7.7	Conclusão.....	130
8	CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS	132
8.1	Modelo AUrb/ANP e a sistemática de avaliação	132
8.2	Critérios de avaliação.....	134
8.3	Estudos de caso.....	135
8.4	Perspectivas.....	137
9	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	139
	Apêndice I	144
	Apêndice II.....	146
	Apêndice III	150

LISTA DE ABREVIATURAS e SIGLAS

AHP	– Analytic Hierarchy Process
ANP	– Analytic Network Process
APP	– Área de Preservação Permanente
CAMG	– Centro Administrativo de Minas Gerais
CMMAD	– Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento
COPASA	– Companhia de Saneamento de Minas Gerais
CVC	– Condomínio Vale dos Cristais
DBO	– Demanda Bioquímica de Oxigênio
DEOP-MG	– Departamento de Obras Públicas de Minas Gerais
DMD	– Decisão Multicritério Discreta
ELECTRE	– ELimination Et Choix Traduisant REalité
ETA	– Estação de Tratamento de água
ETE	– Estação de tratamento de Esgoto
IBGE	– Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IHE-UNESCO	– União Européia com a coordenação geral
IUCN	– International Union for the Conservation of Natura Resources
OECD	– Organization for Economic Cooperation and Development
PCA	– Plano de Controle Ambiental
PMBOK	– Project Management Body of Kownledge
DRENURBS	– Programa de Recuperação Ambiental de Belo Horizonte
PROMETHEE	– Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations
RIMA	– Relatório de Impacto Ambiental
RMBH	– Região Metropolitana de Belo Horizonte
SEMAD	– Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável
SEPLAG	– Secretaria de Estado e Planejamento e Gestão
SUDECAP	– Superintendência de Desenvolvimento da Capital
SWITCH	– Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities' Health
TOPSIS	– Technique for Order Preference by Similarity
ZAR	– Zona de Adensamento Restrito
ZEIS	– Zona de Especial Interesse Social
ZP	– Zona de Proteção
ZPAM	– Zona de Proteção Ambiental

LISTA DE FIGURAS

Figura 4-1– Sistema de abastecimento e esgotamento urbano (Fonte: RHAMA, 2008).....	11
Figura 4-2– Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias (Fonte: Baptista, 2005).	12
Figura 4-3 – Impactos da urbanização sobre águas urbanas (Fonte: Tucci, 2001).	15
Figura 4-4 – Diagrama básico do conceito do termo Desenvolvimento Sustentável.....	18
Figura 4-5 – Níveis de sustentabilidade. Fonte: Bell e Morse (2003).....	20
Figura 4-6– Relação entre os aspectos da sustentabilidade. Fonte: Bell e Morse (2003).....	20
Figura 4-7 – Dimensões e níveis da sustentabilidade no aspecto mais amplo.....	23
Figura 4-8 – Visão geral do processo do Método ANP.....	35
Figura 4-9 – Rede composta por alternativas e critérios formada por grupos, critérios e conexões.....	37
Figura 4-10 – Exemplo da comparação entre os elementos do grupo 1 em relação ao elemento D do grupo 2.....	39
Figura 4-11 – Matriz de comparação entre os elementos A, B e C em relação ao elemento D.	39
Figura 4-12 – Resultado final obtido pela média dos valores normalizados.	40
Figura 4-13 – Inconsistência de julgamentos.....	41
Figura 4-14 – A estrutura geral da supermatriz W do método ANP	43
Figura 4-15 – Supermatriz inicial.....	44
Figura 4-16 – Supermatriz Pesada ou Estocástica.....	45
Figura 4-17 – Exemplo da Supermatriz Limite com o Resultado.....	45
Figura 4-18 – Matriz de Variáveis do método Cibernético modificado de Vester.....	47
Figura 4-19 – Exemplo da avaliação de impacto na Matriz de Variáveis.....	48
Figura 4-20 – Representação gráfica das variáveis no sistema.....	49
Figura 5-1 – Diagrama do desenvolvimento metodológico.....	51
Figura 5-2 – Esquema básico do conceito dos métodos multicriteriais.....	53
Figura 5-3 – Esquema básico do conceito para o modelo proposto.....	54
Figura 5-4 – Base de cálculo do método ANP.....	55
Figura 5-5 – Base de cálculo do modelo <i>AUrb/ANP</i> – Avaliação dos elementos.....	56
Figura 5-6 – Base de cálculo do modelo <i>AUrb/ANP</i> – Supermatrizes.....	56
Figura 5-7 – Base de cálculo do modelo <i>AUrb/ANP</i> – Matriz de comparação.....	57
Figura 5-8 – Quatro fases de avaliação identificadas na Supermatriz Inicial.....	59

Figura 5-9 – Exemplo do questionário apresentado no modelo <i>AUrb/ANP</i>	60
Figura 5-10 – Representação da Rede de Controle do Modelo <i>AUrb/ANP</i>	62
Figura 5-11 – Representação da Rede de Controle na interface do modelo <i>AUrb/ANP</i>	62
Figura 5-12 – Representação gráfica do resultado final da avaliação no modelo <i>AUrb/ANP</i>	63
Figura 5-13 – Lista dos indicadores pré-selecionados.	70
Figura 5-14 – Valores atribuídos pelos profissionais entrevistados.	71
Figura 5-15 – Representação gráfica dos valores atribuído pelos profissionais.	71
Figura 5-16 – Média geral das notas atribuídas pelos profissionais.	72
Figura 5-17 – Matriz de variável utilizada nas notas atribuídas aos indicadores.	73
Figura 5-18 – Gráfico do comportamento das variáveis.	73
Figura 5-19 – Rede de Controle com os critérios de avaliação definidos.	76
Figura 5-20 – Fluxograma da Sistemática de Avaliação.	78
Figura 6-1 – Visão geral do projeto do CAMG (SEPLAC- 2006).	80
Figura 6-2 – Planta de localização da bacia do Córrego Floresta em Belo Horizonte.	81
Figura 6-3 – Localização do CAMG (SEPLAG, 2006).	81
Figura 6-4 – Bacia elementar do córrego Floresta com as limitações das áreas das sub-bacias e o local de implantação do projeto CAMG (adaptada do DRENURBS, 2003).	83
Figura 6-5- <i>Vista geral do projeto do CAMG (Fonte: RIMA, 2006)</i>	86
Figura 6-6 – Grupos e critérios de avaliação.	90
Figura 6-7 – Questionário de comparação do modelo <i>AUrb/ANP</i>	97
Figura 6-8 – Resultados da avaliação do CAMG.	107
Figura 6-9 – Resultado da avaliação do projeto do CAMG com as alterações propostas.	109
Figura 7-1– Configuração da Rede de Controle com indicadores propostos por Castro (2007).	114
Figura 7-2 – Supermatriz inicial do modelo <i>AUrb/ANP</i>	114
Figura 7-3 – Resultado da avaliação do Condomínio Vale dos Cristais.	128

LISTA DE TABELAS

Tabela 4-1 – Objetivos e características dos métodos ELECTRE (Fonte: Castro, 2002)	34
Tabela 4-2 – Escala Fundamental de Saaty de 1980	38
Tabela 4-3 – Grau de impacto das variáveis dos sistemas.	48
Tabela 4-4- Descrição das características das variáveis.	49
Tabela 5-1 – Escala Fundamental de Saaty modificada	58
Tabela 5-2 – Principais diferenças entre o método ANP e o modelo modificado AUrb/ANP	65
Tabela 5-3 – Indicadores do SWITCH.	67
Tabela 5-4 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Ambiental.....	67
Tabela 5-5 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Econômico.....	68
Tabela 5-6 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Social	68
Tabela 5-7 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Saúde.....	68
Tabela 5-8 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Engenharia.....	68
Tabela 5-9 – Critérios de avaliação estabelecidos.....	75
Tabela 5-10 – Lista dos 21 indicadores associados aos critérios	77
Tabela 6-1 – Distribuição da característica do terreno identificadas na área da bacia (Fonte: Relatório de Diagnóstico Sanitário e Ambiental).....	84
Tabela 6-2 – Definição dos cenários.....	89
Tabela 6-3 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 1 – Sustentabilidade.....	105
Tabela 6-4 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 2 – Águas Urbanas.....	105
Tabela 6-5 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 3 – Característica das águas	106
Tabela 7-1 – Definição dos cenários.....	113
Tabela 7-2 – Indicadores propostos por Castro (2007).....	113
Tabela 7-3 – Média dos pesos atribuídos pelos especialistas para importância dos grupos..	120

NOTAÇÕES

A_{armaz} – Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm o armazenamento/ detenção das águas pluviais (ha)

$A_{armaz+infilt}$ – Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm a atuação conjunta da detenção e infiltração das águas pluviais (ha)

A_{inf} – Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm a infiltração das águas pluviais (ha)

A_{Total} – Área total do projeto (ha)

C_{DBO} – DBO do lançamento previsto (mg/L)

$C_{DBO_{nat}}$ – DBO do curso de água em sua situação natural (mg/L)

C_N – Número de grupo da Rede de Controle do método ANP

C_{perm_DBO} – DBO permitida para lançamento das águas de esgotamento sanitário, conforme legislação pertinente (mg/L)

e_{Nn} – Elementos dos grupo do método ANP

EA– Efeitos ativos do sistema

EP– Efeitos passivos do sistema.

Q– Quociente dos efeitos ativos e passivos

Q_{dem} – Vazão prevista de demandas na área de projeto para usos consuntivos, com águas superficiais (m³/s)

Q_{dil_DBO} – Vazão de diluição necessária para manter o curso de água em sua classe de enquadramento após o lançamento do esgotamento sanitário da área urbanizada, considerando-se o parâmetro DBO (m³/s)

Q_{inund} – Vazão que pode causar inundações a jusante (m^3/s)

Q_{min} – Vazão mínima estimada nos cursos de água superficiais na saída da área de projeto, para determinado período de retorno (m^3/s)

Q_{pico_alt} – Vazão de pico a jusante da área para o período de retorno de projeto (m^3/s)

Q_{pico_nat} – Vazão de pico para o período de retorno de projeto, estando a bacia em sua situação natural (m^3/s)

Q_{rem_min} – Vazão mínima remanescente, considerando a vazão ecológica de referência utilizada pela autoridade outorgante e as demandas comprometidas a montante e a jusante da área de projeto (m^3/s)

T_{ret_proj} – Período de retorno de projeto para as inundações dentro da área do projeto (anos)

T_{ret_des} – Período de retorno desejável para proteção da área quanto a inundações (anos)

V_{inf_med} – Volume infiltrado médio da alternativa de projeto em análise (m^3)

V_{inf_nat} – Volume infiltrado na área de projeto em sua situação natural (m^3)

W_{NN} – Bloco matricial correspondente as comparações de elementos do método ANP

V_{re} – Volume médio anual previsto de reutilização ou recuperação de águas na área em projeto de desenvolvimento urbano (m^3)

V_{tot_dem} – Volume médio anual previsto de demanda de água para os usos múltiplos previstos na área de desenvolvimento urbano (m^3)

1 INTRODUÇÃO

A implantação de empreendimentos urbanos usualmente resulta em impactos sobre o regime hidrológico de uma região, podendo afetar os sistemas de águas urbanas nos aspectos de abastecimento, esgotamento sanitário e drenagem pluvial diretamente na área de intervenção como também em áreas de influência. Os impactos sobre o regime hidrológico podem se dar sobre a quantidade, a qualidade e o regime dos corpos de água, uma vez que o processo de urbanização tende a aumentar em volume e velocidade o escoamento superficial, reduzindo a recarga de aquíferos, deteriorando os mananciais e aumentando a vazão de pico, se comparadas às vazões observadas para a bacia em seu estado natural.

Os sistemas de águas urbanas são caracterizados por complexas interações ambientais, econômicas e sociais, formando delicadas estruturas que nem sempre são avaliadas de forma adequada em empreendimentos urbanos em seu processo de implantação. Diante desses problemas, novas abordagens para tratar o desenvolvimento urbano vêm sendo desenvolvidas, conforme relatado na literatura técnica, integrando os princípios de sustentabilidade. No contexto da crescente conscientização de abordagem integrada e sustentável das questões relativas à água em meio urbano, teve origem o projeto SWITCH (*Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities' Health*), que tem como objetivo geral o desenvolvimento, a aplicação e a demonstração de um conjunto de soluções científicas e tecnológicas visando à gestão efetiva e sustentável de águas urbanas. (*Sixth Framework Programme Priority*, 2005).

Assim, a adequada avaliação das intervenções urbanas torna-se importante para contemplar as complexas relações entre as soluções viáveis e os objetivos de empreendimentos urbanos com o adequado manejo das águas.

Na pesquisa bibliográfica realizada, encontram-se poucos estudos que avaliam de forma integrada a implantação de empreendimentos urbanos quanto a seus impactos no sistema de águas urbanas. Esse é o principal motivador do presente trabalho que objetiva apresentar uma sistemática global de avaliação aplicada a projetos de intervenção urbana, desenvolvendo um método de fácil aplicação baseado nos métodos de análise multicritério.

O texto está estruturado em nove capítulos, incluindo a introdução como o primeiro. O segundo capítulo refere-se à justificativa e o terceiro apresenta o objetivo geral e os objetivos

específicos, bem como as etapas metodológicas do trabalho. A revisão de literatura é apresentada no quarto capítulo, com uma análise sobre os conceitos e as diversas abordagens existentes sobre os sistemas de águas urbanas, o desenvolvimento sustentável, a construção de indicadores e os métodos de análise multicritério. No quinto capítulo, é apresentado o desenvolvimento metodológico do trabalho. No primeiro momento, é desenvolvido um modelo de avaliação, baseado em um método multicritério. Em seguida, são apresentadas as etapas para a determinação dos critérios de avaliação e, finalmente, para subsidiar a utilização do modelo, é estabelecida uma sistemática de avaliação. Nos capítulos sexto e sétimo são desenvolvidos os estudos de caso para a aplicação da sistemática proposta. No capítulo sexto é avaliada a implantação do Centro Administrativo de Minas Gerais (CAMG), visando a consolidação da sistemática e, no capítulo sétimo, com objetivo de comparar a metodologia desenvolvida neste trabalho, a sistemática é aplicada no Condomínio Vale dos Cristais, com base nas informações e critérios empregados por Castro (2007). No capítulo oitavo, é feita a análise crítica, apresentando as discussões da metodologia e da sistemática de avaliação, analisando a aplicação do método multicritério utilizado como instrumento de avaliação e dos critérios propostos com os ajustes considerados relevantes, após a análise crítica realizada. Finalmente, no capítulo nove, são destacadas as principais conclusões do trabalho e são ressaltadas algumas perspectivas promissoras para a continuação dos estudos.

2 JUSTIFICATIVA

A urbanização desordenada nos grandes centros, principalmente em países em desenvolvimento, está relacionada a vários aspectos, sobretudo ao crescimento populacional, à infra-estrutura deficiente e à falta de planejamento e gestão eficazes.

No Brasil, segundo dados do censo demográfico realizado pelo IBGE em 2000, a população urbana atinge atualmente 81% do total. Por outro lado, a carência de infra-estrutura causada pela baixa capacidade de investimento e a falta de instrumentos adequados de avaliação e planejamento integrado, leva a soluções isoladas e pouco eficientes. Conforme Nascimento e Heller (2005), a situação é ainda agravada pelos problemas de distribuição de riqueza, o que resultou em grandes conglomerados urbanos pressionando a demanda da infra-estrutura já debilitada e, conseqüentemente, o sistema de águas urbanas.

Segundo Castro (2007), os impactos do desenvolvimento urbano em relação aos aspectos hidrológicos estão relacionados à quantidade, qualidade e regime dos corpos de água, uma vez que a intensa urbanização de uma região pode levar à deteriorização dos mananciais, ao aumento do escoamento superficial em volumes e velocidades, devido à implantação de canais artificiais e canalizações de cursos de água, e à redução da recarga de aquíferos em função da impermeabilização de superfícies. Esta situação se mostra claramente insustentável e, nesse contexto, a necessidade de ferramentas para avaliação do sistema de águas urbanas na fase de implantação de empreendimentos não é somente aparente, mas vital.

Segundo Baptista *et al.* (2005), os temas ligados ao abastecimento, esgotamento e drenagem fazem hoje parte da problemática urbana das cidades e constituem prioridades da ação gerencial, na medida em que têm forte rebatimento no meio ambiente. De acordo com Rossetto *et al.* (2004), variáveis sociais, econômicas, físico-espaciais e ambientais fazem parte dessas complexas relações no sistema de águas urbanas, o que requer habilidades de planejamento e gestão de forma a gerar espaços urbanos socialmente justos e com adequadas condições físico-ambientais. Portanto, o modo mais eficiente e rápido de estabelecer um sistema de águas urbanas menos agressivo e mais sustentável requer a utilização de métodos simplificados de avaliação, de fácil aplicação, que possam analisar de forma consistente e integrada os aspectos de abastecimento, esgotamento e drenagem.

Diante desses problemas, uma nova abordagem é necessária para tratar a questão do

desenvolvimento urbano, buscando traduzir suas complexas relações por meio de ferramentas acessíveis e eficientes de avaliação, permitindo assim atender simultaneamente aos objetivos do empreendimento e o adequado tratamento das águas urbanas.

3 OBJETIVOS E ETAPAS METODOLÓGICAS

3.1 *Objetivos*

Objetivo Geral

O objetivo principal do trabalho consiste na proposição de uma sistemática de avaliação global de empreendimentos de desenvolvimento urbano à luz de critérios relativos a impactos sobre os sistemas de águas urbanas baseada no método multicritério ANP (*Analytic Network Process*).

3.2 *Objetivos Específicos*

Para o atendimento ao objetivo geral, são definidos os seguintes objetivos específicos:

- Desenvolver um modelo prático e acessível capaz de avaliar a implantação de um empreendimento sob a ótica de águas urbanas baseado no método multicritério ANP;
- Analisar a possibilidade de integrar os indicadores de sustentabilidade propostos pelo projeto SWITCH na sistemática de avaliação;
- Consolidar a sistemática de avaliação pela aplicação em projetos de implantação de empreendimentos urbanos na cidade de Belo Horizonte como estudos de caso.

3.3 *Desenvolvimento Metodológico*

Foram feitos estudos na literatura sobre os conceitos de águas urbanas, desenvolvimento sustentável e análises sobre a construção de indicadores bem como a utilização dos métodos de análise multicritério.

No primeiro momento, foi desenvolvido um modelo de avaliação baseado no método multicritério ANP. O método de cálculo ANP foi adaptado em planilha eletrônica e adequado para possibilitar a avaliação de um empreendimento em relação a dois cenários utilizando nove critérios de avaliação. Finalmente, foi elaborado um conjunto de gráficos para analisar o resultado da avaliação.

No segundo momento, foram determinados os critérios de avaliação baseados nos indicadores propostos no contexto do Projeto SWITCH por meio da seleção e consulta a profissionais sobre o grau de importância dos indicadores selecionados. Posteriormente, foi elaborada a Rede de Controle estabelecendo os grupos dimensionais com os nove critérios definidos e Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG

estabelecido um modelo de avaliação intitulado AUrb/ANP.

Em seguida, foi estabelecida uma sistemática de avaliação para subsidiar a operacionalidade do modelo desenvolvido. A sistemática de avaliação é dividida em cinco etapas, a primeira caracteriza o empreendimento quanto à localização, dados da região e do projeto. A montagem da Rede de Controle é a segunda etapa, definindo os cenários, os grupos e os critérios de avaliação conforme o objetivo e a característica do empreendimento. A terceira e a quarta etapas avaliam os grupos e os elementos da Rede de Controle e a quinta etapa consiste na análise dos resultados e diagnóstico da avaliação.

Posteriormente, foi avaliada a implantação do Centro Administrativo de Minas Gerais (CAMG) e o Condomínio Vale dos Cristais visando à aplicação e verificação da sistemática de avaliação.

4 REVISÃO DA LITERATURA

4.1 Introdução

Para que pudessem ser realizadas as atividades de avaliação de um empreendimento urbano com relação às suas águas, foi imprescindível aprofundar o conhecimento referente a alguns conceitos. O presente capítulo trata do estudo referente aos sistemas de águas urbanas, apresentando as diferentes interpretações existentes sobre o tema. Em seguida, são analisados os conceitos de desenvolvimento sustentável e indicadores apresentando os diversos conceitos e dimensões existentes. Finalmente, é apresentado um estudo sobre o fundamento dos métodos de análise multicritério e é apresentada uma análise sobre o método multicritério ANP (*Analytic Network Process*).

4.2 Águas urbanas

4.2.1 Introdução

No Brasil, segundo dados do censo demográfico realizado pelo IBGE (2000), estima-se que a população urbana corresponda a 81% do total. O processo de urbanização ocorrido, principalmente, nos últimos trinta anos, tem produzindo impactos significativos na própria população e no meio ambiente, reduzindo a qualidade da vida e degradando os recursos naturais. Os problemas têm sido gerados, principalmente, devido ao desenvolvimento urbano em bases insustentáveis, planejamento setorial não-integrado, tendo em vista visões desatualizadas sobre os vários aspectos em meio urbano, inclusive no que se refere aos sistemas de águas urbanas.

Conforme citado por Baumann *et al.* (1997), desde 1973, mudanças substanciais vêm ocorrendo no planejamento e gerenciamento de águas urbanas. Por exemplo, nos Estados Unidos o *U.S. Army Corps of Engineers* elaborou um guia chamado de Processo de Planejamento, com uma estrutura de planejamento multiobjetivo e desenvolveu a Análise de Impacto Ambiental para projetos propostos.

Atualmente, no que se refere ao planejamento urbano, o desafio é determinar a combinação ótima de todos os aspectos envolvidos nos sistemas de águas urbanas de forma integrada e sustentável na fase de projeto de um desenvolvimento urbano.

4.2.2 Conceitos de águas urbanas

O termo águas urbanas é relativamente novo, se comparado com o início das implantações das grandes metrópoles, sendo empregado com mais frequência há poucas décadas. Por ser um conceito abrangente e igualmente complexo, o estudo das águas urbanas permite interpretações e definições em diferentes níveis e dimensões de acordo com o objetivo a ele direcionado, conforme pesquisa bibliográfica realizada apresentada a seguir.

Segundo Tucci (2007a), os principais sistemas relacionados à água no meio ambiente urbano são:

- Os mananciais de águas superficiais e subterrâneas, que são as fontes para abastecimento humano, animal e industrial;
- O abastecimento de água, que envolve o transporte até a estação de tratamento de água (ETA) e depois a distribuição pela rede até os pontos de abastecimento;
- O saneamento de efluentes cloacais, que é o sistema de coleta dos efluentes residenciais, comerciais e industriais com o transporte para o tratamento em uma ETE (estação de tratamento de esgoto). Inclui também o despejo da água tratada de volta ao sistema hídrico;
- O controle da drenagem urbana, que usualmente envolve a rede de coleta de água e resíduos sólidos devido à precipitação sobre as superfícies urbanas, seu tratamento e o retorno aos rios, como também o controle das inundações ribeirinhas.

Para Baumann *et al.* (1997), o conceito de águas urbanas compreende todas as atividades necessárias à segurança, tratamento, transporte, armazenamento e distribuição de água (abastecimento de água), como também as atividades necessárias para coletar, transportar, tratar e despejar o efluente resultante (esgotamento sanitário).

Já Woodcock (2000), afirma que o ciclo de águas urbanas, bem como seu conceito, está ligado diretamente ao aspecto gerencial integrado e tem como objetivo reduzir o desperdício de água potável e o volume de esgotamento sanitário, mantendo a qualidade da água por meio de:

- Aumento da recarga da água subterrânea;
- Redução da erosão e sedimentação;

- Melhoria da qualidade da água do escoamento superficial;
- Proteção do meio ambiente;
- Aumento da captação das águas pluviais para utilização.

De acordo com *AN INTERNATIONAL JOURNAL URBAN WATER* (2007), o conceito de águas urbanas abrange os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e a drenagem urbana, com suas interações entre as águas superficiais e subterrâneas, bem como os aspectos de reúso e controle das nascentes.

Fica claro nas definições citadas que, apesar de haver diferentes definições sobre o termo, não há grandes diferenças entre elas. De modo geral, o termo águas urbanas pode ser definido como sendo a inter-relação entre os sistemas de abastecimento de água, esgotamento sanitário e drenagem e a forma como se interagem dentro do ambiente urbano.

4.2.3 Principais componentes do sistema de águas urbanas

Conforme descrito acima, o sistema de águas urbanas é basicamente composto por pelo menos três categorias distintas fortemente inter-relacionadas:

a – Sistema de abastecimento:

Caracteriza-se pela retirada da água da natureza, adequação de sua qualidade, transporte até os aglomerados humanos e fornecimento à população em quantidade e qualidade compatível a suas necessidades. Esse sistema representa o conjunto de obras, equipamentos e serviços destinados ao abastecimento de água potável de uma comunidade para fins de consumo doméstico, serviços públicos, consumo industrial e outros usos.

O sistema é usualmente composto por:

- Manancial: fonte de onde se retira a água, podendo ser superficial ou subterrâneo;
- Captação: é conjunto de equipamentos e instalações utilizado para a tomada de água do manancial;
- Adução: tem como objetivo transportar a água do manancial ou a água tratada;
- Estação de Tratamento de água (ETA): consiste na melhoria das características qualitativas da água, dos pontos de vista físicos, químicos, bacteriológicos e

organolépticos, a fim de que se torne própria para o consumo;

- Reservação: é o armazenamento da água para atender a diversos propósitos, como a variação de consumo e a manutenção da pressão mínima na rede de distribuição;
- Rede de distribuição: consiste na condução da água para os edifícios e pontos de consumo, por meio de tubulações instaladas nas vias públicas.

b – Sistema de esgotamento:

Após a utilização da água, ela sofre novas transformações em sua qualidade, vindo a constituir um despejo líquido. Visando a remover seus principais poluentes, os despejos ou efluentes sofrem tratamento antes de serem lançados ao corpo receptor. Deste modo, entende-se o sistema de esgotamento como sendo o conjunto de obras e instalações destinadas a propiciar a coleta, o transporte, o tratamento (ETE) e a disposição final das águas residuárias de uma área urbana de forma adequada do ponto de vista sanitário e ambiental.

Conforme Crespo (1997), o sistema de esgoto é classificado como:

- Sistema unitário: Esse sistema consiste em recolher, na mesma canalização, os lançamentos de esgotos sanitários e as contribuições pluviais. Esse modelo encontra-se em franco desuso, devido às desvantagens provenientes da carga hidráulica variável enviada às estações de tratamentos de esgoto;
- Sistema separador: Esse sistema se caracteriza por oferecer redes de canalização separadas para a coleta dos esgotos e para recolher as águas pluviais.
- Sistema estático: Esse modelo consiste em atender cada residência ou grupo de residência com fossa séptica seguida de poço absorvente. O afluente é assim infiltrado no terreno e o lodo acumulado é retirado e enviado para a disposição final. Esse sistema tem como vantagem o aspecto econômico devido a não precisar das instalações dos dispositivos convencionais. Como desvantagem pode-se ressaltar a possibilidade de contaminação do lençol freático.
- Sistema condominial: Objeto de freqüentes controvérsias, o sistema consiste em implantar a coleta de esgoto para atendimento aos domicílios no interior dos quarteirões e aproveitando uma faixa criada de domínio público.

A figura 4.1, a seguir, ilustra os sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário.



Figura 4-1– Sistema de abastecimento e esgotamento urbano (Fonte: RHAMA, 2008).

c – Sistema de drenagem urbana:

As principais técnicas de drenagem urbana disponíveis, atualmente, são os sistemas clássicos e as técnicas compensatórias ou alternativas.

No sistema clássico de drenagem, o princípio básico é a captação e a condução das águas pluviais em condutos artificiais, preferencialmente subterrâneos. Esses sistemas constituem-se, basicamente, de dispositivos de captação das águas pluviais, estruturas de condução na forma de canais abertos ou condutos enterrados e obras complementares como bueiros e dissipadores de energia. Apesar desses sistemas serem amplamente utilizados, baseados no princípio do higienismo, Baptista *et al.* (2005) mostram que a intensificação dos processos de urbanização evidenciou diversos de seus limites em relação à real eficácia. Castro (2007) acrescenta que, em síntese, os sistemas clássicos de drenagem urbana têm o princípio básico de conduzir as águas de escoamento pluvial para jusante da área urbanizada, com seu lançamento em algum corpo de água. Nesse sentido, são ampliados os efeitos causados pela urbanização no aumento das vazões de pico e nas concentrações dos poluentes lançados no corpo de água. Com isto, fica claro que o sistema clássico de drenagem não possui a eficácia exigida nos tempos atuais e futuros, demonstrando diversas limitações no que se refere a um sistema sustentável.

Conforme Baptista *et al.* (2005), as técnicas alternativas de drenagem ou compensatórias vêm sendo desenvolvidas desde os anos 1970 e vêm se destacando como as melhores práticas em

relação ao sistema clássico de drenagem. O sistema alternativo ou compensatório de drenagem consiste em diferentes tipos de técnicas que se baseiam, essencialmente, na retenção e na infiltração das águas precipitadas, visando o rearranjo temporal das vazões e, eventualmente, a diminuição do volume escoado, reduzindo a probabilidade de inundações e possibilitando ganhos na qualidade da água pluvial.

Essas tecnologias podem assumir múltiplas formas, permitindo sua utilização em diferentes escalas e usos associados, desde pequenas parcelas até o projeto de sistemas de drenagem para grandes áreas.

Baptista *et al.* (2005) classificam essas técnicas em três tipos distintos, segundo a forma de controle de vazões e os tipos de técnicas compensatórias estruturais conforme ilustrado na figura 4.2:

Técnicas Compensatórias Estruturais

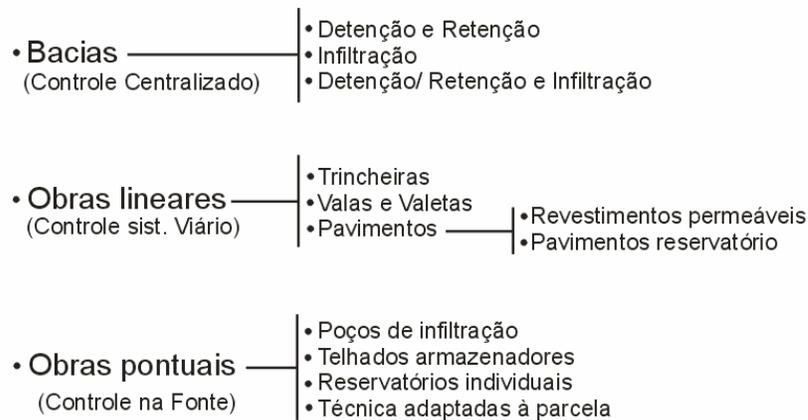


Figura 4-2– Esquema dos diferentes tipos de técnicas compensatórias (Fonte: Baptista, 2005).

Segundo Baptista *et al.* (2005), os conceitos básicos das principais técnicas compensatórias de drenagem urbanas são:

- Bacia de retenção: tem como objetivo estocar temporariamente as águas proporcionando o rearranjo temporal das vazões;
- Bacia de infiltração: tem como objetivo infiltrar a totalidade das águas pluviais, determinando um volume de escoamento nulo a jusante;
- Bacias de retenção e infiltração: têm por finalidade unir as características das duas

primeiras, de forma a reduzir os volumes escoados a jusante proporcionando, ainda, o rearranjo temporal das vazões;

- Trincheiras: consistem em recolher as águas pluviais pelas laterais e escoá-las por um exutório ou por infiltração. Por apresentar dimensões longitudinais significativas, podem ser utilizadas em canteiros, passeios, ao longo do sistema viário, estacionamentos e em áreas verdes;
- Valas e valetas: são constituídas por simples depressões escavadas no solo com o objetivo de recolher as águas pluviais e efetuar o seu armazenamento temporário e, eventualmente, favorecer sua infiltração.
- Pavimentos permeáveis e de reservação: pavimentos permeáveis possibilitam o acesso das águas pluviais às camadas inferiores e efetuam ligeira redução do escoamento superficial; os pavimentos porosos ou de reservação desempenham o papel de reservatório temporal das águas pluviais, sem a função de infiltração;
- Técnicas pontuais: podem ser utilizadas à escala de uma parcela ou conjunto de parcelas. São principalmente os poços, os telhados armazenadores e os reservatórios individuais, que possibilitam, além do controle da produção do escoamento, a eventual utilização das águas pluviais. Apresentam custos frequentemente baixos e distribuem-se de forma difusa na bacia hidrográfica.

Baptista *et al.* (2005), acrescenta que estas tecnologias são alternativas em relação às soluções clássicas porque consideram os impactos da urbanização de forma global, buscando compensar os efeitos da urbanização pelo controle da produção de excedentes de águas decorrentes da impermeabilização, evitando sua rápida transferência para jusante.

4.2.4 Impactos da urbanização sobre o sistema de águas urbanas

A falta de conhecimento generalizado da população sobre o assunto, concepção inadequada dos profissionais de engenharia para o planejamento e controle dos sistemas, visão setorializada do planejamento urbano e a falta de capacidade gerencial são as principais causas dos problemas relacionados aos impactos da água no meio urbano:

- Contaminação dos mananciais superficiais e subterrâneos com os efluentes urbanos como o esgoto cloacal, pluvial e os resíduos sólidos;
- Disposição inadequada dos esgotos sanitários, pluviais e resíduos sólidos;

- Inundações nas áreas urbanizadas;
- Erosão e sedimentação, gerando áreas degradadas;
- Ocupação de áreas ribeirinhas com risco de inundações.

Segundo Chocat (1997), citado por Castro (2007), os principais efeitos da urbanização verificados nos volumes e vazões escoadas que podem causar impactos ou alterações no comportamento hidrológico são:

- Impermeabilização dos solos;
- Aumento da velocidade dos escoamentos;
- Construção de obstáculos ao escoamento;
- Artificialização dos cursos de água urbanos.

Conforme Tucci (2001), os impactos causados pela urbanização, sobretudo nas condições brasileiras das últimas décadas, marcadas pelo crescimento acelerado e caótico da urbanização, têm como resultado principal os problemas de inundações e poluição das águas, conforme ilustrado na figura 4.3.

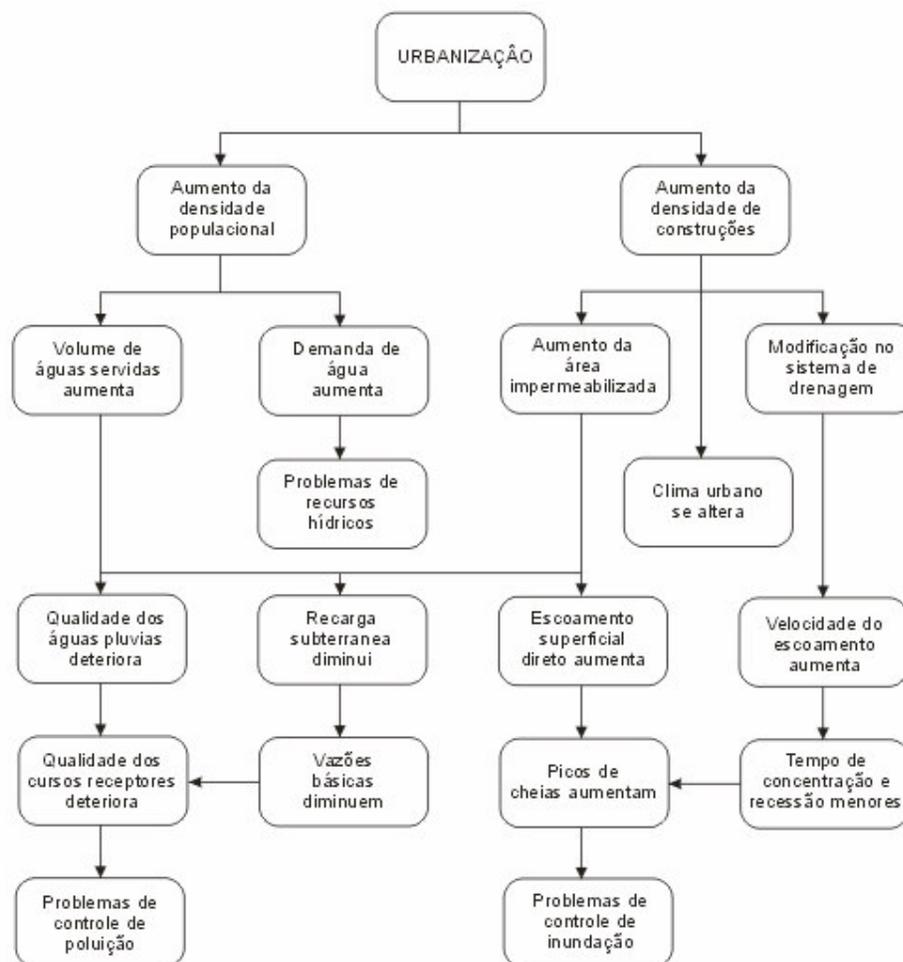


Figura 4-3 – Impactos da urbanização sobre águas urbanas (Fonte: Tucci, 2001).

Segundo Tucci (2007a), os impactos da urbanização sobre o sistema de abastecimento podem se dar pelo comprometimento das fontes de abastecimento com relação à quantidade e qualidade, a eutrofização dos lagos, toxicidade e comprometimento das fontes superficiais, comprometimento na recarga das águas subterrâneas que pode influenciar particularmente no caso de áreas urbanas cujo abastecimento é realizado por meios de águas subterrâneas.

No sistema de esgotamento sanitário, os impactos da urbanização desordenada têm como conseqüências os problemas relativos à falta de ligação dos usuários à rede, a falta de controle de qualidade dos serviços, baixo nível de tratamento efetivo do esgoto, falta de interceptores, redução na qualidade de vida e o aumento do risco sobre a saúde.

Com relação aos impactos da urbanização na qualidade das águas escoadas, Castro (2007) afirma que as principais fontes de poluição das águas pluviais são provenientes da circulação

de veículos, das indústrias, dos dejetos animais, dos resíduos sólidos, dos canteiros e erosão do solo, da vegetação e da poluição atmosférica.

Castro (2007) acrescenta, ainda, que os impactos causados na qualidade dos corpos de água iniciam-se com o arraste de poluentes atmosféricos pela chuva e, posteriormente, o escoamento superficial se responsabiliza pelo carreamento dos poluentes dispostos sobre a superfície da área urbana, com lançamento final em algum corpo de água receptor e impactos negativos diversos, com conseqüências a curto, médio e longo prazos.

De acordo com Porto (1995), citado por Castro (2007), as dimensões dos impactos se dividem em seis categorias, a saber:

- Alterações estéticas;
- Depósitos de sedimentos;
- Depleção da concentração de oxigênio dissolvido;
- Contaminação por organismos patogênicos;
- Eutrofização;
- Danos devido à presença de tóxicos.

Chocat (1997) citado por Castro (2007), apresenta a hierarquização dos impactos relativos a esses fenômenos em três níveis:

- Nível 1 – Impactos físico-químicos, referentes às conseqüências diretas e imediatas do aporte de poluentes no meio receptor;
- Nível 2 – Impactos bioquímicos que agrupam um conjunto de ações bioquímicas produzidas em contato com a biota, como: autodepuração e o consumo de oxigênio dissolvido para decomposição de matéria orgânica;
- Nível 3 – Impactos biológicos relacionados às conseqüências dos impactos dos dois níveis precedentes.

4.2.5 Considerações finais

Diante do exposto, ficou claro que o tema de águas urbanas é muito abrangente e complexo, envolvendo aspectos de diferentes áreas de estudo. No entanto, planejar os sistemas de

abastecimento, esgotamento e drenagem pluvial dentro de uma visão integrada, é a forma mais adequada para lidar com os desafios existentes relativos ao planejamento urbano. Porém, uma visão integrada no processo de planejamento e gestão exige um esforço adicional, principalmente no que diz respeito ao grande corporativismo setorial e os interesses econômicos e financeiros que sempre se beneficiaram de obras de alto custo e de baixo resultado público-social.

Uma visão integrada para esta questão envolve o planejamento conjunto dos aspectos relativos às águas urbanas, tendo como meta geral atender a qualidade de vida da população e a proteção ambiental.

Devido à complexidade e às inter-relações dos diversos temas envolvidos na avaliação do sistema de águas urbanas, não foram comentados os aspectos relativos à legislação entre o sistema de águas e o meio urbano nas esferas federal, estadual e municipal.

Este item abordou as principais questões consideradas relevantes do ponto de vista técnico-conceitual para realizar a avaliação global preliminar de um sistema de águas urbanas envolvido em projeto de empreendimento urbano.

4.3 *Sustentabilidade*

4.3.1 Introdução

O termo “Desenvolvimento Sustentável” ou “Sustentabilidade” provém de longo processo de reavaliação crítica da relação existente entre a sociedade civil e o meio ambiente.

Segundo Baroni (1992), citado por Michael (2007), a relação entre desenvolvimento e meio ambiente é considerada hoje um ponto central na compreensão e solução dos problemas decorrentes da sociedade moderna e trata especificamente de uma nova abordagem sobre o relacionamento da sociedade com seu ambiente, de forma a garantir sua própria continuidade e a de seu meio.

Entretanto, a formulação de uma definição para o contexto de desenvolvimento sustentável ainda gera diversas interpretações, embora de acordo com alguns autores, exista certo grau de consenso em relação às necessidades de se reduzir a poluição ambiental, eliminar o desperdício e diminuir a pobreza.

4.3.2 Evolução histórica

O conceito de desenvolvimento sustentável vem sendo discutido a partir de debate internacional desde o relatório sobre os limites de crescimento, publicado em 1972, e o surgimento do conceito do ecodesenvolvimento, em 1973, passando pela Declaração de Cocoyok, em 1974. O termo foi primeiramente discutido pela *World Conservation Union*, também chamada de *International Union for the Conservation of Natural Resources* (IUCN), no documento intitulado *World's Conservation Strategy*. O conceito foi definitivamente incorporado como um princípio, durante a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, na Cúpula da Terra de 1992.

Segundo a OECD (1993), o termo desenvolvimento sustentável atende às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras satisfazerem suas próprias necessidades. A Declaração de Política de 2002, da Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, realizada em Joanesburgo, afirma que o Desenvolvimento Sustentável é construído sobre “três pilares interdependentes e mutuamente sustentadores” que são: desenvolvimento econômico, desenvolvimento social e proteção ambiental, conforme apresentado na figura 4.4.

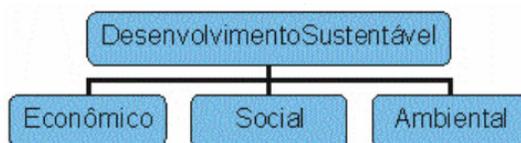


Figura 4-4 – Diagrama básico do conceito do termo Desenvolvimento Sustentável.

4.3.3 Abordagens conceituais

Por se tratar de um processo complexo e inter-relacionado dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade humana, o termo desenvolvimento sustentável tem hoje grande variedade de abordagens, resultando em enorme número de definições. Para ilustrar esse fato, seguem algumas definições e abordagens que se tem sobre sustentabilidade.

Para Rutherford (1997) citado por Michael (2007), o maior desafio do desenvolvimento sustentável é compatibilizar o nível macro com o micro. O nível macro engloba a situação do todo com um conceito mais amplo e fornece para o nível micro as informações importantes para as necessárias correções conceituais onde se tomam as decisões.

Bossel (1998) afirma que existem diferentes maneiras de alcançar a sustentabilidade. No entanto, a sustentabilidade de um sistema só pode ser observada a partir da perspectiva futura, de ameaças e oportunidades. Para ele, a sociedade humana é um sistema complexo, adaptativo, incluso em outro sistema complexo que é o meio ambiente. Estes sistemas co-evoluem em interação mútua, com constantes mudanças e evolução. Portanto, o conceito de desenvolvimento sustentável deve ser dinâmico, pois a sociedade e o meio ambiente se modificam constantemente e uma sociedade sustentável deve permitir e sustentar essas modificações.

De acordo Halla *et al.* (2005), o termo sustentabilidade implica na provisão de serviços mais eficientes que mantêm a saúde pública e o bem-estar, a um custo viável com os impactos ambientais negativos baixos, hoje e no futuro.

Já Hardi (2000) citados por Michael (2007), afirmam que desenvolver significa expandir ou realizar as potencialidades, levando a um estágio maior ou melhor do sistema sob os aspectos qualitativo e quantitativo. Trata-se de um processo dinâmico de evolução em que é possível apontar a melhor, mas não é possível definir exatamente o nível de sustentabilidade do sistema, pois não se pode capturar com precisão a dinâmica da sustentabilidade humana e natural.

Segundo Goodland e Daly (1996) citados por Bell e Morse (2003), desenvolvimento sustentável é geralmente retratado como a interface entre os aspectos ambientais, econômicos e sociais. Esta relação tem sido frequentemente apresentada conforme as figuras 4.5 e 4.6, de Bell e Morse (2003):

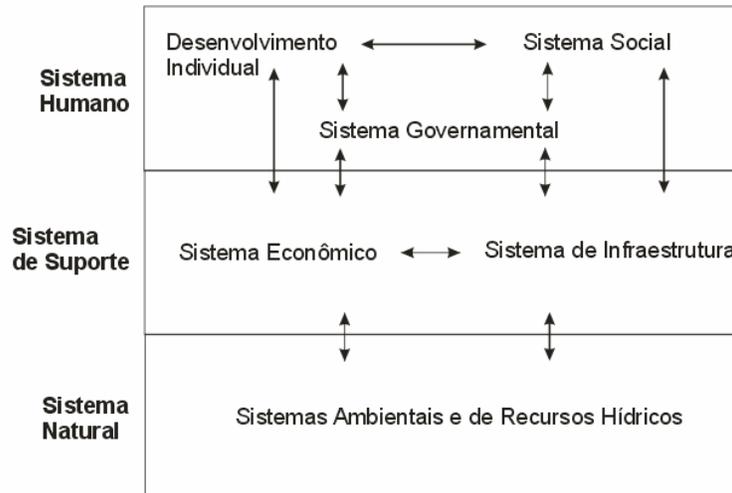


Figura 4-5 – Níveis de sustentabilidade. Fonte: Bell e Morse (2003)

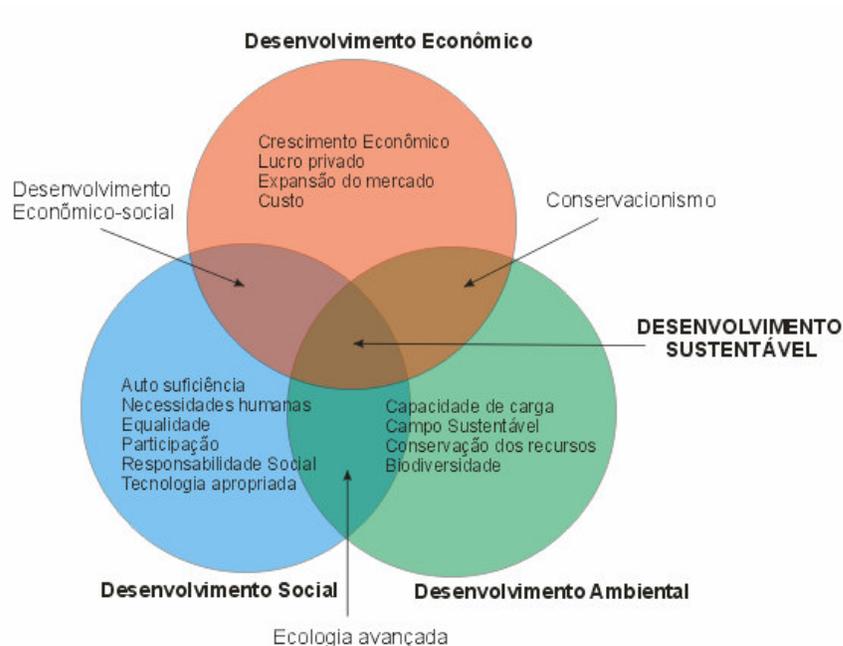


Figura 4-6– Relação entre os aspectos da sustentabilidade. Fonte: Bell e Morse (2003)

Para algumas organizações não-governamentais e para os programas das Nações Unidas para o meio ambiente, o desenvolvimento sustentável consiste na modificação da biosfera e na aplicação de seus recursos para atender às necessidades humanas e aumentar a qualidade de vida.

Conforme Junqueira (2005), o termo desenvolvimento sustentável é ambíguo, pois, se por um

lado, o termo é identificado mais com o sustentável sendo uma transformação sócio-ambiental, um mundo com estabilidade ambiental e justiça social, outros se identificam mais com o termo desenvolvimento, interpretando-o como um crescimento mais ponderado.

Uma de muitas questões que têm surgido como resultado do discurso na sustentabilidade urbana é “Como podemos medir a sustentabilidade?” Como resultado, vários tipos de medidas de sustentabilidade vêm sendo apresentadas. De acordo com McLaren e Simonovic (1999), citados por Halla *et al.* (2005), existem dois tipos métricos para medir sustentabilidade, que são indicadores e critérios.

Embora algumas ferramentas sejam baseadas em formulação matemática e ofereçam parâmetros numéricos para a avaliação dos diversos níveis, a essência do modelo ainda é qualitativa, pois os resultados são diretamente dependentes das decisões relativas à definição de parâmetros e pesos de importância para cada item, decisões estas que antecedem a aplicação das rotinas matemáticas. Sua métrica baseia-se na noção geométrica de “melhor”, devendo ser definido para cada um dos indicadores básicos o que a equipe de trabalho ou a comunidade considera como a situação ideal e o que considera como a pior situação possível. (ROSSETO *et al.*, 2004).

Todos os aspectos apresentados mostram a diversidade e a complexidade desse conceito, devendo servir não como obstáculo na procura de seu melhor entendimento, mas como fator de motivação para criação de novas visões sobre esse tema.

4.3.4 Dimensões do desenvolvimento sustentável

Além da dificuldade de elaborar um conceito definitivo que atenda tanto à visão geral como também aos pontos específicos, o termo se torna mais abrangente quando se trata de definir as diversas dimensões e níveis de organização que podem ser entendidas desde a vizinhança local até mesmo o planeta inteiro. Desta forma, estas dimensões e níveis assumem diversas características e interpretações, como mostram alguns autores.

Segundo Michael (2007), o conceito de sustentabilidade aparece em múltiplos níveis, o que gera a inter-relação dos subsistemas. O grau de sustentabilidade é relativo e função do campo ideológico ambiental ou da dimensão em que cada ator se coloca considerando os fatores social, ambiental e econômico, dentro das perspectivas de curto, médio e longo prazos. Porém, esta inter-relação não garante a sustentabilidade do sistema como todo. Entretanto, é

possível avaliar a sustentabilidade a partir de subsistemas, por exemplo, dentro da comunidade local, empreendimento industrial ou nação, mas é importante reconhecer que existem interdependências e fatores que não podem ser controlados pelos subsistemas.

Segundo Halla *et al.* (2005), o desenvolvimento sustentável é o alcance do equilíbrio entre muitos objetivos considerando ainda a escala temporal.

Para Bossel (1998), a sustentabilidade deve abordar as dimensões material, ambiental, social, ecológica, econômica, legal, cultural, política e psicológica.

Considerando a sustentabilidade como conceito dinâmico que engloba processo de mudança, Sachs (1997) citado por Michael (2007), afirma que o conceito de desenvolvimento sustentável apresenta cinco dimensões de sustentabilidade: social, econômica, ecológica, geográfica e cultural.

Conforme Bell e Morse (2003), um empreendimento para ser sustentável necessita atender a quatro requisitos básicos: ecologicamente correto, economicamente viável, socialmente justo, culturalmente aceito.

Já Miranda e Teixeira (2003), definiram como importantes na observação de sustentabilidade as dimensões: ambiental, econômica, social, cultural, política.

4.3.5 Considerações finais

Fica claro que a partir dos diferentes conceitos citados, o termo desenvolvimento sustentável em seu contexto mais amplo ou geral segue na mesma direção. Quando se trata de aspectos específicos, dependendo do tipo de abordagem, o conceito pode levar a diferentes interpretações.

Em suma, o conceito de desenvolvimento sustentável, como já citado, pode ser abordado por diversos níveis ou esferas específicas. Em termos geográficos (mundial, nacional, regional e local); em relação aos aspectos temporais (curto, médio e longo prazo) e em termos de atores envolvidos (indivíduo, grupo e sociedade). De forma geral, o termo pode ser resumido com relação a suas dimensões e níveis, conforme a figura 4.7:



Figura 4-7 – Dimensões e níveis da sustentabilidade no aspecto mais amplo.

No que se refere ao adequado planejamento e gestão da água no meio urbano, uma série de impactos negativos podem ser reduzidos, além de trazer resultados positivos para o ambiente, a sociedade e a economia. Porém, para que o planejamento e a gestão incorporem estas preocupações e o conceito de sustentabilidade possa ser efetivamente aplicado, é preciso mudança na percepção sobre os referidos sistemas, acompanhada pela adoção de instrumentos eficazes de avaliação. O principal obstáculo, contudo, permanece na transformação dos princípios do desenvolvimento sustentável em modelos operacionais.

4.4 Indicadores

O termo indicador é originário do latim *indicare*, que significa descobrir, apontar, anunciar, estimar. Os indicadores podem comunicar ou informar sobre o progresso em direção a determinada meta, por exemplo, o desenvolvimento sustentável, mas também podem ser entendidos como recurso que deixa mais perceptível tendência ou fenômeno que não seja imediatamente detectável (Hammond *et al.*, 2000).

Os indicadores podem ser definidos como sinal, sintoma, diagnóstico, informação, dado ou medida. Eles são importantes elementos para as análises de um sistema e devem ser construídos segundo uma metodologia coerente de mensuração, para que possam ser analiticamente legítimos de forma que a sociedade possa interpretar as informações e entender o sistema para subsidiar as tomadas de decisões.

As definições de indicadores associado a sustentabilidade são particularmente confusas. Para Bakkes (1995) citado por Michael (2007), é necessário alcançar maior clareza e consenso nessa área, tanto em relação a definição quanto a outros conceitos associados. O termo indicador pode ser entendido de diversas formas e cada organização redefine o termo à sua maneira, a partir de sua utilização.

De acordo com Maystre e Bollinger (1999) citado por Moura (2004), indicadores são parâmetros ou valores calculados a partir de informações provenientes de um estado ou fenômeno, ou são conjuntos de dados de naturezas diferentes, agregados em uma característica única mais sintética.

Michael (2007) declara que as definições associadas aos indicadores são particularmente confusas, entretanto, o termo indicador tem como objetivo agregar, quantificar e simplificar as informações sobre fenômenos complexos que devem apresentar uma das seguintes funções:

- Avaliação de condições e tendências;
- Comparação entre lugares e situações;
- Avaliação de condições e tendências em relação às metas e aos objetivos;
- Prover informações de advertências;
- Antecipar futuras condições e tendências.

Deste modo, o objetivo dos indicadores é agregar e quantificar informações de modo que sua significância fique mais aparente, simplificando as informações sobre fenômenos complexos para tornar a comunicação mais compreensível e quantificável.

Indicadores podem ser quantitativos ou qualitativos, existindo autores que defendem que os mais adequados para a avaliação de experiência de desenvolvimento sustentável deveriam ser mais qualitativos, em função das limitações explícitas ou implícitas que existem em relação a indicadores simplesmente numéricos.

Quanto a esta característica dos indicadores, uma das questões mais importantes sobre a mensuração está em saber se um indicador deve ser quantitativo ou qualitativo. Esse problema tem demandado a atenção e esforços internacionais para estabelecer mecanismos de mensuração, pois, dados técnicos são de fácil mensuração, enquanto tendências, especialmente sociais ou ideologias não são tão fáceis de se quantificar.

Os indicadores podem ser implícitos e explícitos. Os julgamentos de valor explícitos podem aparecer diretamente no processo de observação ou medição, adicionados à medida observada ou em metas desejáveis. Os julgamentos implícitos decorrem de aspectos que não são facilmente observáveis e que são, na sua maioria, inconscientes e relacionados às

características pessoais e de uma determinada sociedade (Michael, 2007).

Conforme Junqueira (2005), os indicadores, além de sua relevância técnica, devem estar disponíveis ou ser de fácil acesso, devendo-se considerar as limitações para sua obtenção, seja pelo custo de produção, escala de representatividade, bem como sua capacidade de compartilhamento nos níveis local, regional e nacional. Os aspectos de qualidade dos indicadores não devem se relacionar apenas à confiabilidade dos dados, também à metodologia empregada para sua geração, devendo adotar metodologia bem definida. É fundamental, ainda, que a metodologia para a constituição dos indicadores seja sensível ao tempo, de maneira que, ao se empregar um indicador ao longo de anos, seja possível identificar a tendência da evolução do fenômeno observado.

Segundo Adriaanse (1993), OECD (1993) e Tunstall (1994) citados por Castro (2002), alguns autores propõem determinados requisitos básicos desejáveis que os indicadores devem seguir, quando possível, de forma que possam ser considerados práticos e úteis. Os principais desses requisitos são listados a seguir:

- Os valores dos indicadores têm de ser mensuráveis (ou pelo menos observáveis);
- Os dados têm de estar disponíveis ou poderem ser obtidos por meios de medidas, cálculos, observações ou atividades de monitoramento;
- A metodologia para coleta e o processamento de dados e construção dos indicadores deve ser clara, transparente e padronizada;
- Os meios para a construção e monitoramento dos indicadores devem ser disponíveis, incluindo-se meios financeiros, humanos e capacitação técnica;
- Os indicadores ou conjuntos de indicadores devem poder ser obtidos a custo razoável;
- Os indicadores devem ser aceitáveis no nível apropriado ao estudo (local, nacional, mundial);
- A participação e o suporte pelo público na utilização dos indicadores são desejáveis.

Para Michael (2007), a partir de certo nível de agregação ou percepção, os indicadores podem ser definidos como variáveis individuais ou variável que é função de outras variáveis. A função pode ser simples como: uma relação, que mede a variação da variável em relação a uma base específica, como também pode ser um número simples que é função simples de

duas ou mais variáveis; ou complexa, como o resultado de um grande modelo de simulação.

Entretanto, segundo Bossel (1998), quanto mais agregado é um indicador, maiores são as dificuldades de articular estratégias de ação referente a problemas específicos e maior é probabilidade de esse indicador possuir problemas conceituais.

Em relação às funções dos indicadores, Hardi (2000) *apud* Michael (1997), afirmam que os indicadores podem possuir características sistêmicas ou de performance. Os indicadores sistêmicos, ou descritivos, traçam um grupo de medidas individuais para diferentes questões características do ecossistema e do sistema social e comunicam as informações mais relevantes para os tomadores de decisão, sendo fundamentados em referenciais técnicos. Já os indicadores de performance ou desempenho são utilizados como ferramentas para comparações que incorporam os indicadores descritivos referentes a um objetivo específico como: grau de sucesso na realização de metas locais, regionais e nacionais.

Devido às incertezas naturais, entretanto, os sistemas são apenas parcialmente ratificados pela ciência. Assim, as ferramentas de avaliação são resultantes do compromisso entre a exatidão científica e a necessidade de tomada de decisão, em função do caráter urgente da ação. Essa limitação pode ser facilmente observável no campo social, onde muitas variáveis não são quantificáveis e não podem ser definidas em termos físicos.

Contudo, a utilização de indicadores apresenta algumas dificuldades e algumas limitações, pois sua construção, seleção ou interpretação devem ser cuidadosamente analisados para que possam refletir ao máximo as características do objeto em estudo.

Bell e Morse (2003) acrescentam que o uso dos indicadores como instrumento de medição eficaz, já apresenta algumas dificuldades imediatas que podem ser resumidas como:

- Quais indicadores serão usados;
- Como os indicadores serão usados;
- Como serão medidos.

Segundo Dahl (1997) *apud* Michael (2007), a utilização de indicadores constitui grande desafio, uma vez que depende da abordagem, de como se quer tratar um problema de acordo com a dimensão e a complexidade do objetivo proposto. Embora os indicadores sejam recurso

importante, eles são baseados em dados e informações do local que nem sempre são disponíveis.

Para Meadows (1988) *apud* Michael (2007), um dos problemas relacionados aos indicadores é sua seleção. Um processo que leve à seleção de indicadores inadequados conduz a um sistema com problemas. Os indicadores têm aspecto ambíguo, são importantes e perigosos ao mesmo tempo, na medida em que estão no centro do processo decisório.

Em resposta aos problemas existentes na agregação de indicadores, alguns pesquisadores têm preferido utilizar sistemas ou listas de indicadores que estão relacionados a problemas específicos de determinada área que esteja sendo investigada. Embora para Bossel (1998) esse aspecto seja positivo em relação aos índices altamente agregados, esses sistemas estão sujeitos a uma série de críticas em que um dos sérios limitantes de indicadores de sustentabilidade é a perda da informação vital. O autor parafraseia o físico Albert Einstein ao afirmar que um indicador deve ser o mais simples possível, mas não mais simples que isso. Por isso, eles são, por vezes, extremamente densos em algumas áreas e esparsos ou inexistentes em outras igualmente importantes.

Alguns sistemas de indicadores têm sido desenvolvidos para utilização em escala nacional, mas uma das barreiras a seu uso é a grande heterogeneidade existente entre os diversos países em relação a alguns elementos essenciais específicos.

Usualmente, os indicadores são construídos a partir de variáveis que, em muitos casos, são denominados de critérios. Variável é a representação operacional do atributo (qualidade, características, propriedade) de um sistema. Ela não é o próprio atributo mas a representação, imagem ou abstração dele. Qualquer variável e, conseqüentemente, qualquer indicador, descritivo ou normativo, tem significância própria. A mais importante característica do indicador, quando comparado a outros tipos ou formas de informação, é sua relevância para o processo de tomada de decisão.

Para a OECD (*Organization for Economic Cooperation and Development*) (1993) citado por Michael (2007), o indicador deve ser entendido como parâmetro, ou valor derivado de parâmetros que apontam e fornecem informações sobre o estado de um fenômeno, com extensão significativa. Algumas definições colocam o indicador como variável relacionada hipoteticamente a outra variável estudada, que não pode ser diretamente observada (Chevalier

et al.(1992) *apud* Michael (2007). Essa também é a opinião de Gallopin (1996) *apud* Michael (2007), para quem os indicadores, no nível mais concreto, devem ser entendidos como variáveis.

Para Dahl (1997) *apud* Michael (2007), os métodos que foram desenvolvidos até agora, relativos à sustentabilidade, revelam aspectos diferentes e, muitas vezes, complementares desse conceito. O desenvolvimento sustentável deve ser explorado de forma dinâmica e o maior desafio de seus indicadores é fornecer um retrato da situação de sustentabilidade, de uma maneira simples, que defina a própria idéia, apesar da incerteza e da complexidade.

Em suma, dadas as dimensões e a complexidade do objetivo, a utilização de indicadores constitui grande desafio, pois grande parte das dificuldades nesta avaliação de sistema não se refere apenas a como medir, mas sim, como interpretar uma série de informações e julgar sua significância para o sistema como todo. Algumas metodologias de avaliação apenas fornecem uma série de indicadores sem conectá-los como conjunto.

A interpretação dos dados é afetada tanto pelo sistema de medição quanto pelo método aplicado ao processo decisório. Apesar das dificuldades em se trabalhar com indicadores, os sistemas de planejamento e gestão necessitam de mensuração e os indicadores são importantes ferramentas nesse processo.

4.5 Métodos de análise multicritério

4.5.1 Considerações iniciais

Atualmente, em função da necessária inclusão de efeitos ambientais nas análises, tem-se observado a dificuldade e complexidade de sua consideração devido à diversidade de impactos que podem ser causados pela interferência humana nos sistemas sócio-ambientais. Os métodos de avaliação multicriterial podem auxiliar a inclusão das variáveis ambientais nos processos de tomada de decisão, em que, a partir de um modelo de análise pode-se considerar igualmente os diversos aspectos envolvidos.

Para desenvolver um modelo de avaliação capaz de interpretar as complexas inter-relações existentes no sistema de águas urbanas, foi imprescindível aprofundar o conhecimento referente aos conceitos e funcionamento dos métodos de análise multicritério existentes, a fim de escolher um método que tivesse maior facilidade de uso e adequação à situação presente.

4.5.2 Métodos multicritérios

Os métodos de auxílio à decisão começaram a surgir na década de 1960, em função dos complexos problemas logístico-militares. Conforme Autran *et al.* (2004), o apoio multicritério à decisão pode ser definido como a atividade de analista de decisões que, baseada em modelos claramente apresentados, mas não necessariamente formalizados, ajuda na obtenção de elementos de resposta às questões no decorrer de um processo.

Segundo Castro (2002), devido ao grande número de métodos de análise multicritério e de suas variadas características, é difícil haver consenso no meio científico em relação à forma de classificação desses métodos.

De acordo com Autran *et al.* (2004), a metodologia multicritério possui dois grandes ramos:

- O ramo contínuo da decisão multicritério, conhecido como Programação Multiobjetivo ou Otimização Vetorial, que se ocupa de problemas com objetivos múltiplos, nos quais as alternativas podem adquirir um número infinito de valores.
- O ramo discreto ou Decisão Multicritério Discreta (DMD), análise de problemas nos quais o conjunto de alternativas de decisão é formado por número finito e geralmente pequeno de alternativas.

De acordo com Castro (2002), os métodos multicritério podem ser divididos, de uma forma geral, em três grupos:

- Métodos baseados na teoria de utilidade-multiatributo, que tem como característica principal a agregação de diferentes atributos dentro de uma única função;
- Métodos seletivos, que têm como característica principal o estabelecimento de comparações entre alternativas, duas a duas, com a construção de uma relação, denominada de seleção, que acompanha as preferências dos analistas;
- Métodos interativos, que têm como princípio básico o sistema de preferências que é discutido ao longo de todo processo decisório e, à medida que o problema é mais bem entendido, são obtidas novas informações incorporadas à análise.

Nos métodos de Decisão Multicritério Discreta (DMD), as problemáticas podem ser abordadas pelos diferentes tipos:

- Problemas tipo α ($p\alpha$): selecionar a “melhor” alternativa ou as melhores alternativas;
- Problema tipo β ($p\beta$): aceitar alternativas que parecem “boas” e descartar as que parecem “ruins”, ou seja, realizar uma classificação de alternativas;
- Problema tipo γ ($p\gamma$): gerar uma ordenação de alternativas;
- Problema tipo δ ($p\delta$): realizar uma descrição de alternativas.

Segundo Harada e Cordeiro Netto (1999) citados por Castro (2007), a vantagem dos métodos (DMD) é poder quantificar e avaliar diversos critérios envolvidos em problemas complexos para cada alternativa de projeto. No entanto, estes métodos têm como desvantagens necessitar de grande número de informações que, na maioria das vezes, tornam a análise subjetiva, uma vez que a escolha de critérios e a interpretação do processo pelos analistas são bastante relevantes.

O principal método difundido na América do Norte é a teoria da utilidade multiatributo, que se baseia na hipótese de que, em qualquer problema de decisão, existe função de valor real sobre o conjunto de alternativas. A síntese dos diversos atributos, agregados em valor único, formará esta função. Para os múltiplos objetivos devem ser determinadas as funções de utilidade de cada atributo, combinadas com a finalidade de formar uma função única utilidade-multiatributo, sendo os principais métodos desta família:

- Método dos Pesos;
- Método das Restrições;
- Método AHP (Analytic Hierarchy Process) e ANP (Analytic Network Process);
- Método Multiobjetivo linear.

Em contraposição à teoria da utilidade multiatributo difundida na escola Americana, desenvolveram-se, na Europa, outros métodos denominados em seu conjunto de Escola Francesa de Apoio Multicritério a Decisão. Conforme Autran *et al.* (2004), esses métodos admitem um modelo mais flexível do problema, pois não pressupõem necessariamente a comparação entre as alternativas e não impõem ao analista de decisão a estruturação hierárquica dos critérios existentes. A partir da relação entre cada duas alternativas, é possível verificar se há argumentos para decidir se uma é melhor que a outra. Nesse momento, são incorporados os conceitos de indiferença e incomparabilidade de ações, referindo à preferência entre elas. Isso faz com que, em alguns casos, não seja possível realizar a

ordenação completa de preferência das alternativas.

Os principais métodos dessa família são os métodos da família ELECTRE (*ELimination Et Choix Traduisant REalité*) e o método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluations*).

De acordo com a bibliografia consultada, dentre os diversos métodos utilizados, atualmente, os mais difundidos e utilizados são o método ELECTRE e o método AHP (*Analytic Hierarchy Process*) com a sua generalização ANP (*Analytic Network Process*). Estes métodos têm em comum à comparação binária formada por uma matriz seguindo uma escala de parâmetros que, em alguns casos, permitem aplicar sua formulação de cálculo em planilha eletrônica.

Deste modo, descreve-se a seguir os conceitos vinculados a aplicação dos métodos ELECTRE e ANP. Será descrito também neste tópico, uma breve descrição do método Cibernético Modificado de Vester, que tem como objetivo identificar o comportamento das variáveis em um sistema de avaliação.

4.5.3 Métodos da série ELECTRE

Desenvolvido em 1965 por Bernard Roy, o método ELECTRE é baseado em relações classificatórias binárias, onde, pressupondo-se o conhecimento das preferências do decisor e a qualidade da avaliação pode-se admitir que uma ação a é tão boa, melhor ou pior que outra b . Tais métodos permitem a inclusão da incomparabilidade e da intransitividade em seu modelo.

A importância relativa dos critérios é definida por dois grupos distintos de parâmetros: o coeficiente de importância e o limite de veto que pode ser constante ou variável ao longo do processo. O coeficiente de importância no método ELECTRE refere-se ao peso de cada critério e o limite de veto é a determinação de um valor fixo que pode ser definido para cada critério e se for ultrapassado, não é aceito como uma afirmação.

O método ELECTRE é baseado no seguinte fundamento: Seja A o conjunto de possíveis decisões (alternativas) e $g_i(a)$ a avaliação de qualquer dessas decisões, segundo o critério i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$). Aplicando a relação de superação aos elementos do conjunto A , pode-se definir que a alternativa a supera a alternativa b (aSb) se a for, pelo menos, tão boa quanto b .

Essa relação de superação, que não é necessariamente transitiva, aparece como a possível

generalização do conceito de dominância.

As considerações que conduzem à aceitação da relação aSb podem ser expressas por dois conceitos:

- **Concordância:** ocorre quando um subconjunto significativo dos critérios considera a alternativa a (fracamente) preferível à b .
- **Discordância:** ocorre quando não há critérios em que a intensidade da preferência da alternativa b em relação a a ultrapasse o limite aceitável.

Deste modo, os conceitos mencionados estabelecem limites para validar ou não a hipótese aSb , estabelecendo um valor representativo da concordância com a proposição aSb que varia entre zero e um, em que a e b são elementos pertencentes ao conjunto das alternativas.

Dentre os métodos existentes da família ELECTRE, são verificadas diversas variações determinando diferenças importantes na forma de análise.

O ELECTRE I tem por finalidade escolher as alternativas que são preferidas pela maioria dos critérios e não causam qualquer descontentamento inaceitável para nenhum dos critérios analisados. Os autores desenvolveram três conceitos metodológicos para a aplicação do método: concordância, discordância e valores limites (*Threshold values*). Com esse propósito, busca encontrar o conjunto mínimo de alternativas que equivalem ao núcleo do grafo (reduzido) gerado pelas relações de preferências construídas com base nos julgamentos do agente de decisão.

Grafo é a representação gráfica das relações existentes entre elementos de dados e é o conjunto de vértices ligados por arestas que dependendo da aplicação, podem ser direcionadas com a representação de setas.

O resultado do ELECTRE I é, portanto, um grafo determinando ordenação parcial das alternativas, sendo, as alternativas a escolher, obtidas mediante a determinação do subconjunto de alternativas.

ELECTRE IS é uma extensão do ELECTRE I com a utilização de pseudo-critérios. O pseudo-critério é função entre duas alternativas caracterizada pela indiferença limiar que pode representar o limite mínimo ou máximo de incerteza no dado. A principal vantagem deste

método é permitir ao decisor escolher a alternativa com base em parâmetros em vez dos valores verdadeiros (Figueira, 2004).

ELECTRE TRI tem como característica principal a solução de problemas por meio da comparação de cada alternativa de projeto em análise com padrões de referência estáveis e com a utilização de pseudo-critérios. O método constrói uma relação que valida ou invalida a afirmativa por meio da condição de concordância em que a maioria dos critérios está a favor da afirmativa (Castro, 2007).

O ELECTRE II é a versão que necessita de dois gráficos produzidos pelo ELECTRE I como dados de entrada, representando uma estrutura de preferência forte e outra fraca dos índices de concordância e discordância. Deste modo, estabelece ordenação completa sobre um conjunto de alternativas, inicialmente consideradas, que satisfaz primeiro ao teste da concordância, em que a medida da concordância está acima do mínimo de aceitabilidade e posteriormente satisfaz o teste da discordância, em que está abaixo do nível máximo tolerável.

ELECTRE III classifica as diversas alternativas para a solução de um problema e considera ainda que, diante da necessidade de comparar duas alternativas, o decisor poderá reagir com as alternativas por preferência, indiferença ou veto. Dessa forma, assim como os demais métodos ELECTRE apresentados, calcula-se um índice de concordância, entre as alternativas, com o intuito de construir a matriz de comparação para cada critério (Castro, 2002).

ELECTRE IV é mais simples que os demais métodos, pois, em vez de utilizar as noções de concordância e discordância, utiliza os pseudo-critérios, isto é, os critérios associados ao limite de preferência restrita (p) e ao limite de indiferença (q) (Autran *et al.*, 2004).

Segundo Azzout (1996), citada por Castro (2002), as diferenças entre os métodos ELECTRE são essencialmente nos objetivos, natureza dos critérios e tipo de classificação. A tabela 4.1 representa os objetivos e as principais características dos diversos métodos desta família.

Tabela 4-1 – Objetivos e características dos métodos ELECTRE (Fonte: Castro, 2002)

Método	Objetivo	Características
ELECTRE I	Escolha do subconjunto das melhores ações ou das satisfatórias	Utilização de critérios verdadeiros. Obtenção de classificação objetiva
ELECTRE IS	Idem ELECTRE I	Utilização de Pseudo-Critérios. Obtenção de classificação difusa.
ELECTRE TRI	Triagem das ações segundo as características definidas	Utilização de Pseudo-Critérios. Obtenção de classificação difusa.
ELECTRE II	Arranjo de classes de equivalência compostas de ações, sendo as classes ordenadas de forma completa ou parcial.	Utilização de critérios verdadeiros. Obtenção da classificação objetiva.
ELECTRE III	Idem ELECTRE II	Utilização de Pseudo-Critérios. Obtenção de uma classificação difusa.
ELECTRE IV	Idem ELECTRE II	Utilização de Pseudo-Critérios. Obtenção de classificação difusa. Não considera pesos dos critérios

4.5.4 Método ANP

a – Introdução

Os métodos de análise multicritério ANP (*Analytic Hierarchy Process*) e sua generalização ANP (*Analytic Network Process*) foram desenvolvidos por Thomas Saaty no período de 1969 a 1979, quando foi professor na *Warton School* na Universidade da Pensilvânia. A inspiração surgiu a partir dos problemas relacionados com as importantes tomadas de decisões nas negociações mundiais sobre armas nucleares quando trabalhava na Agência de Desarmamentos e Controle de Armas em Washington de 1963 a 1969.

Introduzido em 1980, o método tem sido amplamente aplicado em grande variedade de decisões nos mais variados setores e empresas como: negócios, medicina, política, militar, social, esportiva e recentemente passou a ser aplicado em problemas ambientais.

Conforme Saaty (2005), o método ANP é a primeira teoria matemática capaz de buscar sistematicamente o objetivo da análise com todos os tipos de dependências e *feedback* com base no novo paradigma dos tempos atuais em que tudo está interconectado em tudo sobre um fluxo de influências, e na forma pela qual os seres humanos percebem e estruturam um problema complexo. A estrutura do método ANP é abrangente para analisar decisões coletivas e sociais, em que as conexões podem ser físicas, políticas, mentais e espirituais, permitindo analisar diferentes aspectos do conhecimento, comparando as intensidades de preferências e

interligando diferentes tipos de magnitudes em diferentes propriedades, atributos ou critérios em sistema formal matemático.

b – Fundamento

O método multicritério ANP é fundamentado em uma teoria de análise e decisão estruturada por meio de rede formada por grupos e elementos conectados entre si de modo a analisar um sistema por meio da comparação por pares de elementos a partir da escala de prioridades.

Devido à sua natureza sistemática, o ANP é composto de sete etapas básicas comuns a todas as análises, iniciando pela estruturação do modelo até a síntese, conforme ilustrado na figura 4.8.

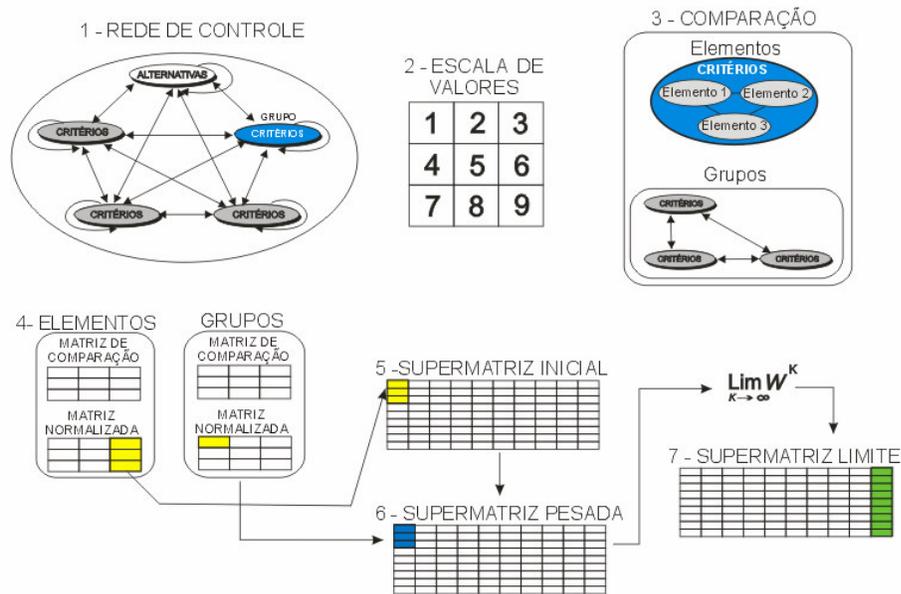


Figura 4-8 – Visão geral do processo do Método ANP.

As sete etapas do método ANP são brevemente descritas a seguir conforme a seqüência ilustrada na figura 4.8.

- Estabelecimento da Rede de Controle – A Rede de Controle é formada por grupos, elementos e conexões determinados pelo analista;
- Escala de Valores – Os julgamentos e suas medidas são derivados da escala fundamental de números absolutos de 1 ao 9 que busca o grau de influência de um elemento sobre o outro;

- Comparações – Os Julgamentos são realizados por pares de comparações entre os elementos e os grupos da Rede de Controle por meio da escala de valores;
- Matrizes de Comparação e Matrizes Normalizadas – As Matrizes de Comparação são geradas a partir dos resultados dos julgamentos realizados e as Matrizes Normalizadas calculam a média dos valores normalizados;
- Supermatriz inicial – Posteriormente, os valores médios de todas as Matrizes Normalizadas são agrupados na matriz chamada de Supermatriz Inicial.
- Supermatriz pesada – Supermatriz Pesada ou estocástica é gerada pela multiplicação dos valores dos blocos matriciais da Supermatriz Inicial com os resultados correspondentes da Matriz Normalizada dos Grupos;
- Supermatriz Limite – A partir da Supermatriz Pesada é efetuado o cálculo de potência de matriz, gerando assim a Supermatriz Limite ou resultado final do processo.

Os conceitos e definições inerentes a cada etapa são apresentados a seguir:

c – Rede de Controle

A estrutura do método ANP é constituída por uma Rede de Controle composta por grupos e elementos, sendo eles compostos por alternativas e critérios. Os elementos determinados pelo analista são interligados entre si por um conjunto de conexões que indicam o fluxo da influência (dependência) de um elemento sobre o outro.

A Dependência é o fato pelo qual um elemento influencia ou é influenciado por outro elemento no momento em que as interações são analisadas na Rede de Controle. Esta dependência é indicada pela conexão entre os grupos por meio de uma seta que indica a direção e o fluxo das dependências entre os elementos no sistema. Os grupos podem possuir características de dependência externa, quando os elementos são comparados somente em relação aos elementos de outros grupos, e características de dependência interna, quando são comparados com os elementos do mesmo grupo.

Na dependência interna, os elementos de um grupo são comparados entre si formando uma conexão em *loop* com o próprio grupo. Para melhor ilustrar esse aspecto, considere o exemplo de uma usina hidroelétrica que fornece eletricidade para outras indústrias incluindo ela mesma. Para que a usina hidroelétrica possa operar, ela depende mais da indústria de aço que

fornece as turbinas do que de sua própria eletricidade.

A figura 4.9 ilustra a configuração da Rede de Controle composta por grupos, elementos e conexões.

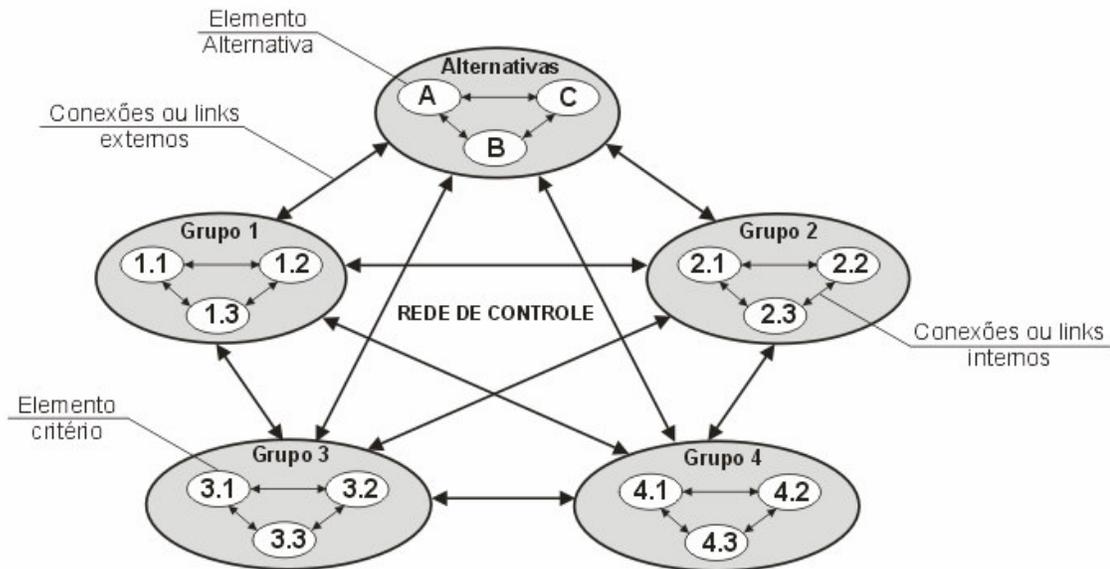


Figura 4-9 – Rede composta por alternativas e critérios formada por grupos, critérios e conexões.

d – Escala Fundamental de Saaty

O método ANP utiliza uma escala fundamental formada de valores absolutos de 1 a 9 usados como resposta das questões básicas dos julgamentos relativos às comparações por pares entre os elementos.

Conforme Saaty (1977) citado por Autran *et al.* (2004), apesar de as diferenças entre os estímulos seguirem escala geométrica, a percepção pelo indivíduo obedece a escala linear. Além disto, existe também o denominado limite psicológico, segundo o qual o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente 7 ± 2 pontos. Deste modo Saaty definiu a Escala Fundamental em 1980, conforme apresentada na Tabela 4.2.

Tabela 4-2 – Escala Fundamental de Saaty de 1980

Escala Fundamental de Saaty		
1	Importância igual	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança.
2,4,6,8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições.

e – Comparações

Os julgamentos representam a influência relativa de um elemento sobre outro em processo de comparação por pares de elementos em relação ao terceiro elemento do sistema.

Conforme Saaty (2005), a comparação não é necessariamente matemática, pois requer julgamentos. Os julgamentos estão associados aos sentimentos que estão ligados à intensidade. A intensidade está associada aos números, que por sua vez, estão ligados à escala de valores.

Após definir os elementos e suas conexões na Rede de Controle, a comparação entre os pares de elementos é realizada por meio de uma matriz quadrada e recíproca chamada de Matriz de Comparação. Conforme descrito, os julgamentos são realizados pela comparação entre dois elementos em relação a um terceiro, usando uma escala de números absolutos.

Para ilustrar melhor esse conceito, considere a comparação dos elementos do grupo 1 em relação ao elemento D do grupo 2, conforme figura 4.10.

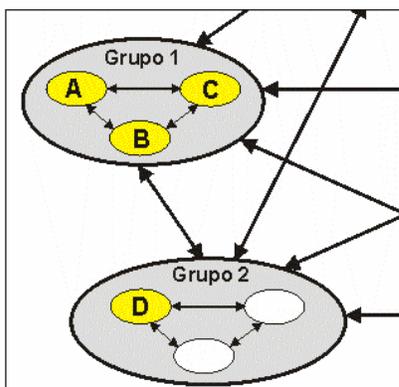


Figura 4-10 – Exemplo da comparação entre os elementos do grupo 1 em relação ao elemento D do grupo 2.

Neste caso, a Matriz de Comparação ilustrada na figura 4.11, é matriz quadrada composta por três linhas e três colunas em que os elementos A, B e C do grupo 1 são comparados entre si, em relação ao elemento D do grupo 2.

Matriz de comparação			
Grupo	A	B	C
A	1	3	6
B	1/3	1	2
C	1/6	1/2	1
Total	1,5000	4,5000	9,0000

Figura 4-11 – Matriz de comparação entre os elementos A, B e C em relação ao elemento D.

Os valores unitários na diagonal principal da Matriz de Comparação indicam as comparações do elemento com ele mesmo, representado pelo número 1, o que significa no método, que os elementos têm igual importância.

Os valores acima da diagonal principal da matriz são provenientes dos julgamentos realizados entre os elementos A, B e C através dos valores atribuídos pelo analista. Os valores abaixo da diagonal são inversos aos valores acima da diagonal principal, uma vez que a reciprocidade deverá ser verdadeira. Neste exemplo, o critério A foi considerado 3 vezes mais importante que o critério B, valor inserido na 1ª linha da 2ª coluna. Conseqüentemente, o critério B é 3 vezes menos importante que o critério A, com o valor 1/3 inserido na 2ª linha da 1ª coluna.

Após a atribuição dos valores realizada pelo analista na Matriz de Comparação, os valores são normalizados, pois, a soma dos julgamentos entre os elementos deve ser unitária. O cálculo da

normalização é realizado através da divisão do valor total da soma de cada coluna pelo valor do julgamento na matriz de comparação. Neste exemplo, os valores da matriz normalizada estão ilustrados na figura 4.12.

Matriz Normalizada			
Grupo	A	B	C
A	0,6667	0,6667	0,6667
B	0,2222	0,2222	0,2222
C	0,1111	0,1111	0,1111
Total	1,0000	1,0000	1,0000

Figura 4-12 – Resultado final obtido pela média dos valores normalizados.

O número do conjunto das Matrizes de Comparação e das Matrizes Normalizadas geradas neste processo depende do número dos grupos, critérios e conexões determinados na Rede de Controle. Os resultados das médias de todas as Matrizes Normalizadas são agrupados na matriz chamada Supermatriz Inicial composta por blocos matriciais identificados pelos grupos e elementos.

As questões sobre os julgamentos são geradas a partir das dependências estabelecidas nas conexões entre os elementos na Rede de Controle. Entretanto, existem dois modos em que o analista pode estruturar as questões no momento das comparações. Deve-se manter em mente que o sentido do fluxo da influência de um elemento sobre o outro deve ser o mesmo em todos os julgamentos do sistema, caso contrário os resultados das comparações serão alterados. Por exemplo: Na comparação dos elementos *A* e *B* com relação ao critério *D*, se a pergunta for: Em relação ao critério *D*, qual critério *A* ou *B* é mais influenciado? E se para a próxima comparação envolvendo *A* com *C* a pergunta for: Qual critério, *A* ou *C*, influencia mais o critério *D*? A perspectiva de análise é alterada.

Deste modo, existem duas comparações distintas que alteram sensivelmente a perspectiva do resultado que são:

- Dado um elemento chave e comparando os elementos *A* e *B*, qual elemento tem maior influencia no elemento chave?
- Dado um elemento chave, e comparando os elementos *A* e *B*, qual elemento é mais influenciado pelo elemento chave?

Outra questão importante na etapa de comparação é entender o motivo pelo qual os grupos são comparados entre si. Se todos os grupos são igualmente importantes, não é necessário

realizar a comparação entre os grupos. Contudo, os grupos podem não ser igualmente importantes, o que é mais comum em problemas do mundo real. Deste modo, é essencial a análise comparativa dos grupos para estabilizar os pesos na supermatriz do sistema.

Como os julgamentos das comparações entre os elementos são realizados com base na escala fundamental de valores, esse método tem a vantagem de incluir critérios tangíveis e intangíveis, uma vez que as comparações dos elementos podem ser baseadas em dados traduzidos por indicadores ou baseadas no conhecimento de especialistas. O maior desafio do analista está em não realizar julgamentos inconsistentes.

A inconsistência nos julgamentos pode indicar a mudança de conceito sobre determinado assunto, uma vez que estamos sempre alterando nossa opinião a partir do processo de aprendizagem. Entretanto, a grande inconsistência de um julgamento pode indicar a falta de entendimento coerente sobre o assunto em questão, o que leva, por sua vez, à tomada de decisão errada.

No método ANP, a medida de inconsistência é sempre usada para identificar possíveis erros de julgamentos. Para Saaty (1999), a consistência de julgamentos no método ANP deve seguir a seguinte lógica: Se o elemento *A* domina *B* por um valor *X* e o elemento *B* domina *C* por um valor *Y*, portanto o elemento *A* domina *C* por um valor *XY*. Por exemplo: Se o elemento *A* é mais importante que o elemento *B* e *B* é mais importante que elemento *C* e se o *C* for julgado mais importante que *A*, tal julgamento não está sendo consistente.

Uma situação inconsistente poderia surgir se *A* é 2 vezes mais importante que *B*, e *B* é 3 vezes mais importante que *C*. No julgamento entre *A* e *C*, *A* for julgado como 2 vezes mais importante que *C*, esse julgamento é considerado inconsistente, pois *A* domina *C* por $2 \times 3 = 6$ conforme ilustrado na figura 4.13.



Figura 4-13 – Inconsistência de julgamentos.

Outro aspecto importante inerente à comparação em forma de rede do Método ANP, na etapa de comparação, é a possibilidade de obter o *feedback* da análise.

De acordo com Barczark e Grivault (2006), o método ANP interpreta o sistema, de forma mais completa, pois a característica de configuração em rede permite que todos os elementos sejam comparados com todos os outros, formando, assim, a retroalimentação ou *feedback* nas comparações.

Para ilustrar melhor esse aspecto, Saaty (2005) cita como exemplo a escolha da melhor ponte entre as alternativas A e B, com os critérios beleza e segurança. Em um método convencional, a comparação entre os critérios beleza e segurança, a segurança poderia ser aparentemente percebida como extremamente mais importante, então a ponte mais segura poderia ser escolhida como a melhor ponte. Em uma configuração de rede, a retroalimentação ou *Feedback* permite comparar também os critérios beleza e segurança separadamente para cada ponte. Supondo que a ponte B é a mais segura e menos atrativa sob o aspecto de beleza, e a ponte A é muito bonita e é também muito segura, mas não tão segura quanto a ponte B, as prioridades dos critérios são avaliadas. Como as duas pontes são seguras, o critério de segurança no sistema de feedback não tem a predominância do grau de importância. De acordo com o senso comum, se as duas pontes são muito seguras, a ponte mais bonita poderia ser escolhida como a melhor ponte, mesmo que uma ponte seja mais segura que a outra. Portanto, o método ANP através do *feedback* permite analisar a melhor escolha em um modo que combina com nosso senso comum.

A diferença no método de rede (ANP) é que o critério pode ser comparado com respeito a uma alternativa. Isto significa que, quando é feita a comparação entre beleza e segurança com relação à ponte A, a beleza é fortemente preferível à segurança, uma vez que a beleza nos atrai e sabemos que a ponte A é muito segura. Para a ponte B, a segurança é extremamente preferível à beleza, já que a ponte B não é bonita. Estes tipos de perguntas e respostas nas duas direções ajudam a estabelecer as verdadeiras prioridades para todos os elementos em um problema.

f – Supermatrizes

A rede do método ANP é formada por grupos, elementos e suas inter-relações os quais, após comparações dos elementos, geram as supermatrizes. São três supermatrizes geradas pelo

método: A Supermatriz Não-Pesada ou Inicial, a Supermatriz Pesada ou Estocástica e a Supermatriz Limite ou Resultado. Estas supermatrizes possuem a configuração, conforme figura 4.14, onde C_N representa o número de grupo da Rede de Controle, e_{Nn} representa os elementos de cada grupo e W_{NN} é o bloco matricial correspondente as comparações de elementos de cada grupo.

		C_1				C_2				C_N							
		e_{11}	e_{12}	...	e_{1n_1}	e_{21}	e_{22}	...	e_{2n_2}	...	e_{N1}	e_{N2}	...	e_{Nn_N}			
C_1	e_{11}	W_{11}				W_{12}				\dots				W_{1N}			
	e_{12}																
	...																
	e_{1n_1}																
C_2	e_{21}	W_{21}				W_{22}				\dots				W_{2N}			
	e_{22}																
	...																
	e_{2n_2}																
⋮	\dots				\dots				\dots				\dots				
C_N	e_{N1}	W_{N1}				W_{N2}				\dots				W_{NN}			
	e_{N2}																
	...																
	e_{Nn_N}																

Figura 4-14 – A estrutura geral da supermatriz W do método ANP
(Fonte: Piantanakulchai, 2005).

A supermatriz não-pesada ou inicial contém o valor de importância local de todos os elementos calculados pelas Matrizes de Comparação e Matrizes Normalizadas, onde os resultados das comparações podem ser lidos na supermatriz conforme ilustrado na figura 4.15:

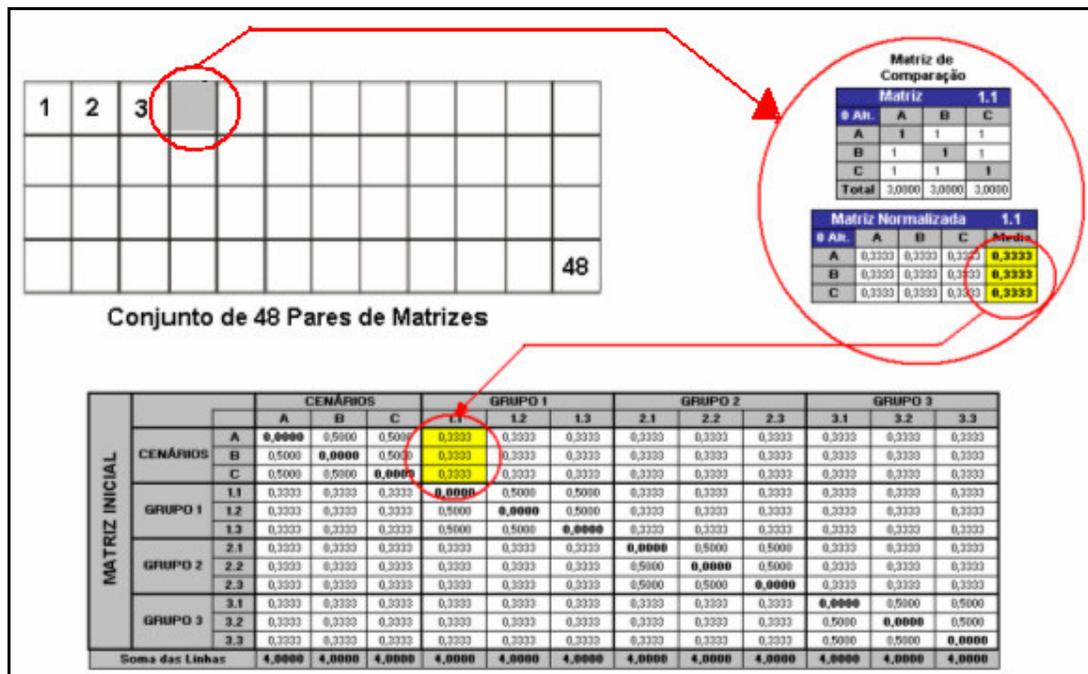


Figura 4-15 – Supermatriz inicial.

Antes de atingir o limite ou o equilíbrio, a Supermatriz Inicial deve, primeiro, ser reduzida para uma Supermatriz Pesada ou Estocástica.

Conforme Figueiredo (1999), a matriz estocástica tem como particularidade a seguinte característica: a soma das colunas da matriz deve ser unitária, condição necessária para que se obtenham resultados limites. Esse processo é similar ao conceito da Cadeia de Markov em que a soma das probabilidades de todos os estados é igual a um.

Uma cadeia de Markov é a sucessão de eventos cuja representação seja obtida da consideração formal da matriz de probabilidades, em princípio empírica, dita “matriz estocástica”.

De acordo com Saaty (2005), em geral, uma Supermatriz Inicial não é estocástica, porque a entrada de dados nas suas colunas é proveniente de resultados das Matrizes de Comparação normalizadas.

Sendo assim, a Supermatriz Pesada ou Estocástica é obtida, multiplicando os vetores da Matriz da Comparação dos Grupos pelos blocos matriciais correspondentes da Supermatriz Inicial, conforme mostrado na figura 4.16.

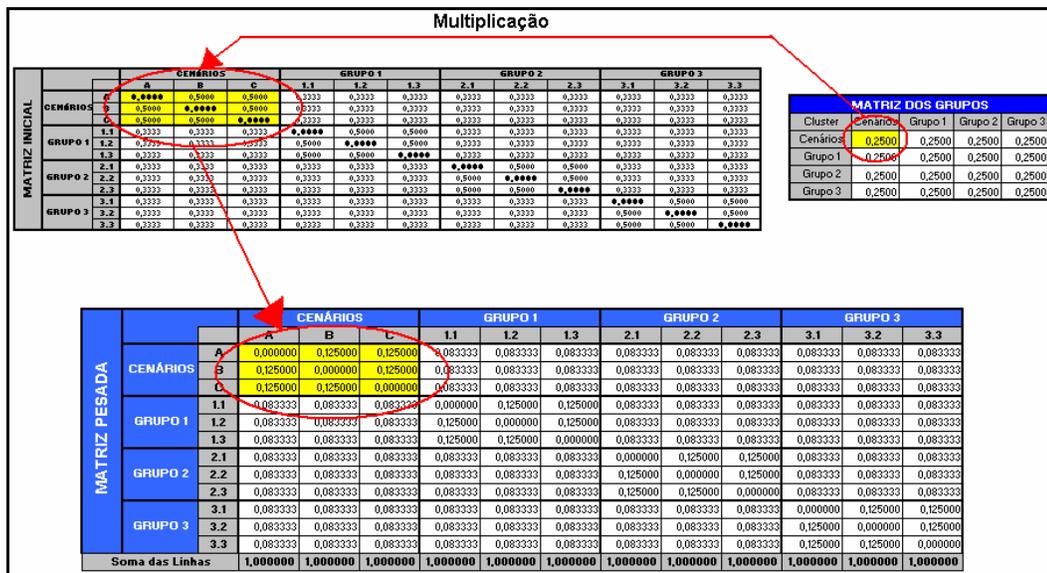


Figura 4-16 – Supermatriz Pesada ou Estocástica.

Segundo Saaty (2005), isto não é uma maneira forçada de gerar uma Supermatriz Estocástica, e sim natural, porque os elementos são comparados entre eles mesmos e, deste modo, é necessária à informação sobre a importância dos grupos nos quais os elementos se relacionam para determinar seu peso relativo entre todos os elementos no nível dos grupos.

A Supermatriz Limite é obtida a partir da Supermatriz Pesada pelo cálculo de potência de matriz. A potência de matriz é representada por w^k , onde w é matriz quadrada e k a k-ésima potência. Através da expressão 4.1, a Supermatriz Pesada é multiplicada quantas vezes forem necessárias, até que as linhas da supermatriz se estabilizem e se tornem idênticas. Quando esta estabilidade é alcançada, a multiplicação da Supermatriz Limite é interrompida, gerando assim o resultado final, conforme ilustrado na figura 4.17.

$$\lim_{K \rightarrow \infty} W^K \quad (4.1)$$

		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3			Resultado
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3	
CENÁRIOS	A	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	B	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	C	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
GRUPO 1	1.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	1.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	1.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
GRUPO 2	2.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	2.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	2.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
GRUPO 3	3.1	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	3.2	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333
	3.3	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333	0,083333

Figura 4-17 – Exemplo da Supermatriz Limite com o Resultado.

4.5.5 Método cibernético modificado de Vester

O termo cibernética, apresentado pela primeira vez por Norbert Wiener em 1948, tem como objetivo o estudo comparativo dos sistemas e mecanismos de controle automático, regulação e comunicação entre máquinas e seres vivos. Conforme Nasani (1990), cibernética é o ramo da matemática que estuda o comportamento das variáveis de um sistema e a aplicação desta ciência integra diferentes áreas de conhecimento como, por exemplo, sistemas de controle e sistemas de informação.

A abordagem do método cibernético modificado, introduzido por Vester em 1990, tem como objetivo intensificar o entendimento sobre o comportamento das variáveis envolvidas nos sistemas de águas urbanas. De acordo com Grotter e Prigge Bircher (2006), o método cibernético modificado de Vester estabiliza o sistema de águas urbanas contra distorções, uma vez que todas as interações e sensibilidades são consideradas no sistema. Os efeitos dos impactos de cada variável são integrados no modelo e os impactos aparentemente nulos de uma variável podem ser tornar de grande importância.

A abordagem cibernética modificada de Vester é dividida em seis etapas com vários *loops* e retroalimentações de atividades, comparável aos processos de análise interativa. Estas etapas são brevemente descritas a seguir:

1- Definição do sistema: A primeira etapa define o limite do sistema em que são considerados todos os níveis que podem influenciar as interações do modelo, como o espaço e o tempo.

2 – Identificações das variáveis: Na segunda etapa, todas as possíveis variáveis do modelo são consideradas, identificadas e definidas cuidadosamente pelo analista. As variáveis podem ser quantitativas ou qualitativas, bem como racionais ou irracionais.

3 – Checagem das variáveis com relação ao sistema: A terceira etapa consiste em definir as variáveis e checar as inter-relações no sistema com o objetivo de eliminar variáveis tendenciosas ou redundantes do modelo. Caso seja identificado algum conflito entre as variáveis, o processo se repete até que o equilíbrio do sistema seja alcançado.

4 – Matriz de Variáveis – A quarta etapa consiste em elaborar a Matriz de Variável que é realizada a partir do julgamento, por meio de uma escala de valores. Assim, é definido o grau

de impacto causado por cada variável em relação a todas as outras. O processo de elaboração da matriz de variável é descrito posteriormente.

5 – Interpretação do comportamento das variáveis: A quinta etapa tem o objetivo de interpretar o comportamento de cada variável no sistema por meio de um gráfico, distinguindo-as em ativas ou passivas, ou em variáveis de alto ou baixo impacto.

6 – Compreensão do comportamento do sistema: A sexta etapa investiga a interação das variáveis no sistema. A interação entre as variáveis é representada pela rede do sistema que é um fluxograma elaborado a partir da identificação das variáveis mais impactantes.

O processo de cálculo no método cibernético de Vester inicia na quarta etapa pela elaboração da Matriz de Variáveis. Assim, as variáveis são inseridas nas linhas e colunas da Matriz de variáveis na mesma seqüência conforme exemplo ilustrado na figura 4.18.

		VARIÁVEIS				CÁLCULO			
		A	B	C	D	EA	EP	Q	P
VARIÁVEIS	A	0				Y	X	Y/X	Y.X
	B		0			Y	X	Y/X	Y.X
	C			0		Y	X	Y/X	Y.X
	D				0	Y	X	Y/X	Y.X
	EP	X	X	X	X				

Figura 4-18 – Matriz de Variáveis do método Cibernético modificado de Vester.

Sendo:

EA = Efeito Ativo

EP = Efeito Passivo

$$Q = \frac{EA}{EP}$$

$$P = EA * EP$$

Em seguida, é estimado o grau de impacto que cada variável tem sobre todas as outras pela escala de valores, conforme tabela 4.3.

Tabela 4-3 – Grau de impacto das variáveis dos sistemas.

Grau de Impacto	Descrição
0	Ausência de impacto ou impacto muito pequeno
1	Baixo impacto ou impacto após um longo período
2	Médio impacto
3	Intenso ou muito intenso impacto

Após esta avaliação, a soma de cada linha, representada por Y , e de cada coluna, representada por X , ilustrado na figura 4.18 é calculada na Matriz de Variáveis. De acordo com Grotter e Prigge Bircher (2006), a soma horizontal de cada variável na matriz representa os efeitos ativos (EA) e a soma vertical de cada variável representa os efeitos passivos (EP) do sistema. O quociente entre os valores dos efeitos ativos e passivos ($Q=EA/EP$) representada pela coluna Q indica se a variável é mais ativa ($Q>1$) ou menos ativa ($Q<1$) no sistema. O produto ($P= EA \cdot EP$) significa quanto cada variável impacta no sistema (figura 4.18).

Para ilustrar o processo, é apresentado, a seguir, um exemplo de um sistema com vinte variáveis na Matriz, conforme ilustrado na figura 4.19. Neste caso, vale lembrar que, em se tratando da avaliação de impacto de uma variável sobre a outra, a reciprocidade da matriz não é verdadeira como acontece no método ANP. Conforme pode ser observado, grau de impacto da variável 1 sobre a variável 2 não é necessariamente o grau de impacto inverso da variável 2 sobre a variável 1.

	Variáveis																				Cálculo			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	AS	PS	Q	P
1		1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	2	1	1	0	1	2	0	2	15	16	0,94	240
2	3		0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2	2	2	0	0	2	2	2	18	22	0,82	396
3	0	0		3	0	3	3	2	3	3	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	20	24	0,83	480
4	0	0	2		0	0	3	2	0	3	0	0	0	1	2	0	0	0	1	1	15	23	0,65	345
5	1	1	3	3		3	3	2	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	1	1	23	18	1,28	414
6	2	3	2	2	0		3	2	3	2	0	0	1	0	0	0	0	2	1	1	24	26	0,92	624
7	0	0	2	2	2	2		0	3	2	0	0	0	0	1	1	2	1	2	1	21	23	0,91	483
8	1	0	3	3	0	2	1		1	3	2	0	0	0	1	1	2	0	0	0	20	22	0,91	440
9	0	0	0	0	0	0	3	1		2	0	1	0	0	0	0	2	0	0	2	11	21	0,52	231
10	0	0	3	3	0	3	3	3	2		3	1	0	0	0	1	1	0	0	1	24	32	0,75	768
11	0	0	2	2	0	3	0	2	0	3		1	0	0	1	1	1	0	1	2	19	14	1,36	266
12	0	3	3	3	3	3	2	2	0	3	2		3	2	2	0	1	2	2	2	38	16	2,38	608
13	3	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0	1		2	3	0	0	3	3	2	24	22	1,09	528
14	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2		3	0	1	3	2	2	19	21	0,90	399
15	1	1	1	0	2	1	1	0	0	1	0	1	1	1		1	1	2	3	1	19	31	0,61	589
16	0	1	3	2	0	3	0	2	2	2	3	0	1	2	1		3	3	3	2	33	11	3,00	363
17	2	2	0	0	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2	2	1		3	2	3	26	20	1,30	520
18	1	2	0	0	2	0	0	1	1	1	0	2	2	3	3	1	0		2	2	23	28	0,82	644
19	0	2	0	0	2	1	1	1	0	1	0	2	3	3	3	2	2	3		2	28	27	1,04	756
20	0	2	0	0	0	0	0	1	2	1	2	2	3	2	2	2	3	2	2		26	29	0,90	754

Figura 4-19 – Exemplo da avaliação de impacto na Matriz de Variáveis.

Segundo Vester (2004) citado por Grotter e Prigge (2007), a classificação das variáveis como ativa ou passiva e de baixo ou alto impacto no sistema é a chave para interpretação do comportamento das variáveis no sistema. A tabela 4.4 apresenta o conceito de cada tipo de classificação.

Tabela 4-4- Descrição das características das variáveis.

Variáveis	Descrição das características
Ativas	Influenciam outras variáveis Não são facilmente influenciadas por outras variáveis dentro do sistema. São sensivelmente influenciadas por efeitos externos São as mais apropriadas para o controle do sistema
Passivas	São influenciadas por outras variáveis. Devem ser cuidadosamente analisadas para investigar o estado do sistema
Baixo impacto	Não influenciam nem são influenciadas por outras variáveis Mantém constante depois de mudanças extremas no sistema
Alto Impacto	Influenciam e são influenciadas por outras variáveis Podem ser usadas para aumentar as interações no sistema já que a variável está ligada a muitas outras variáveis
Neutras	Não interferem no sistema

Após o cálculo, o gráfico evidencia o comportamento de cada variável no sistema. A figura 4.20 ilustra o resultado gráfico do exemplo da Matriz de Variáveis apresentada na figura 4.19. A classificação é determinada em função da proximidade de cada variável com os vértices do gráfico, que representam as características de comportamento mencionadas na tabela 4.4..

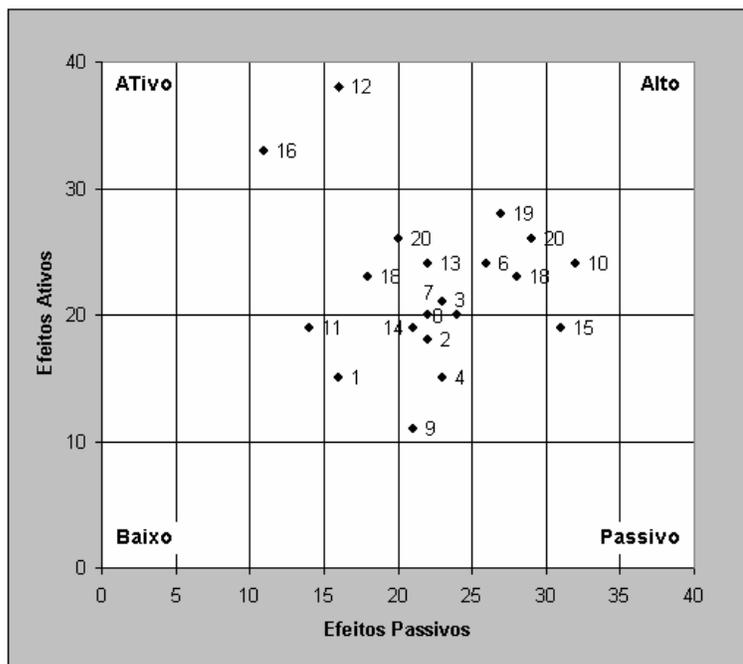


Figura 4-20 – Representação gráfica das variáveis no sistema.

A partir da identificação do comportamento de cada variável no sistema, é possível identificar as variáveis mais importantes e eliminar as variáveis neutras localizadas no centro do gráfico.

O método modificado de Vester não deixa claro como é elaborado o fluxograma a partir da identificação das variáveis mais impactantes e como é realizada a análise sobre as interações destas variáveis no sistema. A análise das variáveis pode também gerar interpretações diferentes, uma vez que o método não apresenta como são determinadas as áreas de influência de cada vértice, que classifica uma variável como ativa, passiva, de alto ou baixo impacto bem como a localização da condição neutra, e como os valores máximos dos eixos do gráfico são determinados.

No capítulo 5, será realizada uma seleção dos critérios de avaliação baseado em uma lista de indicadores. Em seguida será realizada uma tentativa de eliminar os indicadores considerados neutros no sistema, utilizando o método cibernético modificado de Vester.

4.5.6 Considerações finais

Neste capítulo foram apresentados os principais assuntos relativos ao desenvolvimento de um modelo para de avaliação do sistema de águas urbanas relacionado ao projeto de empreendimento urbano. Foi apresentada a visão geral do tema, os vários conceitos existentes do termo desenvolvimento sustentável, as principais características dos indicadores, bem como sua construção e utilização e foi apresentada uma visão geral dos métodos de análise multicritério com especial atenção ao método ANP utilizado no presente trabalho. O próximo capítulo apresenta as etapas metodológicas necessárias ao desenvolvimento do modelo de avaliação baseado no método multicritério.

5 DESENVOLVIMENTO METODOLÓGICO

O presente capítulo trata do desenvolvimento metodológico abordando os aspectos técnicos envolvidos em cada etapa do processo na avaliação global de um empreendimento urbano com relação às suas águas. As etapas metodológicas estão divididas basicamente em duas, sendo a primeira o desenvolvimento do modelo de avaliação e a segunda a determinação dos critérios de avaliação. Posteriormente é estabelecida a sistemática de avaliação para orientar o analista nas principais etapas do processo. De forma a atender ao objetivo geral do trabalho, o plano de ações desenvolvido nesta pesquisa contemplou as etapas metodológicas conforme o esquema disposto na figura 5.1.

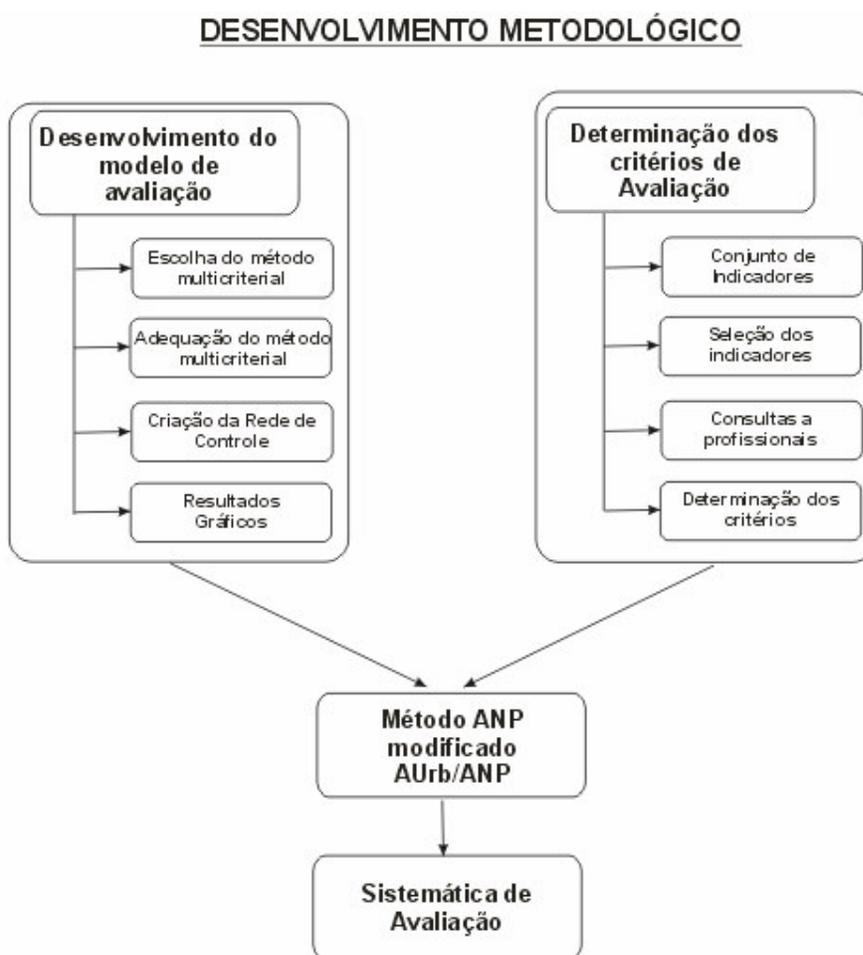


Figura 5-1 – Diagrama do desenvolvimento metodológico.

5.1 Desenvolvimento do modelo de avaliação

Este item consiste no desenvolvimento de um modelo capaz de avaliar um projeto de desenvolvimento urbano sob o aspecto de águas urbanas. Apesar de existirem diversos métodos multicriteriais disponíveis, atualmente, capazes de auxiliar na solução de problemas similares, a criação deste modelo se faz necessária devido à falta de conhecimento dos analistas sobre os métodos existentes e a dificuldade de acesso a seus *softwares* específicos.

Para alcançar o objetivo proposto, o desenvolvimento do modelo de avaliação será baseado em método multicritério de auxílio à decisão. Como existem diversos métodos disponíveis, é necessário escolher um método multicritério que reflita a complexidade das interações deste contexto de forma consistente e prática e, ao mesmo tempo, permita ser adequado conforme a proposta deste trabalho.

5.1.1 Escolha do método multicriterial

No presente trabalho, a aplicação do método multicritério é necessária, visto que o objetivo é avaliar um cenário complexo por meio de um grupo de critérios intimamente inter-relacionados.

Muitos são os métodos de análise multicritério e a escolha do melhor deles para a resolução de determinado problema pode ser complicada. Segundo Generino e Cordeiro Netto (1999), citados por Castro (2007), a utilização de um deles irá depender do problema a ser analisado, da familiaridade do analista com determinado método e da existência dos recursos necessários à sua aplicação. A escolha do método multicritério a ser utilizado como base para o desenvolvimento do modelo de avaliação deste trabalho foi determinada em função dos seguintes fatores:

- Viabilidade para a aplicação do método em planilha eletrônica;
- Facilidade de adequar o método escolhido ao modelo que será desenvolvido;
- Possibilidade de captar as complexas inter-relações envolvidas no sistema de águas urbanas;
- Possibilidade de trabalhar com critérios tangíveis e intangíveis.

Neste caso, foi escolhido para ser utilizado como base no desenvolvimento do modelo de avaliação o método ANP (*Analytic Network Process*) que se mostrou mais apto em atender os

fatores mencionados e por ser método ainda pouco utilizado na literatura científica, principalmente no que se refere aos problemas ambientais e aos sistemas de águas urbanas.

De acordo com Saaty (2005), o método ANP é a primeira teoria matemática capaz de buscar sistematicamente o objetivo da análise com todos os tipos de dependências e *feedbacks*, sendo a mais compreensível estrutura de trabalho para análise de decisões sociais, governamentais e ambientais disponível atualmente, que permite incluir todos os fatores e critérios, essenciais para a melhor tomada de decisão.

5.1.2 Adequação do método multicriterial

Conforme citado no capítulo anterior, o objetivo do método ANP, bem como dos demais métodos multicriteriais existentes, é indicar a melhor ou as melhores alternativas para auxiliar à tomada de decisão em determinado problema. Esse conceito é baseado na análise do conjunto de alternativas pré-determinadas e no conjunto de critérios estabelecidos, conforme ilustrado na figura 5.2:

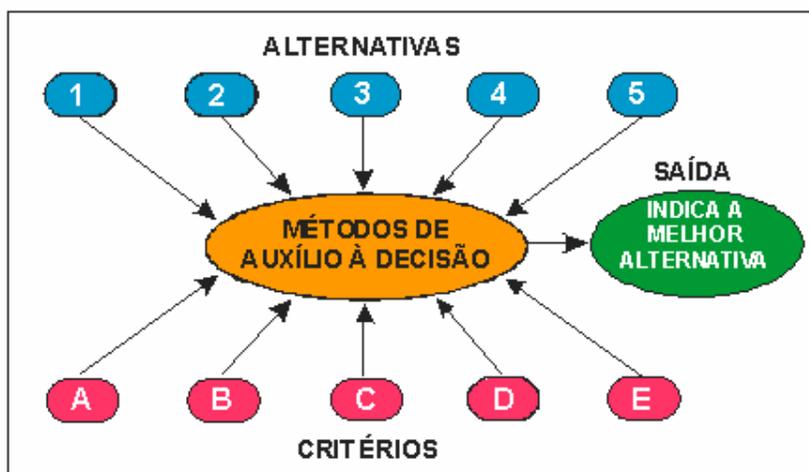


Figura 5-2 – Esquema básico do conceito dos métodos multicriteriais.

Como no presente trabalho o objetivo é avaliar apenas um projeto de desenvolvimento urbano em relação às suas águas e não um conjunto de alternativas de projeto, a adequação do cálculo ANP se baseia em transformar um método multicritério de auxílio à decisão em modelo de avaliação (figura 5.3). Com isto, foi necessário adequar o método ANP, estabelecendo como padrões de comparação nesta avaliação os cenários atual e desejável.

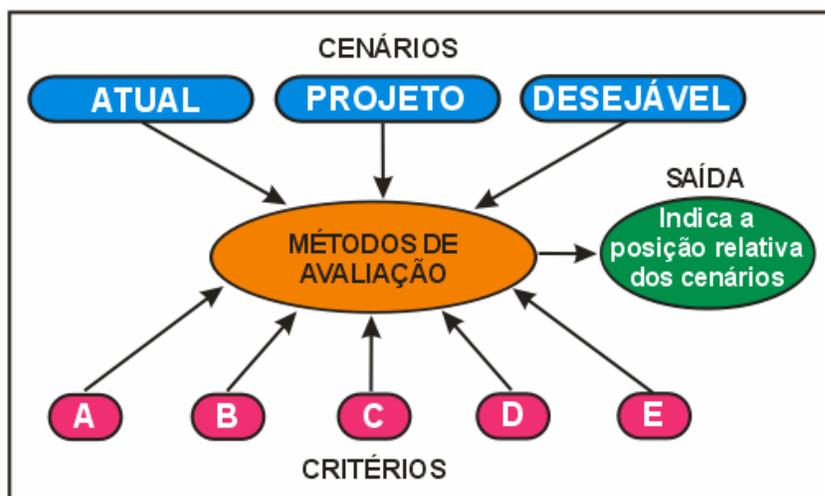


Figura 5-3 – Esquema básico do conceito para o modelo proposto.

Em virtude do volume e natureza dos cálculos, originalmente o método ANP foi desenvolvido para operar em ambiente computacional. Desta forma, o cálculo do método ANP foi reproduzido em planilha eletrônica para que pudesse ser aplicada a adequação conforme mencionado. Foi escolhida como plataforma de cálculo a planilha eletrônica Excel, devido à sua confiabilidade, ampla difusão e utilização, a facilidade de uso e seu grau de liberdade na criação e adaptação de cálculos específicos, como no caso do método ANP.

Intitulado de *Aurb/ANP*, o modelo modificado teve como ponto de partida a análise de dois fatores, o primeiro referente à questão sobre o número de critérios de avaliação a ser utilizado e o segundo fator referente à análise da viabilidade operacional do modelo em planilha eletrônica.

Com relação ao primeiro ponto, a pesquisa bibliográfica recomenda o uso médio de dez critérios para análise de problemas similares e, conforme Autran *et al.* (2004), o número máximo de critérios pode estar limitado pelo método de solução utilizado, sendo aconselhável não trabalhar simultaneamente com muitos critérios, uma vez que, na avaliação global de um problema de decisão, há dificuldades para perceber suas características mais significativas.

Para a análise de viabilidade operacional do modelo em planilha eletrônica, foi realizada análise teórica e prática do método ANP para identificar as principais etapas de cálculo por meio de consulta bibliográfica especializada e pelo *software* ANP.

Após alguns testes práticos, percebeu-se que a medida que acrescentava-se um critério de avaliação na rede de controle, o número total de análises a serem realizadas no modelo

aumentava consideravelmente. Na utilização de dez critérios de avaliação, por exemplo, é necessário realizar 540 análises de comparações entre todos os elementos da rede de controle, o que aponta para a inviabilização do aspecto prático da avaliação e do desenvolvimento do modelo em planilha eletrônica. Desta forma, levando em consideração estes dois fatores, foi estabelecido o número máximo de nove critérios de avaliação para o modelo proposto, onde o número total de análises diminui para 120.

Como o modelo tem como objetivo avaliar um projeto e não um conjunto de alternativas pré-determinadas, conforme mencionado, foram disponibilizadas na planilha apenas três possibilidades de cenários, sendo um reservado para o projeto a ser avaliado e dois para servir de referência. Assim, o sistema do modelo modificado *AUrb/ANP* será limitado por doze elementos, sendo nove critérios de avaliação e três cenários.

Após o estabelecimento do número de critérios e de cenários, foi elaborada a base de cálculo do modelo *AUrb/ANP* na planilha eletrônica. Conforme descrito no capítulo anterior, a base de cálculo do método ANP original é efetuada através das Matrizes de Comparações, Matrizes Normalizadas e pelas Supermatrizes, conforme ilustrado na figura 5.4.

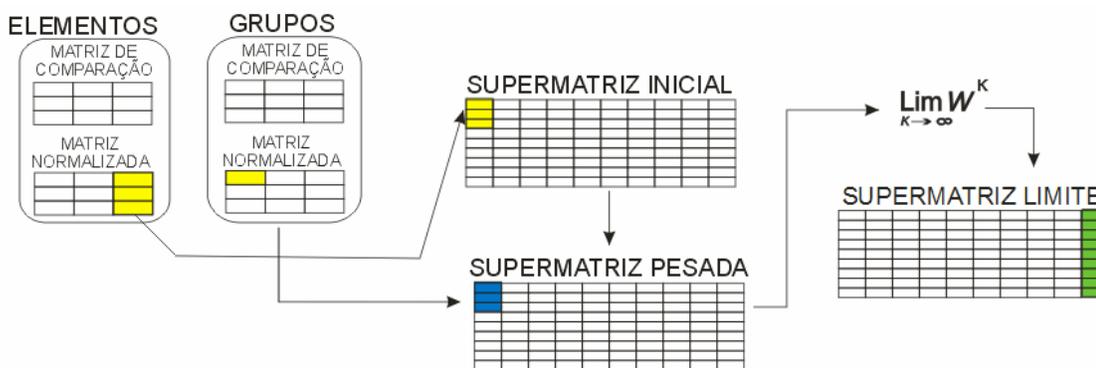


Figura 5-4 – Base de cálculo do método ANP.

Devido às complexas inter-relações envolvidas neste contexto, optou-se por elaborar a base de cálculo do modelo modificado *AUrb/ANP* com todas as análises de comparações entre os elementos do sistema (cenários e critérios). Deste modo, a base de cálculo é composta pelo conjunto de 48 Matrizes de Comparações e Matrizes Normalizadas dispostas em pares, conforme ilustrado na figura 5.5 e pelas supermatrizes não-pesada, pesada e limite, ilustrada na figura 5.6. Vale ressaltar que, os valores apresentados nas supermatrizes corresponde o seu estado inicial, ou seja, quando todos os elementos possuem igual importância entre eles.

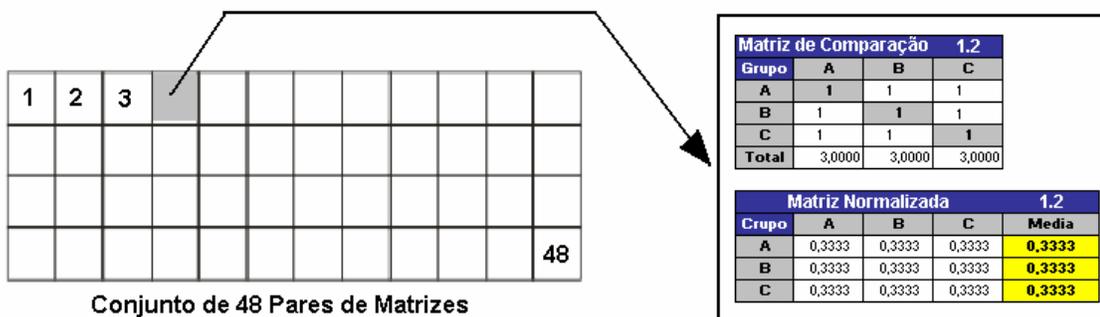


Figura 5-5 – Base de cálculo do modelo *AUrb/ANP* – Avaliação dos elementos.

MATRIZ NÃO PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	B	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	C	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 1	1.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 2	2.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 3	3.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000
	3.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000
	3.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000
Soma das Linhas		4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000	4,0000
MATRIZ PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,0000000	0,1250000	0,1250000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
	B	0,1250000	0,0000000	0,1250000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
	C	0,1250000	0,1250000	0,0000000	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556	0,080556
GRUPO 1	1.1	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0000000	0,1208333	0,1208333	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889
	1.2	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,1208333	0,0000000	0,1208333	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889
	1.3	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,1208333	0,1208333	0,0000000	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,0638889
GRUPO 2	2.1	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0000000	0,1083333	0,1083333	0,1083333	0,1083333	
	2.2	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,1208333	0,0000000	0,1208333	0,1083333	0,1083333	
	2.3	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,1208333	0,1208333	0,0000000	0,1083333	0,1083333	
GRUPO 3	3.1	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,1083333	0,1083333	0,1083333	0,0000000	0,1208333	
	3.2	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,1083333	0,1083333	0,1083333	0,1208333	0,0000000	
	3.3	0,0833333	0,0833333	0,0833333	0,0638889	0,0638889	0,0638889	0,1083333	0,1083333	0,1083333	0,1208333	0,1208333	
Soma das Linhas		1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	
MATRIZ LIMITE		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	
	B	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	
	C	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	0,081232	
GRUPO 1	1.1	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	
	1.2	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	
	1.3	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	0,072239	
GRUPO 2	2.1	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	
	2.2	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	
	2.3	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	0,094376	
GRUPO 3	3.1	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	
	3.2	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	
	3.3	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	0,085485	
Soma das Linhas		1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	1,0000000	

Figura 5-6 – Base de cálculo do modelo *AUrb/ANP* – Supermatrizes.

Posteriormente, foi realizada a calibração do modelo por meio de simulações de exemplos onde os resultados foram comparados com o software do método ANP.

Com o intuito de eliminar o problema dos julgamentos inconsistentes nas comparações entre os elementos, mencionado no item 4.5.3 do capítulo anterior, foi elaborada a análise automática de inconsistência nas Matrizes de Comparações do modelo que permitem analisar três elementos. Para melhor exemplificar o conceito da análise automática, considere a Matriz de Comparação padrão do modelo *Aurb/ANP* ilustrado na figura 5.7.

Matriz			D
Grupo	A	B	C
A	1	1	1
B	1	1	1
C	1	1	1
Total	3,0000	3,0000	3,0000

Figura 5-7 – Base de cálculo do modelo *AUrb/ANP* – Matriz de comparação.

Nessa matriz, existem três possibilidades de julgamentos entre os elementos A, B e C com relação ao elemento D. A primeira análise consiste em comparar os elementos A e B, na célula localizada na primeira linha e segunda coluna da matriz. A segunda e terceira análises comparam os elementos A com C e os elementos B com C representadas pelos vetores (1;3) e (2;3) da matriz, respectivamente. Como o valor atribuído no julgamento da terceira análise depende dos valores da primeira e segunda comparação, o valor que o analista atribui na terceira análise pode ser inconsistente devido à incompatibilidade lógica entre os julgamentos, gerando, como consequência, um resultado geral distorcido. Deste modo, foi introduzida a análise automática na segunda análise da Matriz de Comparação, vetor (1;3), em destaque na célula da figura 5.7, que foi programada para atribuir o valor automaticamente por meio de uma fórmula que leva em consideração o conceito lógico de inconsistência, mencionado por Saaty, e os valores atribuídos na primeira e a terceira análise que são realizadas anteriormente pelo analista. Com isto, a elaboração do cálculo automático elimina a possibilidade de análises inconsistentes entre os elementos do sistema e diminui de 120 para 84 o número total de comparações a serem realizadas no modelo *AUrb/ANP*, melhorando a confiabilidade na análise dos resultados e a praticidade operacional das análises em relação ao método original.

Em etapa posterior, a escala fundamental de Saaty, citada no capítulo anterior e utilizada para atribuir valores absolutos de 1 a 9, referentes às comparações, foi simplificada para permitir uma interpretação mais clara das análises. As alterações realizadas na escala fundamental de Saaty foram:

- Eliminação dos valores intermediários 2, 4, 6 e 8 da escala: constatado que estes

valores não alteram significativamente o resultado geral do sistema;

- Não comparação entre os elementos: diferentemente do método ANP, a Rede de Controle do modelo *AUrb/ANP* possui todas as conexões entre os elementos, obrigando ao analista realizar todas as possibilidades das análises. Neste caso, o número zero pode ser utilizado, caso o analista interprete a incompatibilidade de comparação entre dois elementos;
- Mudança na descrição dos valores da escala para facilitar o entendimento dos julgamentos.
- Após estas modificações a escala utilizada no modelo *AUrb/ANP* ficou com a seguinte formatação conforme disposta na tabela 5.1:

Tabela 5-1 – Escala Fundamental de Saaty modificada

Escala Fundamental utilizada no modelo AUrb/ANP		
0	Não comparável	Quando os elementos não são comparáveis
1	Importância igual	Os dois elementos contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pouco maior	A experiência e o juízo favorecem um elemento em relação ao outro
5	Importância maior	A experiência ou juízo favorece fortemente um elemento em relação ao outro
7	Importância muito maior	Um elemento é fortemente favorecido em relação ao outro. Pode ser demonstrada na prática.
9	Importância extremamente maior	A evidência favorece um elemento em relação ao outro, com o mais alto grau de segurança.

Outro aspecto relevante alterado no modelo em relação ao método ANP foi à seqüência das análises realizadas entre os elementos. Considerada importante, esta modificação, teve como objetivo fornecer ao analista visão geral do sistema, para facilitar o entendimento das análises no processo de avaliação pela seqüência lógica de comparações. Estudando a Supermatriz Inicial ou Não Pesada, que sintetiza todos os resultados das comparações realizadas nas Matrizes de Comparações, foi possível identificar quatro fases distintas de análises, conforme figura 5.8.

Avaliação entre os cenários **Avaliação entre cenários em relação a cada critério**

FASE 1 **FASE 4**

MATRIZ NÃO PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	B	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	C	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 1	1.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
	1.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 2	2.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333
	2.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 3	3.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000
	3.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000
	3.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000

Avaliação dos critérios em relação a cada cenário **Avaliação entre os critérios**

FASE 2 **FASE 3**

Figura 5-8 – Quatro fases de avaliação identificadas na Supermatriz Inicial.

Com base nesta configuração, a avaliação dos elementos no modelo *AUrb/ANP* foi dividida em quatro fases que foram dispostas de forma que o analista siga esta seqüência conforme descrito abaixo:

- Fase 1 – Análise de importância entre os cenários. Dependendo do objetivo da avaliação, esta fase é importante, pois os cenários podem ser analisados entre si, utilizando como recurso disponível a retroalimentação ou *feedback*, uma das características mais importantes do método ANP.
- Fase 2 – Avaliação dos critérios em relação a cada cenário. Para isto, cada cenário deve primeiramente ser caracterizado conforme a definição conceitual e com base nas informações disponíveis da região e do projeto a ser avaliado.
- Fase 3 – Comparação entre os critérios. Com o total de 44 comparações, esta é a fase com maior número de análises. Nessa fase podem ainda surgir interpretações diferentes nos julgamentos, pois os valores das comparações dependem do ponto de vista do analista ou do grupo de especialistas que avaliam o projeto.
- Fase 4 – Avaliação entre os cenários com relação a cada critério.

O modelo modificado *AUrb/ANP* apresenta a seqüência da fase de avaliação por meio de um questionário, o analista responde às questões pelas opções disponibilizadas à direita de cada comparação. Cada opção disponibilizada está associada a um número na escala de Saatty

modificada conforme ilustrado na figura 5.9.

	K	L	M	N	O	P	Q	R
1	AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO							
2	GRUPO 1 Alteração no regime dos corpos de água							
3	Com relação ao critério 1.1							
4								
5	37	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
6								
7	38	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
8								
9	Com relação ao critério 1.2							
10								
11	39	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
12								
13	40	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
14								
15	Com relação ao critério 1.3							
16								
17	41	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
18								
19	42	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
20								
21	Com relação ao critério 2.1							
22								
23	43	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
24								
25	Com relação ao critério 2.2							
26								
27	44	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
28								
29	Com relação ao critério 2.3							
30								
31	45	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
32								
33	Com relação ao critério 3.1							
34								
35	46	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
36								
37	47	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
38								
39	Com relação ao critério 3.2							
40								
41	48	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
42								
43	49	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
44								
45	3.3							
46								
47	50	O critério 2.1	tem qual importância sobre o critério	2.2	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		
48								
49	51	O critério 2.2	tem qual importância sobre o critério	2.3	?	IGUAL IMPORTÂNCIA		

Figura 5-9 – Exemplo do questionário apresentado no modelo *AUrb/ANP*.

5.1.3 Determinação da Rede de Controle

A Rede de Controle é um aspecto importante no método ANP, pois possibilita a visualização total do sistema e permite que o analista se oriente durante os julgamentos. O método ANP permite ao analista a liberdade de criar o sistema com número ilimitado de critérios e conectá-los conforme a necessidade do problema. Entretanto, esta liberdade possui o risco de o analista inserir quantidade de critérios além do necessário e interligá-los de forma equivocada, perdendo assim a capacidade de refletir a realidade do modelo. A experiência mostra que o número de critérios de avaliação deve ser compatível ao objetivo da avaliação, uma premissa que nem sempre é seguida no momento da determinação dos critérios.

Uma vez determinado o número de critérios de avaliação, o passo seguinte é definir a configuração da Rede de Controle, ou seja, a forma de posicionamento (conexão) dos critérios e grupos. Para isto, os elementos e grupos devem ser cuidadosamente dispostos na Rede de Controle para que possam refletir ao máximo a realidade do problema.

Conforme explicado anteriormente, foram determinados nove critérios de avaliação no modelo modificado *AUrb/ANP* em função da aplicabilidade e operacionalidade do modelo em planilha eletrônica. Apesar de nove critérios de avaliação parecer um pequeno número para o tema amplo e complexo da sustentabilidade em águas urbanas, cada critério pode ser avaliado por vários aspectos ou indicadores, o que aumenta a abrangência na avaliação do projeto. Desta forma, busca-se alcançar a representatividade das complexas interações avaliadas pela rede de controle simples e integrada.

Portanto, em função da Rede de Controle limitada ao máximo de nove critérios de avaliação conectados entre si, a função do analista se restringe a determinar os critérios que serão utilizados na avaliação do projeto, o que diminui o risco de a Rede de Controle ser elaborada com número excessivo de critérios conectados inadequadamente.

A Rede de Controle foi composta por grupos e elementos de forma mais equilibrada possível. Assim, os doze elementos a compõem foram divididos entre três cenários e nove critérios de avaliação dispostos em quatro grupos, o primeiro grupo da Rede de Controle foi reservado para os cenários e os nove critérios de avaliação foram igualmente distribuídos nos três grupos restantes.

Inicialmente, os grupos e critérios de avaliação no modelo modificado *AUrb/ANP* estão representados por números e os cenários por letras, uma vez que podem ser alterados conforme a necessidade do analista para adequar ao objetivo da avaliação. Desta forma, a configuração da Rede de Controle ficou disposta da seguinte maneira conforme figura 5.10.

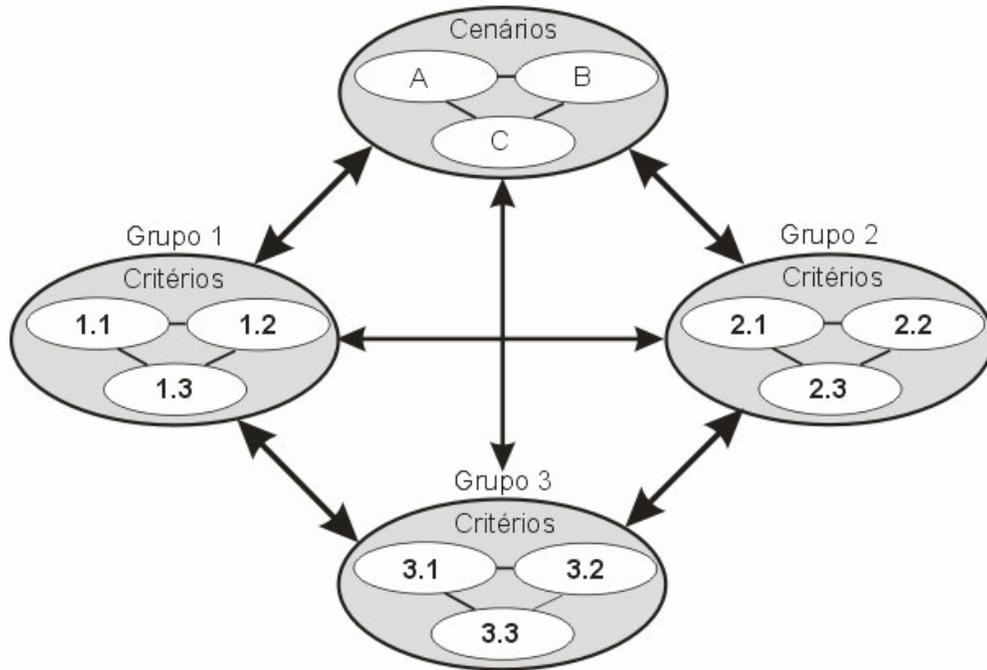


Figura 5-10 – Representação da Rede de Controle do Modelo AUrb/ANP.

A visão geral do sistema traduzida pela Rede de Avaliação é importante, pois permite seu entendimento e facilita a identificação dos elementos. Esta configuração é representada no modelo AUrb/ANP conforme a figura 5.11.

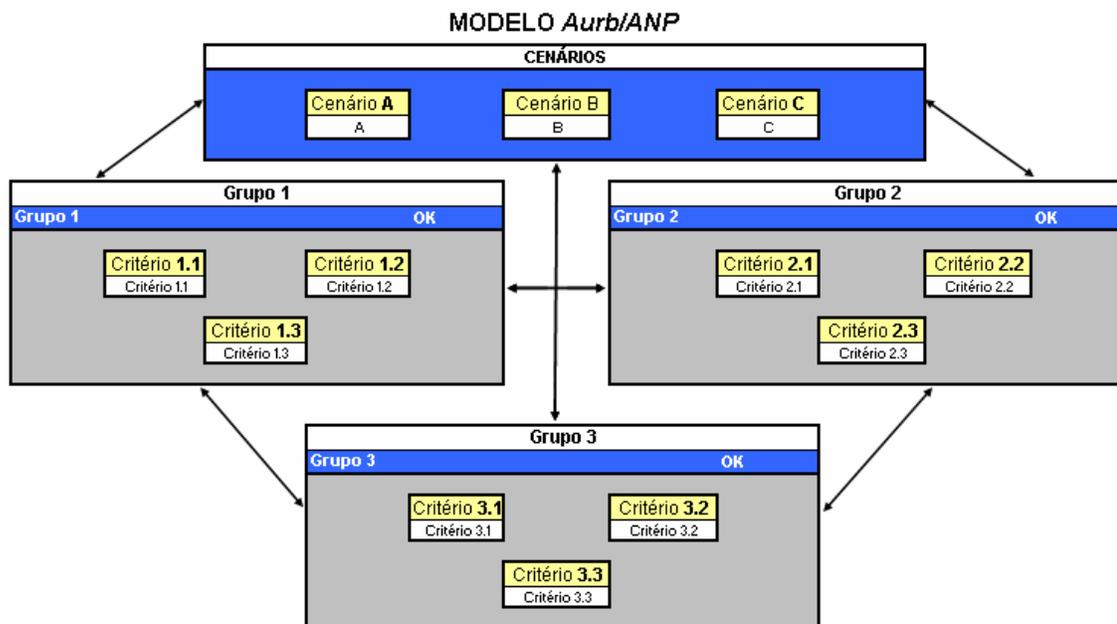


Figura 5-11 – Representação da Rede de Controle na interface do modelo AUrb/ANP.

5.1.4 Resultado gráfico da avaliação

O resultado da avaliação representa uma característica importante do modelo *AUrb/ANP*, visto que o resultado final será apresentado em gráficos, pois o método ANP não apresenta os resultados da forma desejada para a proposta da avaliação deste trabalho.

De acordo com esse objetivo, foi elaborado um conjunto de gráficos no modelo *AUrb/ANP* para possibilitar um diagnóstico simples e objetivo. Os gráficos foram elaborados com base nas fases da avaliação, possibilitando a avaliação de todos os aspectos do cenário projetado. A figura 5.12 ilustra a apresentação gráfica dos resultados da avaliação.

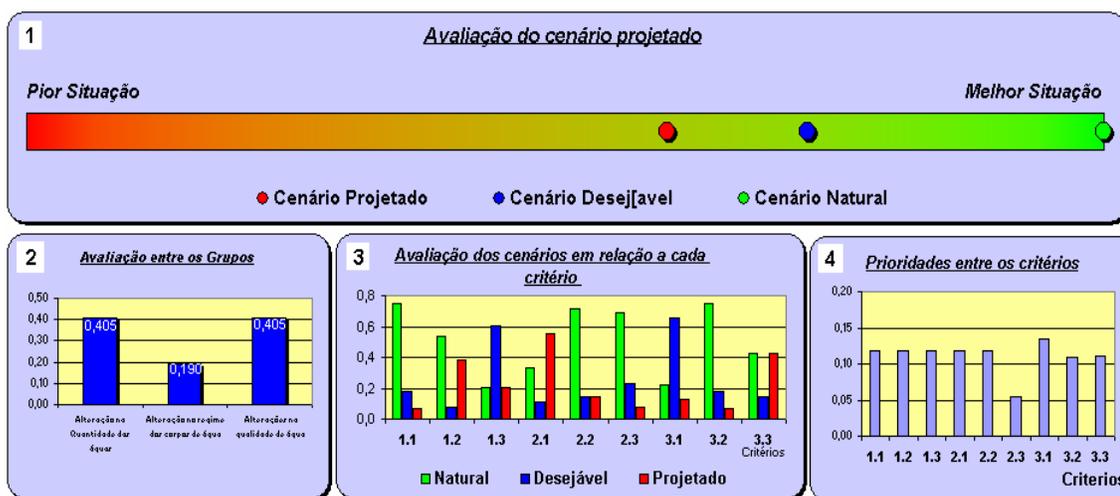


Figura 5-12 – Representação gráfica do resultado final da avaliação no modelo *AUrb/ANP*.

O primeiro gráfico representa o aspecto geral da avaliação indicando a distância relativa entre o cenário projetado e o cenário desejável que por sua vez, está sempre posicionado na situação mais favorável da barra do gráfico. Entretanto, cabe salientar que o cenário desejável pode não ser interpretado como sustentável, apesar de existir forte conexão entre estes conceitos, no presente caso. O cenário desejável é apenas uma referência para a avaliação de um empreendimento, elaborado segundo a interpretação do analista, com base nos critérios de avaliação estabelecidos e nas informações de projeto. Isto significa que, o analista elabora o cenário desejável conforme o seu entendimento. O que é considerado como cenário desejável para um analista, pode não ser desejável e nem mesmo ser sustentável para outros.

Deste modo, o primeiro gráfico não estabelece o limite de sustentabilidade e nem apresenta graduação neste aspecto, uma vez que o conceito de desenvolvimento sustentável é muito

amplo e a determinação de seu limite é, no mínimo, controversa, considerando-se as diferentes interpretações sobre o assunto.

Vale ressaltar que o modelo *AUrb/ANP* não está restrito ao uso dos indicadores apresentados neste capítulo.

O segundo gráfico indica o resultado da avaliação entre os grupos da Rede de Controle. Esse gráfico foi elaborado no modelo *AUrb/ANP*, visto que o método ANP não disponibiliza o resultado da avaliação entre os grupos em forma de gráfico.

Outra adequação importante realizada na elaboração dos gráficos em relação ao método ANP original foi a criação do terceiro gráfico. Esse gráfico ilustra a avaliação entre os cenários com relação a cada critério e permite a análise fina do projeto, identificando os aspectos negativos que podem ser melhorados.

O quarto gráfico apresenta a visão geral do grau de importância atribuída em cada critério no sistema. Esse gráfico é importante, pois permite ao analista visualizar se existe alguma discrepância relativa ao grau de importância atribuída aos critérios.

Diante do diagnóstico apresentado pelos gráficos, é possível identificar eventuais pontos críticos do projeto permitindo suscitar alterações no empreendimento, de forma que o cenário projetado possa melhorar sua posição em relação ao cenário desejável.

Todas as adequações realizadas no modelo *AUrb/ANP* foram realizadas com finalidade de alcançar o objetivo do trabalho utilizando um método consistente de avaliação. Em resumo, apesar de o conceito e da base de cálculo do modelo *AUrb/ANP* estar baseada no método ANP, podemos citar as principais diferenças entre os dois métodos representados na tabela 5.2 a seguir:

Tabela 5-2 – Principais diferenças entre o método ANP e o modelo modificado *AUrb/ANP*

Características	Método ANP	Modelo AUrb/ANP
Conceito	Análise de um conjunto de alternativas	Avaliação de projeto com base na criação de cenário desejável e caracterização do cenário atual.
Objetivo	Auxiliar a tomada de decisão em relação às alternativas disponíveis	Avaliar o projeto pela distância entre os cenários e identificar no projeto os pontos críticos passíveis de melhora.
Rede de Controle	Possibilidade de estabelecer quantidade indefinida de critérios e alternativas conforme a vontade do analista.	Rede fixa com nove critérios e três cenários interligada com todas as conexões possíveis entre os elementos
Comparações	Livre para escolher a seqüência dos julgamentos entre os elementos.	Disposta em seqüência de quatro fases de julgamentos por meio de interface em forma de questionário
Escala	Escala fundamental de Saaty. Permite a escolha de todos os valores absolutos entre 1 a 9.	Escala fundamental de Saaty simplificada com os valores absolutos 1, 3, 5, 7, 9.
;Inconsistência de julgamentos	Identificação das inconsistências nas comparações.	Possui o cálculo automático depois de realizado dois julgamentos. Elimina a possibilidade de inconsistência e diminui o número de análises.
Resultado gráfico	Dois gráficos apresentam: Posições das alternativas; Importância dos critérios.	Conjunto de quatro gráficos que apresentam: A distância relativa entre os cenários; Pontos críticos do projeto; A importância de cada critério; Resultado da avaliação entre os grupos.

5.2 Seleção dos critérios de avaliação

Considerada uma fase importante deste trabalho, esse item consiste em determinar os nove critérios de avaliação disponibilizados na Rede de Controle do modelo modificado *AUrb/ANP*. Com base na literatura estudada, a determinação dos critérios de avaliação para o presente trabalho será baseada em um conjunto de indicadores.

Neste item, é importante estabelecer a diferença entre critério de avaliação e indicador. Critério de avaliação é a variável considerada importante na análise do sistema em avaliação. No modelo *Aurb/ANP*, os critérios de avaliação pertencem aos grupos da Rede de Controle.

Conforme mencionado no capítulo quatro, o termo indicador pode ser entendido de diversas formas, cada organização redefine o termo a sua maneira. Neste trabalho, a definição de

indicador pode ser entendida como o parâmetro proveniente de informações, dados ou conjuntos de informações de naturezas diferentes agregadas em uma característica. Assim, um critério pode ser avaliado por um ou mais indicadores.

5.2.1 Conjunto de indicadores

Quando se tratam de temas complexos como águas urbanas, os indicadores representam grande importância para avaliação dos problemas. Como o número de indicadores sugeridos neste tema é muito amplo e diversificado, optou-se por analisar a possibilidade de inserir um grupo de indicadores já estabelecidos em estudos anteriores relacionados ao contexto da avaliação. É importante salientar que a escolha de um grupo de indicadores já estabelecidos é o primeiro passo para processo de seleção e determinação dos critérios.

Foi escolhido como referência o conjunto de indicadores do projeto SWITCH onde apresentou uma fonte importante de indicadores, servindo de ponto de partida para a determinação dos critérios de avaliação.

Conforme Nascimento *et al.* (2006), o Projeto SWITCH (*Sustainable Water Management Improves Tomorrow Cities' Health*) – Gestão Sustentável das Águas para o Aprimoramento da Qualidade de Vida nas Cidades do Futuro, lançado pela União Européia com a coordenação geral IHE-UNESCO (Holanda), vem trabalhando com cidades de diferentes continentes, como Europa, Ásia, África e América do Sul, incluindo o Brasil, particularmente a cidade de Belo Horizonte. Esse projeto tem como tema principal o desenvolvimento de soluções científicas e tecnológicas visando à gestão efetiva, integrada e sustentável de águas urbanas.

Para alcançar esse objetivo, o projeto SWITCH propôs um grupo 78 de indicadores de sustentabilidade relacionados às águas urbanas que estão divididos em cinco categorias conforme mostra a tabela 5.3 (SWITH, 2005).

Tabela 5-3 – Indicadores do SWITCH.

Indicadores de Sustentabilidade propostos no Projeto SWITCH		
Categoria	Descrição	Quant. de indicadores
1	Meio Ambiente	34
2	Econômico	7
3	Social	10
4	Saúde	8
5	Engenharia	19
Total de indicadores		78

Nas tabelas seguintes são apresentadas as listas completas dos indicadores com seu respectivo objetivo separadas por categorias.

Tabela 5-4 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Ambiental

Indicadores Ambientais		
Itens	Indicador	Objetivo
1	Uso de água potável	Minimizar a diminuição do recurso
2	Uso de energia	Minimizar o uso de recursos fósseis e emissão de gás relativo ao efeito estufa
3	Descarga de Nitrogênio para a água	Minimizar contaminações da água
4	Descarga Fósforo para água	Minimizar contaminações da água
5	TSS Descarga de Sólido Suspensos Totais	Minimizar contaminações da água
6	DBO Descarga de Demanda Bioquímica de Oxigênio	Minimizar contaminações da água
7	Geração de esgoto	Minimizar geração de esgotos
8	Geração de água de chuva	Imitar o pré-desenvolvimento de escoamento de águas de chuva
9	Reciclagem de nutrientes	Maximizar o uso local de nutrientes para reduzir o uso de recursos fossil
10	Uso de material para construção de infra estrutura	Minimizar o uso de material
11	Descarga de Nitrogênio para terra	Minimizar contaminação do solo e degradação da terra
12	Descarga de Fósforo para terra	Minimizar contaminação do solo e degradação da terra
13	Descarga de Sólido Suspensos totais para terra	Minimizar contaminação do solo e degradação da terra
14	Descarga de DBO para terra	Minimizar contaminação do solo e degradação da terra
15	Uso de material de construção	Minimizar o uso de material de construção
16	Uso de químicos	Minimizar uso de químicos
17	Descarga de materiais pesados para água	Minimizar contaminação de águas superficiais e/ou subterrânea
18	Descarga de compostos orgânicos para água	Minimizar contaminação de águas superficiais e/ou subterrânea
19	Descargas de resíduos médicos/antibióticos para água	Minimizar contaminação de águas superficiais e/ou subterrânea
21	Descarga de materiais pesados para terra	Minimizar contaminação da terra
22	Descarga de compostos orgânicos para terra	Minimizar contaminação da terra
23	Descargas de resíduos médicos/antibióticos para terra	Minimizar contaminação da terra
24	Descargas de hormônios para água	Minimizar contaminação da terra
25	Contribuição para o aquecimento global	Minimizar a contribuição para o aquecimento global
27	Odor	Minimizar a poluição do ar
27	Nutrientes recuperados	Maximizar a recuperação de nutrientes
28	Energia recuperada	Maximizar a recuperação de energia
29	Água reciclada	Maximizar a reciclagem da água
30	Deposito de lama na terra	Minimizar o depósito de lama na terra
31	Formação oxidante fotoquímico	Minimizar a formação de oxidante fotoquímico
32	Toxicidade humana	Minimizar toxicidade humana
33	Ecotoxicidade aquática	Minimizar ecotoxicidade aquática
34	Ecotoxicidade terrestre	Minimizar ecotoxicidade terrestre

Tabela 5-5 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Econômico

Itens	Indicador	Objective
1	Custo total de infra estrutura	Maximizar a viabilidade econômica de provisão de serviços de água
2	Custos para clientes	Minimizar o custo para consumidores individuais
3	Custo anual (incluindo custo total e manutenção)	Minimizar o custo anual
4	Custo total	Minimizar o custo total
5	Custo de manutenção e operação	Minimizar o custo de manutenção e operação
6	Capacidade de pagamento	Maximizar sustentabilidade de infraestrutura e serviços
7	Desenvolvimento do local	maximizar o desenvolvimento do local

Tabela 5-6 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Social

Itens	Indicador	Objective
1	Aceitação social	Maximizar a aceitação social de provisão de serviço de água
2	Valores sociais	Garantir a proteção dos valores sociais
3	Menos disposto para pagar	Maximizar o custo recuperado e sustentabilidade dos serviços
4	Conveniencia (conforto, segurança pessoal, adaptabilidade)	Maximizar conveniencia
5	Requerimentos institucional	Maximizar sustentabilidade dos serviços
6	Distribuição de responsabilidades	Maximizar sustentabilidade dos serviços
7	Aceitabilidade legal atual	Estar de acordo com as leis vigentes
8	A habilidade de tratar consciência e necessidades de informações	Maximizar sustentabilidade dos serviços
9	Geração de empregos	Maximizar empregos
10	Provisão de espaços abertos no ambiente urbano	Maximizar bem estar dos cidadão

Tabela 5-7 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Saúde

Itens	Indicador	Objective
1	Suprimento de água de saúde pública	Minimizar risco a saúde pelo suprimento de água
2	Saúde pública esgotos	Minimizar risco a saúde de provisão de esgoto
3	Número de conexões para serviços de suprimento de água	Minimizar risco a saúde
4	Numero de conexões para saneamento	Minimizar riscos a saúde
5	incidência de diarreia	Minimizar índice de diarreia
6	Incidência de doenças intestinais	Minimizar incidência de doenças intestinal
7	Incidência de infecção de rotavirus	Minimizar a incidência de infecções de rotavirus
8	Qualidade de água tratada	Satisfazer o padrão de água tratada

Tabela 5-8 – Lista geral de indicadores do projeto SWITCH – Categoria Engenharia

Itens	Indicador	Objective
1	Vazamento	Minimizar vazamento no sistema de abastecimento de água
1	Vazamento	Minimizar vazamento de água no suprimento de água
2	Infiltração	Minimizar infiltração de efluentes nos sistemas de abastecimento de água
2	Vazamento	Minimizar o vazamento de efluentes na rede coletora de esgotos
3	Enchente	Minimizar a frequência de enchentes
4	Regulação e paisagem	Maximizar o uso das características originais da paisagem
5	Uso da terra	Minimizar o uso da terra
6	Robustez do Sistema	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
7	Robustez para cargas de shock	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
9	Aproveitar mão de obra local para trabalhar na construção e manutenção	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
10	Facilidade de monitoramento do sistema	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
11	Durabilidade/ vida útil	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
12	Complexidade de construção	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
13	Complexidade de manutenção e operação	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
14	Compatibilidade com sistemas existentes	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
15	Flexibilidade / adaptabilidade de usuário necessitados	Maximizar a sustentabilidade dos serviços
16	Flexibilidade/ adaptabilidade para mudanças de condições ambiental	Maximizar sustentabilidade dos serviços
17	Interrupções de serviços - confiabilidade	Minimizar interrupções dos serviços
18	Interrupções de serviços - elasticidade	Minimizar interrupções dos serviços
19	Interrupções de serviços - vulnerabilidade	Minimizar interrupções dos serviços

5.2.2 Triagem dos indicadores

Conforme visto no item anterior, a análise e a seleção de indicadores significativos para a questão fundou-se em lista de 78 indicadores, o que levou à necessidade de uma triagem, devido ao grande número.

Halla *et al.* (2005) recomenda cinco principais fatores apropriados para a triagem a partir de um grupo genérico de indicadores que são: compreensão, aplicabilidade, tratabilidade, transparência e praticidade. Miranda e Teixeira (2003) complementam que os fatores relevantes para a escolha de indicadores são a acessibilidade dos dados, clareza na comunicação, relevância, amplitude geográfica, padronização, consistência científica, sensibilidade temporal, definição de metas, confiabilidade da fonte e capacidade de síntese.

Com base nestas premissas, a simples escolha de indicadores já é tarefa árdua, pois os dados necessários para a avaliação dificilmente estão disponíveis em indicadores que atendam todas as características mencionadas.

A triagem dos indicadores foi realizada em reuniões e discussões com o orientador do trabalho. Cada indicador foi analisado individualmente com relação à relevância e pertinência ao objetivo proposto neste trabalho. Esta análise possibilitou o processo de seleção de 21 indicadores do total de 78 considerados os mais relevantes para o objetivo do trabalho apesar de constatadas algumas redundâncias, conforme ilustrado na figura 5.13.

TRIAGEM INICIAL DOS INDICADORES PROPOSTOS PELO PROJETO SWITCH		
Item	Indicador	Objetivo
1	Uso de água potável	Minimizar a diminuição do recurso (minimizar o consumo da água potável fornecido pelo sistema de abastecimento)
2	Descarga de Nitrogênio na água	Minimizar as descargas de efluentes ricos em nitrogênio na água. (normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais)
3	Descarga Fósforo na água	Minimizar as descargas de efluentes ricos em fósforo na água. (normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais)
4	Descarga de Sólido Suspensos Totais SST	Minimizar a porcentagem de concentração de Sólidos Suspensos Totais
5	Descarga de Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO	Minimizar o despejo de origem orgânica na água (a presença de um alto teor de matéria orgânica pode reduzir o oxigênio na água)
6	Geração de esgoto	Minimizar a geração de esgoto produzido pelo empreendimento
7	Geração de água de chuva	Prever o fluxo do escoamento da água pluvial
8	Odor	Minimizar a poluição do ar
9	Água reciclada	Maximizar a reciclagem (reuso) da água
10	Custo total de infra estrutura	Minimizar o custo da infra estrutura do sistema de águas urbanas
11	Custo de manutenção e operação	Minimizar o custo de operação e manutenção do sistema de águas urbanas
12	Desenvolvimento do local	Maximizar o desenvolvimento local
13	Aceitação social/ conveniência	Maximizar a aceitação social e a conveniência da interface do sistema de águas urbanas
14	Aceitabilidade legal	Esta de acordo com as normas vigentes local
15	Provisão de espaços abertos no ambiente urbano	Maximizar espaços abertos para convivência social
16	Risco de contaminação	Minimizar o risco de contaminação da água no sistema de águas urbanas
17	Qualidade de água tratada	Satisfazer o padrão de qualidade da água para consumo
18	Enchente	Minimizar os eventos de enchentes na área de intervenção e a jusante
19	Paisagem	Maximizar o uso das características originais da região
20	Durabilidade/ vida útil	Maximizar a vida útil do sistema de águas urbanas na área de intervenção
21	Compatibilidade com sistemas existentes	Maximizar a compatibilidade dos sistemas de águas urbanas existentes na área de intervenção da implantação

Figura 5-13 – Lista dos indicadores pré-selecionados.

Os 57 indicadores restantes foram descartados, devido à falta de aplicabilidade, objetivo confuso ou por estarem fora do contexto da avaliação.

5.2.3 Consulta a especialistas

Partindo do princípio de que nove critérios de avaliação correspondem ao número máximo disponibilizado para a avaliação no modelo *AUrb/ANP* e considerando que os 21 indicadores pré-selecionados são pertinentes com relação à avaliação do projeto, optou-se por realizar uma pesquisa, com profissionais da área, a fim de determinar quais seriam os indicadores mais importantes deste grupo.

Deste modo, foi realizada uma pesquisa de opinião com profissionais da área por meio de um questionário que se encontra no anexo A deste trabalho. O questionário foi elaborado para descobrir, a partir de um grupo de profissionais, o grau de importância de cada indicador. Os valores estabelecidos no questionário sobre o grau de importância foram: 1 (pouco importante), 2 (importante) ou 3 (muito importante). Nessa pesquisa foram coletadas opiniões de 10 profissionais da área, como professores e alunos de mestrado do departamento de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da UFMG, bem como profissionais ligados aos órgãos estaduais e municipais como o IGAM e a SUDECAP.

As notas atribuídas por cada profissional para os 21 indicadores estão dispostas na figura 5.14

e representadas graficamente na figura 5.15. Os espaços em branco da figura 5.14, representa que o indicador não foi avaliado pelo profissional e consequentemente não foram considerados na soma das notas.

Pesquisa		Profissionais										Resultado		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	MX	Nota	MN
Água Potável	1	3	1	3	2	2	3	3	3	3	3	30	26	10
Desc. Nitrogênio	2	3	3	2	3	3	2	3	2	3	2	30	26	10
Desc. Fósforo	3	3	3	2	3	3	2	3	1	3	2	30	25	10
Desc. SST	4	2		2	3	3	2	3	2	3	2	30	22	10
Desc. DBD	5	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	30	28	10
Geração de esgotos	6	3	3	2	1	3	1	2	1	2	3	30	21	10
Ger. Água de chuva	7	3	2	1	3	3	3	2	3	3	2	30	25	10
Odor	8	2	2	2	3	2	1	3	2	2	1	30	20	10
Água Reciclada	9	3	3	3	2	2	3	3	2	2	1	30	24	10
Custo Total infra	10	3	1	1	2	3		2	2	3	1	30	18	10
Custo De M	11	3	1	2	3	3	2	2	2	3	1	30	22	10
Desenv. Local	12	3	1	3	2	2	2	3	3	3	1	30	23	10
Aceitação Social	13	2	2	2	2	3	3	3	3	2	1	30	23	10
Normas vigentes	14	1	2	3	3	3	3	2	2	3	3	30	25	10
Espaços abertos	15	1	2	2	2	3	2	3	3	2	2	30	22	10
Risco contaminação	16	3	3	2	3	3	3	3	3	3	3	30	29	10
Qualidade da água	17	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	30	29	10
Enchente	18	3	3	2	3	3	3	3	3	2	3	30	28	10
Paisagem	19	3	1	2	1	2	3	2	3	2	1	30	20	10
Vida útil	20	3	2	2	2	3	2	2	3	3	2	30	24	10
Compat. Sist. Exist.	21	3	1	2	3	2	3	3	3	3	3	30	26	10
												Média	24	

1 - Pouco importante 2 - Importante 3 - Muito Importante

Figura 5-14 – Valores atribuídos pelos profissionais entrevistados.

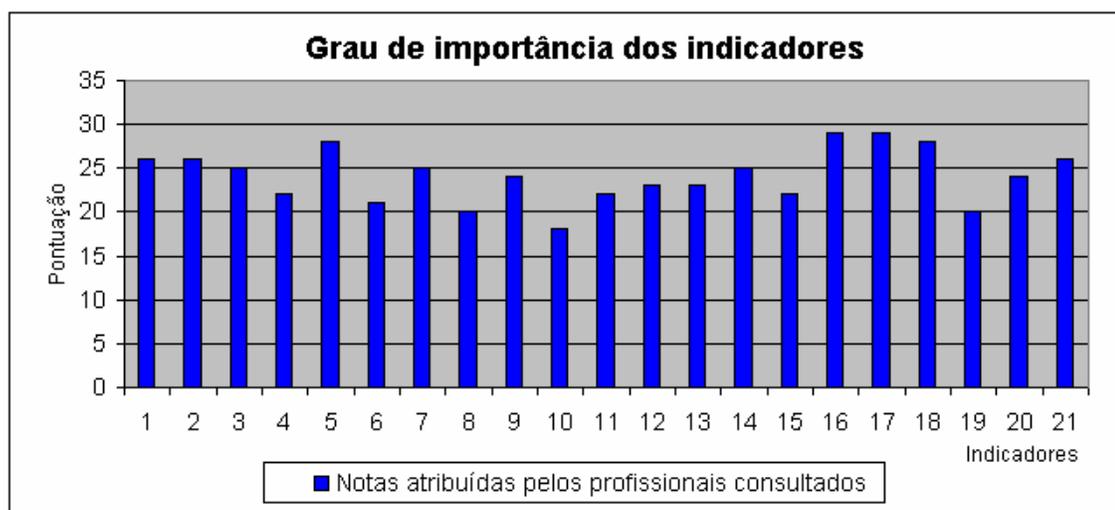


Figura 5-15 – Representação gráfica dos valores atribuído pelos profissionais.

Como foram consultados 10 profissionais na pesquisa e a nota para a avaliação foi baseada na escala entre 1 e 3, o limite máximo e mínimo possíveis para a pesquisa foram os valores 30 e 10, respectivamente.

Observou-se então, após a pesquisa, que nenhum dos 21 indicadores selecionados foi considerado “*pouco importante*” na soma geral das notas e, de modo geral, todos os indicadores obtiveram valores próximos à média geral (24 pontos), o que está inserido na faixa considerada importante e muito importante conforme ilustrado na figura 5.16.

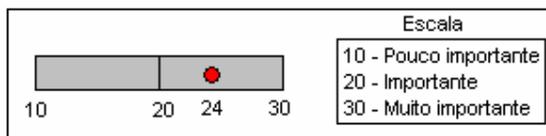


Figura 5-16 – Média geral das notas atribuídas pelos profissionais.

Deste modo, apesar de esta fase ter como objetivo apontar os indicadores menos importantes no contexto do trabalho, a pesquisa mostrou que todos os indicadores foram considerados importantes, o que dificultou ainda mais a seleção nesta etapa, evidenciando a dificuldade de trabalhar com indicadores e em determinar critérios adequados para a avaliação de um problema no modelo *AUrb/ANP*.

Na tentativa de descobrir o comportamento de cada indicador no sistema através das notas de importância atribuídas pelos profissionais da figura 5.16, foi utilizado o método cibernético modificado de Vester criado em 1990. A nota geral atribuída a cada indicador foi comparada às notas de todos os indicadores. Os resultados dos indicadores foram comparados entre si e o resultado desta comparação foi inserido na Matriz do método cibernético. Por exemplo, a nota geral atribuída ao primeiro e segundo indicadores foi 26, então o valor inserido no vetor (1,2) correspondente a esta comparação na Matriz de variável foi igual a 1. A comparação entre as notas do primeiro e terceiro indicadores foram respectivamente 26 e 25, o valor inserido no vetor (1,3) da matriz foi 2, que correspondente ao resultado da diferença entre 26 e 25 mais um. Após a análise de todos os indicadores a Matriz de Variáveis do método cibernético modificado de Vester apresentou os seguintes valores, conforme ilustrado na figura 5.17.

Matriz de Variáveis																									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	AS	PS	Q	P
1	1,00	1,00	2,00	5,00	0,33	6,00	2,00	7,00	3,00	9,00	5,00	4,00	4,00	2,00	5,00	0,25	0,25	0,33	7,00	3,00	1,00	68,2	20,8	3,2725	1419,9
2	1,00	1,00	2,00	5,00	0,33	6,00	2,00	7,00	3,00	9,00	5,00	4,00	4,00	2,00	5,00	0,25	0,25	0,33	7,00	3,00	1,00	68,2	20,8	3,2725	1419,9
3	0,50	0,50	1,00	4,00	0,25	5,00	1,00	6,00	2,00	8,00	4,00	3,00	3,00	1,00	4,00	0,20	0,20	0,25	6,00	2,00	0,50	52,4	30,1	1,7423	1575,9
4	0,20	0,20	0,25	1,00	0,14	2,00	0,25	3,00	0,33	5,00	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	0,13	0,13	0,14	3,00	0,33	0,20	19,6	71,4	0,2740	1395,4
5	3,00	3,00	4,00	7,00	1,00	8,00	4,00	9,00	5,00	11,00	7,00	6,00	6,00	4,00	7,00	0,50	0,50	1,00	9,00	5,00	3,00	104,0	9,4	11,230	972,4
6	0,17	0,17	0,20	0,50	0,13	1,00	0,20	2,00	0,25	3,00	0,50	0,33	0,33	0,20	0,50	0,11	0,11	0,13	1,00	0,25	0,17	11,2	89,9	0,1251	1099,6
7	0,50	0,50	1,00	4,00	0,25	5,00	1,00	6,00	2,00	8,00	4,00	3,00	3,00	1,00	4,00	0,20	0,20	0,25	6,00	2,00	0,50	52,4	30,1	1,7423	1575,9
8	0,14	0,14	0,17	0,33	0,11	0,50	0,17	1,00	0,20	3,00	0,33	0,25	0,25	0,17	0,33	0,10	0,10	0,11	1,00	0,20	0,14	8,3	108,3	0,0809	348,0
9	0,33	0,33	0,50	3,00	0,20	4,00	0,50	5,00	1,00	7,00	3,00	2,00	2,00	0,50	3,00	0,17	0,17	0,20	5,00	1,00	0,33	39,2	41,8	0,9388	1639,7
10	0,11	0,11	0,13	0,20	0,09	0,33	0,13	0,33	0,14	1,00	0,20	0,17	0,17	0,13	0,20	0,08	0,08	0,09	0,33	0,14	0,11	4,3	148,0	0,0289	632,8
11	0,20	0,20	0,25	1,00	0,14	2,00	0,25	3,00	0,33	5,00	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	0,13	0,13	0,14	3,00	0,33	0,20	19,6	71,37	0,2740	1395,4
12	0,25	0,25	0,33	2,00	0,17	3,00	0,33	4,00	0,50	6,00	2,00	1,00	1,00	0,33	2,00	0,14	0,14	0,17	4,00	0,50	0,25	28,4	65,50	0,5112	1574,5
13	0,25	0,25	0,33	2,00	0,17	3,00	0,33	4,00	0,50	6,00	2,00	1,00	1,00	0,33	2,00	0,14	0,14	0,17	4,00	0,50	0,25	28,4	65,50	0,5112	1574,5
14	0,50	0,50	1,00	4,00	0,25	5,00	1,00	6,00	2,00	8,00	4,00	3,00	3,00	1,00	4,00	0,20	0,20	0,25	6,00	2,00	0,50	52,4	30,08	1,7423	1575,9
15	0,20	0,20	0,25	1,00	0,14	2,00	0,25	3,00	0,33	5,00	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	0,13	0,13	0,14	3,00	0,33	0,20	19,6	71,37	0,2740	1395,4
16	4,00	4,00	5,00	8,00	2,00	9,00	5,00	10,00	6,00	12,00	8,00	7,00	7,00	5,00	8,00	1,00	1,00	2,00	10,00	6,00	4,00	124,0	5,74	21,6085	711,6
17	4,00	4,00	5,00	8,00	2,00	9,00	5,00	10,00	6,00	12,00	8,00	7,00	7,00	5,00	8,00	1,00	1,00	2,00	10,00	6,00	4,00	124,0	5,74	21,6085	711,6
18	3,00	3,00	4,00	7,00	1,00	8,00	4,00	9,00	5,00	11,00	7,00	6,00	6,00	4,00	7,00	0,50	0,50	1,00	9,00	5,00	3,00	104,0	9,35	11,230	972,4
19	0,14	0,14	0,17	0,33	0,11	1,00	0,17	1,00	0,20	3,00	0,33	0,25	0,25	0,17	0,33	0,10	0,10	0,11	1,00	0,20	0,14	3,3	107,33	0,0862	392,9
20	0,33	0,33	0,50	3,00	0,20	4,00	0,50	5,00	1,00	7,00	3,00	2,00	2,00	0,50	3,00	0,17	0,17	0,20	5,00	1,00	0,33	39,2	41,79	0,9388	1639,7
21	1,00	1,00	2,00	5,00	0,33	6,00	2,00	7,00	3,00	9,00	5,00	4,00	4,00	2,00	5,00	0,25	0,25	0,33	7,00	3,00	1,00	68,2	20,83	3,2725	1419,9
FS	20,83	20,83	30,08	71,37	9,35	89,83	30,08	108,33	41,79	148,00	71,37	55,50	55,50	30,08	71,37	5,74	5,74	9,35	107,33	41,79	20,83	Y	X		

Figura 5-17 – Matriz de variável utilizada nas notas atribuídas aos indicadores.

De acordo com os cálculos da Matriz, foi gerado um gráfico do comportamento das variáveis no sistema conforme ilustrada na figura 5.18.

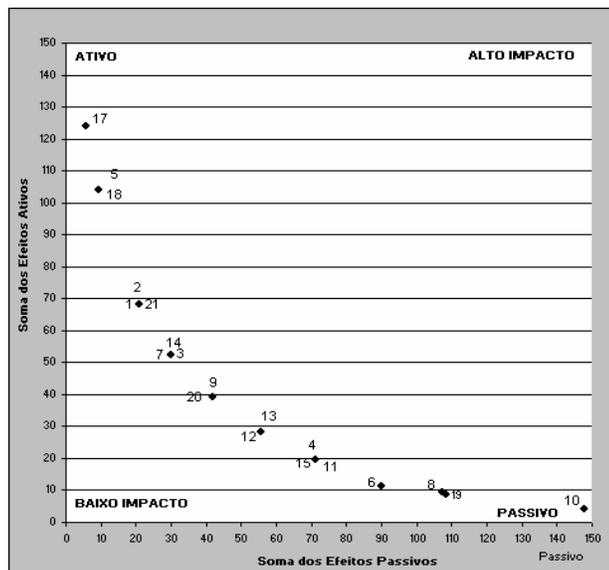


Figura 5-18 – Gráfico do comportamento das variáveis.

De acordo com o gráfico, o método de Vester identificou como ativos no sistema os indicadores 5 (Descarga de DBO), 17 (Qualidade da água tratada) e 18 (Enchente). Conforme mencionado no item 4.5.5 do capítulo 4, as variáveis ativas são as mais apropriadas para o controle do sistema. Apesar destes indicadores serem bastante relevantes na avaliação, uma vez que os indicadores 5 e 17 estão ligados à qualidade da água e o indicador 18 está ligado ao sistema de drenagem, apenas o uso destes indicadores não é suficientemente abrangente para avaliar todos os aspectos importantes no sistema de águas urbanas.

Assim como aconteceu no exemplo apresentado no quarto capítulo, em relação ao método

cibernético modificado de Vester, as dúvidas sobre o limite entre as classes e a região neutra permaneceram, gerando então, um resultado gráfico inconsistente. Desta forma, não foi possível eliminar os indicadores neutros do sistema por meio do método cibernético modificado de Vester.

5.2.4 Determinação dos critérios de avaliação

Como no tópico anterior, todos os indicadores foram considerados importantes para a avaliação do projeto, nenhum indicador foi eliminado. Assim, outra abordagem foi necessária para determinar os critérios de avaliação.

As premissas representam um ponto importante nesta etapa, pois estabelecem os passos necessários para a determinação dos critérios. Conforme o PMBOK (Project Management Body of Knowledge, 2004), as premissas são fatores que, para fins de planejamento, são considerados verdadeiros, reais ou certos, sem provas ou demonstração, servindo de base ao raciocínio ou ao estudo. Deste modo, os critérios de avaliação serão determinados conforme as seguintes premissas:

- Primeiramente, os grupos devem ser determinados em função do objetivo proposto do trabalho e da configuração da Rede de Controle;
- Posteriormente, os nove critérios de avaliação deverão ser determinados em função dos grupos.

Sendo assim, a determinação dos grupos será baseada no objetivo da avaliação e na configuração da Rede de Controle. Isso posto, o objetivo do trabalho é avaliar um projeto de desenvolvimento urbano com relação à sustentabilidade do sistema de águas urbanas. A Rede de Controle é a representação gráfica da base de cálculo na qual o analista introduz os critérios e cenários para a avaliação. Deste modo, no modelo *AUrb/ANP*, a Rede de Controle é limitada em quatro grupos, sendo três grupos reservados para os nove critérios de avaliação, conforme descrito no item 5.1.2 deste capítulo.

Desta forma, os grupos da Rede de Controle foram determinados da seguinte forma: o primeiro grupo foi denominado como Sustentabilidade e o segundo e o terceiro grupo foram denominados como Águas Urbanas e Características das Águas, respectivamente.

Para a determinação dos critérios de avaliação, levou-se em consideração o conceito geral de

cada grupo. No primeiro grupo, o conceito geral de sustentabilidade, conforme citado no capítulo 4, está apoiado em três fatores distintos mutuamente interdependentes, quais sejam: os fatores ambiental, social e econômico. No segundo grupo, denominado Sistemas de Águas Urbanas, os critérios foram estabelecidos conforme o conceito geral do tema, que compreende todos os usos da água, como: abastecimento, esgotamento e drenagem. No terceiro grupo, denominado de Características das Águas, foram estabelecidos os critérios de quantidade, qualidade e alteração de regime, que são considerados fatores importantes para caracterização das águas. Assim, os critérios foram distribuídos conforme tabela 5.9.

Vale ressaltar que os resíduos sólidos não foram considerados diretamente como critério neste trabalho, visto que o enfoque da avaliação buscou avaliar apenas os aspectos relacionados a sustentabilidade do sistema de águas urbanas.

Tabela 5-9 – Critérios de avaliação estabelecidos

Grupo 1 – Sustentabilidade	
1.1	Ambiental
1.2	Econômico
1.3	Social
Grupo 2 – Águas Urbanas	
2.1	Abastecimento
2.2	Esgotamento
2.3	Drenagem
Grupo 3 – Característica das águas	
3.1	Qualidade
3.2	Quantidade
3.3	Alteração de Regime

5.3 Modelo modificado AUrb/ANP

Após a determinação dos critérios de avaliação, a Rede de Controle do método modificado *AUrb/ANP* é apresentada conforme ilustrado na figura 5.19.

REDE DE CONTROLE - AUrb/ANP

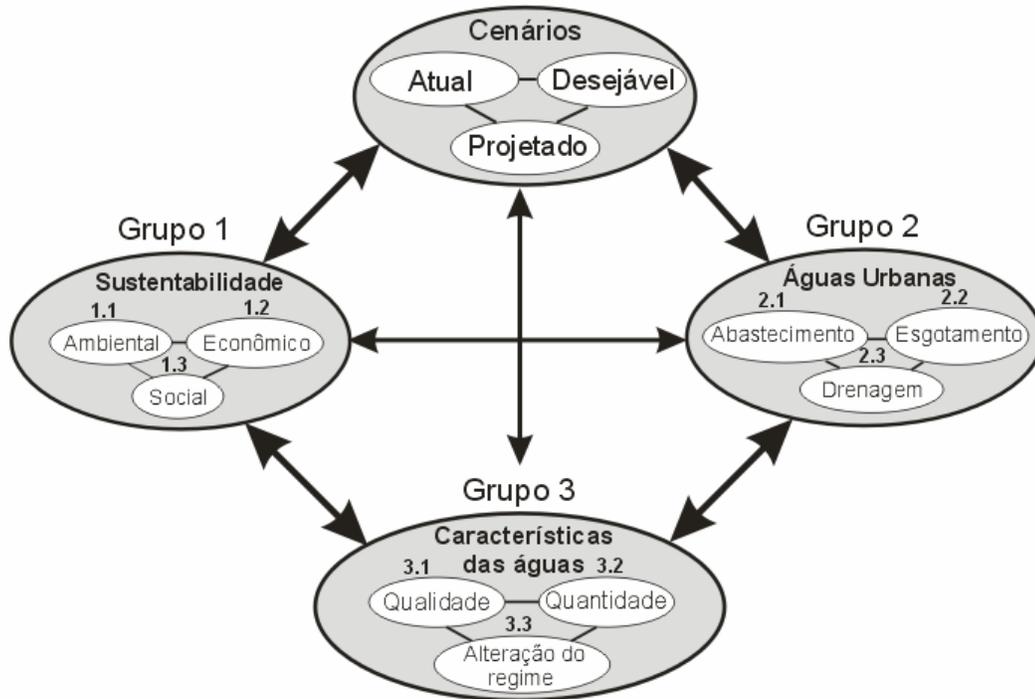


Figura 5-19 – Rede de Controle com os critérios de avaliação definidos.

Apesar do método modificado *AUrb/ANP* e dos critérios de avaliação determinados terem como objetivo a avaliação global ou a análise preliminar do empreendimento, o analista pode optar por julgar cada critério de avaliação por um conjunto de indicadores, caso o projeto a ser avaliado possua informações suficientemente disponíveis.

Deste modo, para orientar o analista, os 21 indicadores selecionados anteriormente foram associados aos critérios correlatos, porém, devido às interações envolvidas neste tema, existem diferentes interpretações para essa associação. Assim, foi elaborada uma tabela com os indicadores dispostos à esquerda e os critérios à direita, conforme ilustrado na tabela 5.10. Por exemplo: O indicador uso de água potável, por exemplo, é facilmente associado aos critérios 2.1 (Abastecimento), 3.1 (Qualidade) e 3.2 (Quantidade).

Tabela 5-10 – Lista dos 21 indicadores associados aos critérios

Item	Indicadores Selecionados	Critérios			
1	Uso de água potável	2.1	3.1	3.2	
2	Descarga de Nitrogênio na água	3.1	2.2		
3	Descarga Fósforo na água	3.1	2.2		
4	Descarga de Sólido Suspensos Totais SST	3.1	2.2		
5	Descarga de Demanda Bioquímica de Oxigênio DBO	2.2	3.1		
6	Geração de esgoto	2.2	3.2		
7	Geração de água de chuva	3.3	3.2		
8	Odor	1.1	2.2	3.1	
9	Água reciclada	2.2	2.3	3.2	
10	Custo total de infra estrutura	1.2			
11	Custo de manutenção e operação	1.2			
12	Desenvolvimento do local	1.2	1.3		
13	Aceitação social/ conveniência	1.1	1.3		
14	Aceitabilidade legal	1.3	2.1	2.2	2.3
15	Provisão de espaços abertos no ambiente urbano	1.3	2.3		
16	Risco de contaminação	2.1	2.2	2.3	3.1
17	Qualidade de água tratada	2.1	3.1		
18	Enchente	2.3	3.2	3.3	
19	Paisagem	1.1	2.3		
20	Durabilidade/ vida útil	2.1	2.2	2.3	
21	Compatibilidade com sistemas existentes	2.1	2.2	2.3	

Deste modo, o critério econômico (1.2), por exemplo, pode ser analisado pelos seguintes indicadores: custo total de infra-estrutura, custo de manutenção e operação, e desenvolvimento local. Porém, deve-se ressaltar que, quanto maior for a agregação dos indicadores em cada critério de avaliação, menor será representatividade deles no sistema.

Cabe salientar ainda que, a lista sobre a associação entre os indicadores e critérios é apenas uma sugestão, podendo o analista utilizar outros indicadores na avaliação de um projeto, caso possua informações relevantes. No capítulo 6, são estabelecidos os indicadores utilizados em cada critério de avaliação no estudo de caso do Centro Administrativo de Minas Gerais (CAMG).

5.4 Definição da Sistemática de avaliação

Para subsidiar o processo de avaliação, bem como a operacionalidade do modelo *AUrb/ANP*, foi estabelecida uma sistemática de avaliação dividida em cinco etapas conforme o fluxograma disposto na figura 5.20.

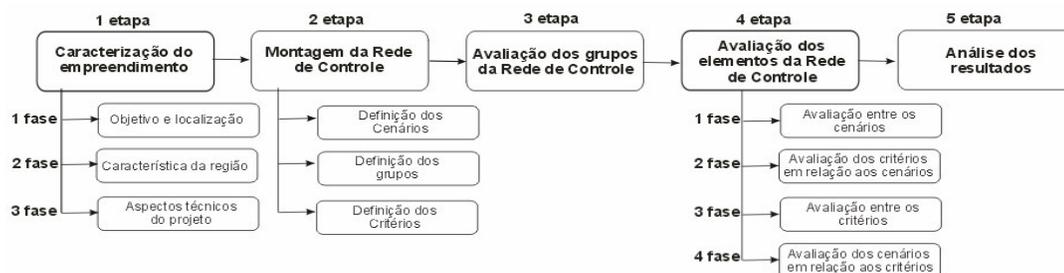


Figura 5-20 – Fluxograma da Sistemática de Avaliação.

A primeira etapa da sistemática de avaliação objetiva caracterizar o empreendimento através das informações disponíveis do projeto e da região. Esta etapa é dividida em três fases que têm como objetivo coletar as informações disponíveis sobre a localização, a região e o projeto. Vale lembrar que, como esta fase depende unicamente de informações, quanto mais informações relevantes forem coletadas, melhor o projeto será caracterizado e, conseqüentemente, mais consistente será a avaliação.

A segunda etapa denominada de Montagem da Rede de Controle é dividida em três fases. Na primeira fase, o analista define os cenários de referência nos quais o projeto será comparado, baseado no objetivo da avaliação, nas características do projeto e da região. Nesta fase, o modelo AUrb/ANP sugere a comparação do cenário projetado aos cenários atual e desejável, caso a implantação do projeto esteja localizada em área urbanizada. Entretanto, dependendo das características da região e do objetivo da avaliação, o analista pode definir como referência outros tipos de cenários. Por exemplo, no caso da implantação do projeto em área ainda não urbanizada, o analista pode definir como comparação o cenário desejável como sendo aquele que atenda às condições necessárias para causar o menor impacto possível na região e estabelecer como referência no impacto causado o cenário natural. Na segunda e terceira fases desta etapa, o analista deve estabelecer, de acordo com proposta de sua análise, os grupos e critérios de avaliação para finalizar a montagem da Rede de Controle, lembrando que o modelo AUrb/ANP disponibiliza a combinação de até três grupos e nove critérios de avaliação.

Depois de estabelecidas as características do projeto e montado a Rede de Controle, o analista inicia a análise com a avaliação dos grupos na terceira etapa. A comparação entre os grupos é uma etapa importante, pois permite estabilizar os pesos dos elementos na supermatriz do sistema.

Dividida em quatro fases, a quarta etapa consiste nas comparações dos elementos da Rede de Controle que é composta por cenários e critérios de avaliação. Nesta etapa, todas as possibilidades de avaliação entre os elementos são analisadas por meio da interface em forma de questionário apresentado em uma seqüência lógica no modelo *AUrb/ANP*.

A quinta etapa consiste na análise do diagnóstico da avaliação gerada pelo conjunto de gráficos do modelo. Diante do diagnóstico apresentado é possível identificar os pontos mais críticos do projeto permitindo suscitar alterações no projeto de forma que o cenário projetado possa melhorar sua posição em relação ao cenário desejável. Com base nas sugestões de alteração, uma nova avaliação do projeto é realizada a fim de observar quanto o projeto melhorou em relação ao cenário de referência.

5.5 Considerações finais

Neste capítulo foi apresentada a metodologia para a elaboração de um método de avaliação global de um empreendimento urbano com relação às suas águas. Inicialmente, na primeira etapa, foram descritas as fases de desenvolvimento do modelo de avaliação baseados no método multicriterial ANP em planilha eletrônica Excel intitulado como modelo *AUrb/ANP*. Posteriormente, na segunda etapa, foi realizada uma tentativa de determinar os critérios de avaliação baseado em uma lista de indicadores, selecionados por meio de consultas a profissionais e do método cibernético modificado de Vester.

Na segunda etapa, não foi possível determinar os critérios de avaliação a partir da lista de indicadores, conforme metodologia proposta, uma vez que os resultados não foram conclusivos. Assim, o próximo capítulo, apresenta o estudo de caso do Centro Administrativo de Minas Gerais (CAMG) com o uso do modelo *AUrb/ANP* agregando nos critérios de avaliação os aspectos mais relevantes para a avaliação do empreendimento. O segundo estudo de caso, apresentado no sétimo capítulo, os critérios de avaliação e indicadores utilizados são diferentes dos apresentados neste capítulo, visto que são provenientes de outro trabalho.

6 APLICAÇÃO DA SISTEMÁTICA DE AVALIAÇÃO – ESTUDO CAMG

Para consolidar a metodologia desenvolvida neste trabalho, o presente capítulo objetiva avaliar do Centro Administrativo de Minas Gerais (CAMG) sob o aspecto geral de águas urbanas utilizando o modelo *AUrb/ANP*, pela sistemática de avaliação aqui estabelecida.

Seguindo as etapas definidas na sistemática de avaliação, primeiramente, são apresentadas as características do empreendimento, como: objetivo, localização, características da região e aspectos técnicos do projeto. Posteriormente, são apresentados e definidos os cenários em que o projeto será comparado. Finalmente, é realizada a avaliação do CAMG, apresentando, em seguida, os resultados e as sugestões para a melhoria do empreendimento.

6.1 Caracterização do Empreendimento

6.1.1 Objetivo e localização do CAMG

O Centro Administrativo de Minas Gerais, ilustrado na figura 6.1, é um empreendimento do Governo do Estado de Minas Gerais que tem como objetivo alavancar o desenvolvimento da região norte de Belo Horizonte e municípios vizinhos melhorando a infra-estrutura, qualidade de vida e oferta de oportunidades de trabalho, bem como aumentar a eficiência na prestação do serviço público com a unificação das secretarias em um mesmo local e, conseqüentemente, reduzir as despesas da máquina governamental.



Figura 6-1 – Visão geral do projeto do CAMG (SEPLAC- 2006).

O projeto do Centro Administrativo do Estado de Minas Gerais definiu como local para implantação do empreendimento a área do Hipódromo Serra Verde, localizado na Regional

Venda Nova, no Norte do Município de Belo Horizonte, junto à divisa dos municípios de Vespasiano e Santa Luzia. A área possui cerca de 93ha, e ocupa o alto da Bacia do Córrego Floresta, conforme ilustrado na figura 6.2, partindo da MG-10 (Rodovia Prefeito Américo Gianetti) em direção ao Morro Alto, pela Avenida Nosso Senhor do Bonfim, margeando o Distrito Industrial Norte e seguindo paralela entre a MG-10, que é o principal eixo articulador viário do Vetor Norte da Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), dando acesso a diversos municípios que a compõem.



Figura 6-2 – Planta de localização da bacia do Córrego Floresta em Belo Horizonte.

O terreno está inserido no bairro Serra Verde, sendo circundado pelos bairros Nova Pampulha e Morro Alto de Vespasiano e São Benedito, de Santa Luzia.



Figura 6-3 – Localização do CAMG (SEPLAG, 2006)

6.1.2 Características da região

Para a caracterização da região, foram consultados os dados provenientes dos seguintes relatórios: Metodologia Adotada nos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos (DRENURBS, 2004b), Diagnóstico Sanitário e Ambiental (DRENURBS, 2003), Modelação Hidráulica e Hidrológica Aplicada à Bacia do Córrego Floresta (DRENURBS, 2007), Estudos de Viabilidade Técnica da Bacia do Córrego Floresta (DRENURBS, 2004a) bem como o Relatório de Impacto Ambiental do CAMG desenvolvido pela empresa de consultoria Lume Estratégia Ambiental para a Secretaria de Estado e Planejamento e Gestão (SEPLAG, 2006).

O projeto do CAMG está contido na área da bacia elementar do córrego Floresta que apresenta com área total de aproximadamente 7,9 Km² com o talvegue principal de 6061 metros de extensão desde a nascente até a confluência com o ribeirão do Isidoro, afluente da margem esquerda do ribeirão da Onça que, por sua vez, deságua no rio das Velhas, no Município de Santa Luzia.

Para melhor caracterização da região, a bacia do córrego Floresta intitulada de Bacia Elementar do Córrego Floresta (cód.:4140300) pelo relatório de Diagnóstico Sanitário e Ambiental desenvolvido pelo programa DRENURBS é composta pelas sub-bacias dos córregos Floresta (cód.:4140301), córrego Lagoa do Mota (cód.:4140302) e (cód.:4140303), córrego Jaqueline (cód.:4140304) e Córrego da Avenida B (cód.:4140305) conforme figura 6.4.

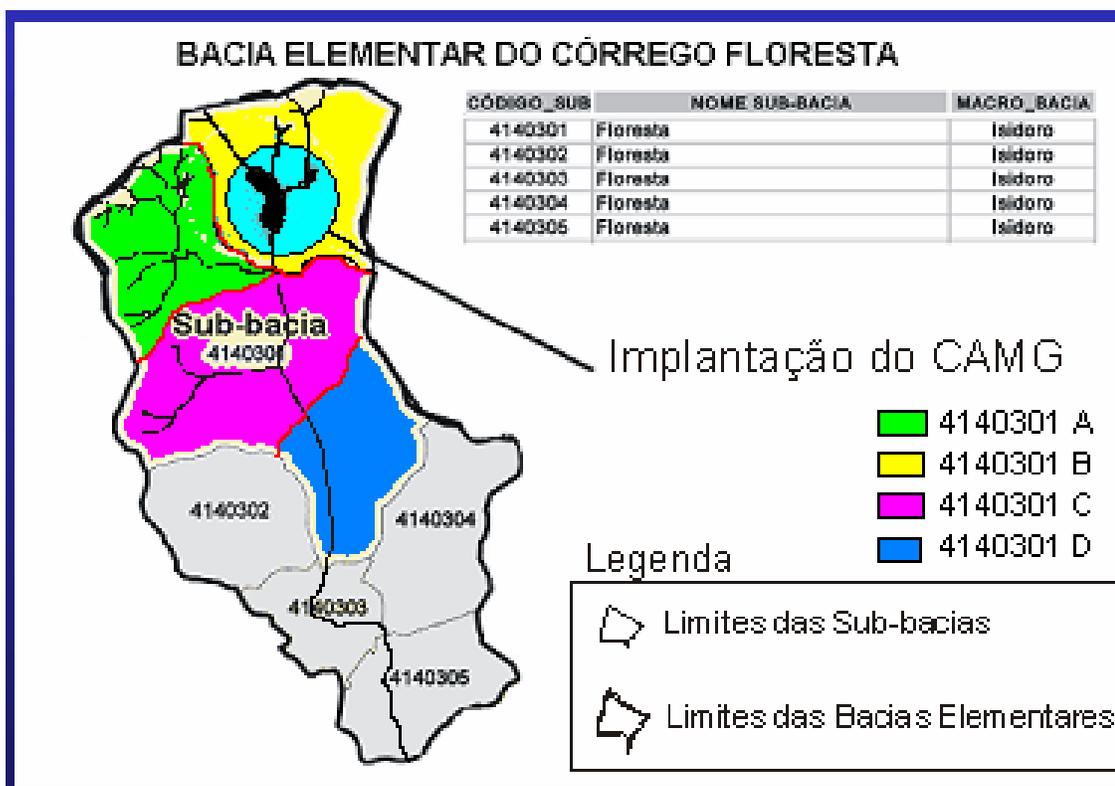


Figura 6-4 – Bacia elementar do córrego Floresta com as limitações das áreas das sub-bacias e o local de implantação do projeto CAMG (adaptada do DRENURBS, 2003).

Grande parte da bacia do córrego Floresta é ocupada e está inserida na área ZAR-2 (Zona de Adensamento Restrito) em que as condições de infra-estrutura e as topográficas ou a articulação viária exigem a restrição da ocupação.. As áreas referentes ao Jockey Clube Serra Verde e adjacências pertencem à zona ZEIS-2 (Zona de Especial Interesse Social) sendo uma região subutilizada. A região Noroeste da bacia faz parte da zona ZPAM (Zona de Proteção Ambiental) com área de 0,785km² que se destina à preservação e à recuperação de ecossistemas e a zona ZP-1 (Zona de Proteção) com 0,273km² onde a região é predominantemente desocupada destinada à proteção ambiental e preservação do patrimônio histórico, cultural, arqueológico e sua ocupação é permitida mediante condições especiais.

Segundo dados do Censo Demográfico de 1991 realizado pelo IBGE, a população da bacia do córrego Floresta era 176.242 habitantes com crescimento demográfico elevado, na ordem de 21,72% ao ano, e com densidade aproximada de 36 hab./ha.

Conforme o relatório de impacto ambiental do Centro Administrativo de Minas Gerais (SEPLAG, 2006), a área urbanizada da região é caracterizada pelas edificações

predominantemente residenciais de baixo padrão de acabamento, com população de baixo poder aquisitivo, escolaridade e qualificação profissional.

Por ser uma região desprovida de infra-estrutura social, a população residente na área da bacia do córrego Floresta, em sua maioria absoluta, depende da infra-estrutura dos serviços públicos e não tem acesso a praças e parques bem como espaço social de lazer e esportes.

A cobertura vegetal da bacia do córrego Floresta consiste em solo exposto, campo, campo cerrado e mata densa, totalizando 47,7% do total da área com cobertura vegetal, sendo 37% desta área referente à vegetação de campo (Tabela 6.1).

Tabela 6-1 – Distribuição da característica do terreno identificadas na área da bacia (Fonte: Relatório de Diagnóstico Sanitário e Ambiental)

Córrego Floresta – Cód. Bacia 4140300		
De 790 ha de área total da Bacia, 3,77 km ² (47,7%) corresponde à área permeável		
Unidade de Mapeamento	Área Km ²	Porcentagem (%)
Solo Exposto	0,27	3,39
Campo/Savana Gramíneo Lenhosa	2,97	37,66
Campo Cerrado/Savana Arborizada	0,51	6,45
Mata Densa Subcaducifólia/ Floresta Estacional Semidecidual	0,022	0,28
Total	3,77	47,77

O entorno do local da implantação do CAMG apresenta terrenos com altas declividades, florestas, além de solos expostos com vários sulcos erosivos. Ao sul do terreno, no bairro Serra Verde, encontram-se construções de uso residencial e comercial. A sudoeste do terreno, há conjuntos habitacionais e áreas utilizadas para depósito de lixo e entulho, e a área a Oeste é marcada pela presença de uma grande área preservada.

O local da implantação do CAMG é caracterizado por solos permeáveis, semipermeáveis e impermeáveis. A área permeável é formada pela cobertura vegetal e totaliza 40ha, a área semipermeável formada por solo exposto consiste em 23,3ha e a área total impermeável formada pelas lagoas, brejos, vias, pátios pavimentados, arqui-bancadas e coberturas totalizam 14,9 ha.

O solo sobre formações rochosas constituídas genericamente por gnaisses e as alterações de rocha dessa origem (solos saprolíticos) que são extremamente vulneráveis à ação das águas da

superfície e internas do maciço. O solo tem características areno-argilosas e o índice de impermeabilização da bacia apresentava 48,59% em 1999, com projeção de 51,27% em 2020.

O córrego Floresta apresenta margens estáveis, porém, a ocupação urbana de maneira irregular nos arredores das margens, leva a processos de erosão, principalmente na margem esquerda. De modo geral, as encostas das margens são constituídas por solo residual areno-argiloso, vulnerável à ação das águas de superfície e do córrego.

Quanto ao abastecimento de água da bacia, a infra-estrutura é satisfatória sendo atendida pela COPASA, com cobertura de 98% do total. O sistema de coleta de esgoto atende a 96,2% da área urbanizada, com aproximadamente 60135m de redes coletoras de esgotos, não existindo interceptores, elevatórias, sifões ou estação de tratamento apresentam boas condições de funcionamento. Entretanto, segundo a SEPLAG (2006), o esgoto da COPASA é lançado diretamente ao longo de todo o córrego em 23 pontos, considerando os lançamentos realizados pelas moradias localizadas às margens do córrego.

Com relação à dinâmica das cheias e ocorrência de inundações, a bacia elementar do córrego Floresta possui três áreas com problemas de inundação, sendo um ponto localizado na sub-bacia do córrego Floresta (4140301) onde está prevista a implantação do CAMG. O sistema de drenagem implantado, assim como algumas intervenções estruturais para transposição dos córregos, têm como principais trechos com canal aberto em leito natural, bueiros (2 ϕ 800mm) e rede tubular (3 ϕ 1200mm) e respondem como causas de inundação de áreas marginais periodicamente, uma vez que os resultados dos estudos indicaram que as estruturas estão dimensionadas para períodos de retorno inferiores a dois anos. Por outro lado, a planície de inundação da sub-bacia do córrego Floresta, além de não ser urbanizada, conta com a existência de lagos localizados na área do Hipódromo Serra Verde, o que garante bom amortecimento das cheias.

Com relação às nascentes, no local da implantação do CAMG, há ocorrências ao norte e surgências nas bordas leste, nordeste e noroeste no entorno da área. A nordeste está localizada a nascente principal e a leste e noroeste, encontram conjuntos de surgências que apresentam características difusas formando a zona de brejo que domina toda a área de montante da lagoa menor.

6.1.3 Aspectos técnicos do projeto

A caracterização do projeto do CAMG foi baseada no memorial descritivo do Centro Administrativo de Minas Gerais executado pela Engesolo (2005), no Parecer da Análise do Processo de Licença de Instalação elaborado pela Superintendência da Região Central Metropolitana de Meio Ambiente (SUPRAM, 2007) e no Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), elaborado pela empresa de consultoria LUME (2006).

A proposta urbanística do projeto CAMG prevê a ocupação total de 93ha com a implantação de um complexo de seis edifícios, sendo um para o Palácio do Governo com quatro andares sobre pilotis, dois para as Secretarias de Estado contendo quinze andares, um Auditório contendo dois andares, um Centro de Convivência com três pavimentos e um Prédio de Serviços com dois pavimentos.

As vias serão executadas com pavimentação asfáltica em concreto betuminoso usinado a quente para as pistas internas do empreendimento e áreas dos estacionamentos com previsão para 4900 vagas. Haverá um novo espelho d'água, áreas abertas compostas por vegetação natural, gramados e a conservação das nascentes da Lagoa Maior e do córrego Floresta, conforme ilustrado na figura 6.5.

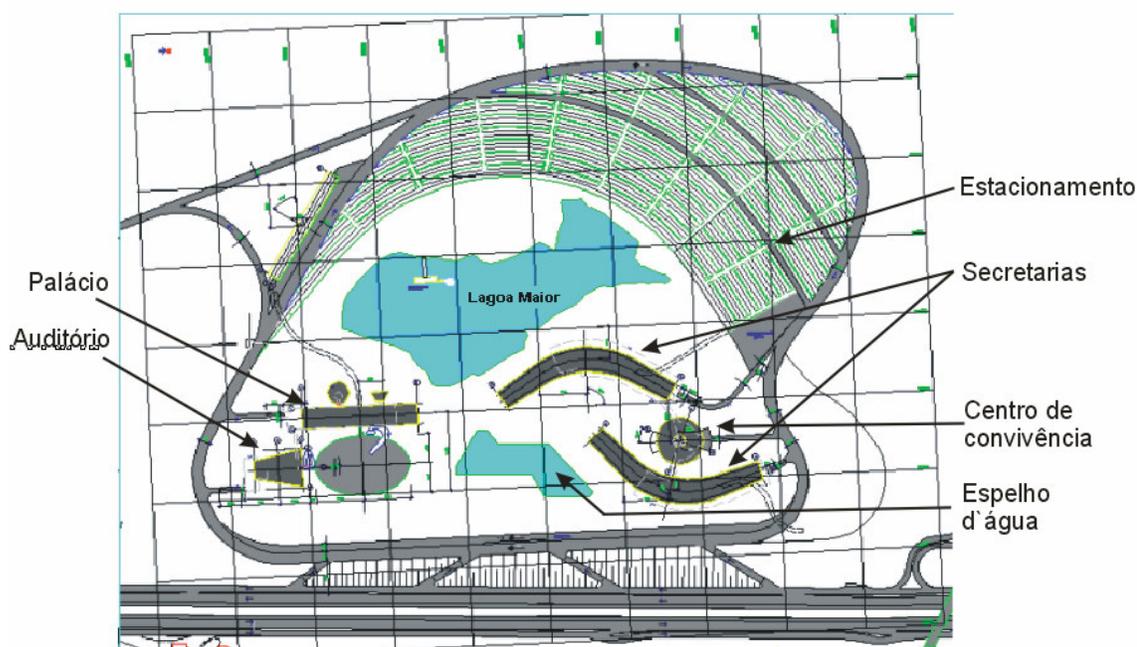


Figura 6-5- Vista geral do projeto do CAMG (Fonte: RIMA, 2006).

empreendimento haverá 38,8% de áreas impermeáveis e 61,20% de área permeável no local da implantação. Com relação à vegetação, foi constatado que o projeto vai aumentar para 39,48% a área antropizada e diminuir para 59,90% as áreas distribuídas em capineira e pastos, permanecendo inalterada a área de 0,62% de floresta. Porém, 2,27% da área suprimida estão classificadas como Área de Preservação Permanente (APP). Estão previstas medidas mitigadoras no Plano de Controle Ambiental (PCA), com a implantação do Parque Serra Verde, do Plano de Revegetação e Reflorestamento e da criação do parque Linear Córrego Floresta. As áreas livres serão vegetadas e funcionarão como áreas de preservação.

A implantação do CAMG trará melhoria significativa para a região sob o aspecto econômico e social. Com relação ao aspecto econômico, a melhoria na infra-estrutura urbana tende a ocasionar o aumento da demanda por moradias, escolas, hospitais, fazendo aumentar também o número de empreendimentos voltados ao comércio e prestação de serviços e, conseqüentemente, à valorização a região. Ações aplicadas na valorização do patrimônio local (Programa de Educação Ambiental e Patrimonial) e de incentivo ao convívio com a comunidade (Programa de Apoio ao Desenvolvimento da Cultura, Lazer e Interação Social) juntamente à implantação do Parque Serra Verde e do Parque Linear do Córrego Floresta, trarão benefícios significativos à região sob o aspecto social.

Quanto ao sistema de abastecimento de água, o CAMG será alimentado somente pelo fornecimento de água da COPASA, que vai adequar a infra-estrutura de abastecimento com a construção de uma adutora exclusiva, por derivação do Reservatório Nova Pampulha que está em fase de ampliação para atender a nova demanda.

O sistema de esgotamento sanitário será composto por rede coletora com funcionamento por gravidade e sofrerá adequação com a implantação do interceptor do córrego Floresta, que receberá, além das contribuições do CAMG, também as contribuições de todas as redes coletoras existentes, conduzindo os esgotos ao interceptor do ribeirão Isidoro e daí para tratamento na ETE Onça, recentemente inaugurada. Será necessária à construção de uma estação elevatória para transpor a rodovia MG-10. Nas edificações, o projeto prevê o reuso da água dos lavatórios nos vasos sanitários. O reaproveitamento do efluente gerado nos lavatórios associado com sanitários a vácuo, que consomem apenas 10% do volume normal, diminuirá consideravelmente o volume de efluentes gerados pelo empreendimento.

A macro drenagem será realizada por meio de galerias independentes que levarão as águas

pluviais até a Lagoa Maior, exceto pela drenagem da via MG 10, que será realizada no sentido longitudinal e lançado no córrego a jusante do CAMG, desviando da Lagoa Maior o efluente poluído.

A Lagoa Maior será mantida e funcionará como elemento de composição paisagística. Com o objetivo de alterar de classe 3 de para a classe 1 o enquadramento do córrego Floresta, será melhorada a qualidade da água da Lagoa Maior com a instalação de uma estação de tratamento de efluentes (ETE) que irá tratar parte das águas pluviais drenadas do estacionamento e das vias internas do projeto. A Lagoa Menor será substituída por um espelho de água abastecido pela Lagoa Maior por sistema de bombeamento.

Quanto aos dispositivos de drenagem adotados (padrão SUDECAP), calculados para um período de retorno $T=5$ anos, estão previstos:

- Sarjetas tipo B, em todas as vias internas do empreendimento, com largura de 50cm.
- Bocas-de-lobo, tipo B (Concreto) com grelha.
- Ramais de ligação em tubos de concreto DN 400mm interligando as bocas de lobo aos poços de visita assentados sobre berços de concreto.
- Poços de visita e caixas de passagem, em concreto com ou sem degraus com tampões de ferro fundido.
- Galerias tubulares, executadas em tubos de concreto, DN 600mm a 1500mm sobre berços de concreto.
- Valetas em terra com seção trapezoidal para drenagem de áreas externas.
- Estrutura tipo escada para descida de água
- Alas de galerias tubulares
- Trincheiras para drenagens sub-superficiais com brita e seção de 0,50x0,30cm com extensão total de 2000m entre as edificações.

Devido ao aumento da área impermeável, o coeficiente de deflúvio superficial teve aumento de 13%. Apesar das informações de drenagem local estarem detalhadas, nenhuma informação específica foi apresentada no projeto para compensar o aumento do deflúvio superficial advindo da impermeabilização da área, bem como a solução do problema de inundação na área residencial que já ocorre à jusante do CAMG.

6.2 Montagem da Rede de Controle

6.2.1 Definição dos cenários de avaliação

Partindo do fato que a área do projeto a ser avaliada já é urbanizada, a intervenção causada pela implantação do CAMG pode melhorar ou piorar a região sob o aspecto de águas urbanas. Porém, mesmo que a implantação do CAMG impacte positivamente a região, o projeto pode não atender às melhores configurações, se comparado a uma situação desejável. Portanto, para realizar esta avaliação, é necessário primeiro estabelecer um conceito de cenário desejável. Cabe salientar que, apesar de o cenário desejável ser uma caracterização fictícia, porém plausível da melhor situação identificada pelo analista por meio das informações disponíveis, o cenário desejável pode ter diferentes interpretações. Neste estudo de caso, a tabela 6.2 apresenta a definição atribuída ao cenário desejável.

Tabela 6-2 – Definição dos cenários

1	Cenário Desejável	Representa o melhor equilíbrio entre as características do projeto e da região, visando combinar a implantação do empreendimento com a recuperação das características originais da região
2	Cenário Projetado	Representa as características do projeto avaliado
3	Cenário Atual	É um retrato da região no momento da implantação do projeto

6.2.2 Definição dos grupos e critérios de avaliação

Como este estudo de caso visa aplicar a sistemática de avaliação, serão utilizados os grupos e critérios de avaliação definidos no desenvolvimento metodológico do capítulo anterior reproduzidos na figura 6.6.

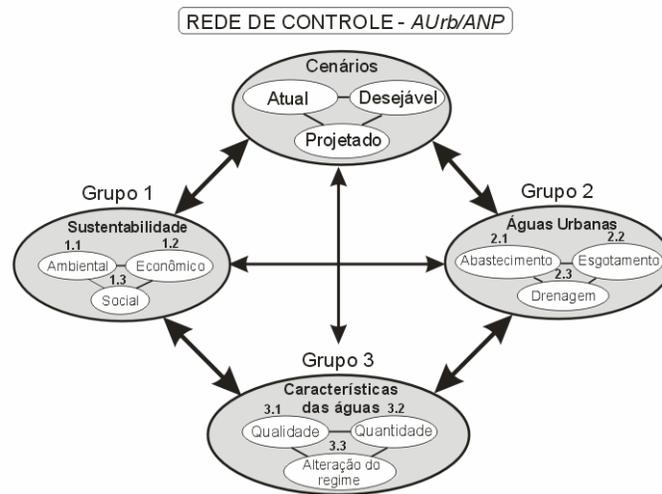


Figura 6-6 – Grupos e critérios de avaliação.

Nesta fase, conforme descrito no quinto capítulo, são apresentados, em cada critério da rede de controle, os aspectos considerados mais relevantes para a avaliação do empreendimento. A definição destes aspectos teve como base a lista sugerida dos 21 indicadores associados aos critérios de avaliação, apresentada na tabela 5.10, bem como as informações do projeto do CAMG. Desta forma, os indicadores apresentados neste momento não são exatamente iguais aos indicadores sugeridos no quinto capítulo. Assim, para cada critério, alguns indicadores foram extraídos da tabela 5.10 e outros foram introduzidos por serem considerados relevantes para avaliação, do CAMG.

Critérios do Grupo 1 – Sustentabilidade

Ambiental (1.1) – Foram considerados pertinentes à avaliação deste critério os seguintes indicadores: área permeável do projeto, preservação e a recuperação da vegetação, proteção de nascentes e preservação do córrego Floresta.

Econômico (1.2) – Esse critério tem com objetivo avaliar o empreendimento sob os seguintes indicadores: custos envolvidos na implantação e manutenção do sistema de águas urbanas, valorização econômica da região e a perspectiva futura do crescimento de investimentos para a infra-estrutura local.

Social (1.3) – Avalia o empreendimento sob os aspectos sociais ligados aos sistemas de águas urbanas com os indicadores: provisão de espaços abertos, criação de praças e parques, melhoria da conveniência social na região.

Critérios do Grupo 2 – Águas Urbanas

Abastecimento (2.1) – Para avaliação deste critério, foi considerada importante a verificação dos seguintes indicadores: porcentagem da área urbanizada atendida pelo sistema de abastecimento na região, se a ETA comporta o aumento da demanda de consumo de água com a implantação do CAMG, se existe alternativa de abastecimento e se o projeto prevê seu uso.

Esgotamento (2.2) – Neste critério, foi considerada relevante a avaliação dos seguintes indicadores: infra-estrutura do sistema de esgotamento com porcentagem da área urbanizada atendida na região, a capacidade de a ETE receber o aumento de volume de efluente gerado, verificar se o projeto prevê o uso de dispositivos que permitam o reúso do efluente gerado e o uso de dispositivos que minimizam o volume gerado de efluente.

Drenagem (2.3) – Esse critério avalia os seguintes indicadores: melhoria da infra-estrutura geral do sistema de drenagem na região, técnicas compensatórias utilizadas no projeto, uso de dispositivos que permitam o tratamento das águas pluviais bem como sua utilização.

Critérios do Grupo 3 – Características da águas

Qualidade (3.1) – A avaliação deste critério leva em consideração os seguintes indicadores: qualidade da água conforme padrões estabelecidos para os sistemas de abastecimento, esgotamento e drenagem e a qualidade das águas da Lagoa Maior e do córrego Floresta.

Quantidade (3.2) – Esse critério tem como objetivo avaliar: a capacidade do sistema de abastecimento do projeto minimizar o consumo da água potável; a capacidade de o sistema de esgotamento reduzir o volume de esgoto gerado pelo uso de instalações sanitárias de baixo consumo; a capacidade de o sistema de drenagem maximizar o volume de água pluvial armazenada e reutilizada.

Alteração de regime (3.3) – Os indicadores a serem analisados neste critério foram baseados nos dois indicadores propostos por Castro (2007). O primeiro indicador baseia-se na verificação da vazão de pico da área de projeto em relação à vazão que causaria inundação em área à jusante e à vazão de pico da área em situação natural. O segundo indicador verifica o período de retorno previsto para as estruturas constantes no sistema de drenagem que, além de não incrementar processos de inundação em áreas a jusante, deve proteger a área de projeto conforme períodos de retornos desejáveis. Para Castro (2007), a melhor situação é obtida

quando a vazão de pico prevista para o projeto em análise for igual à vazão de cheia na situação natural e, conseqüentemente, inferior à vazão que causaria inundação a jusante.

6.3 Avaliação dos grupos

A avaliação dos grupos representa a terceira etapa da sistemática de avaliação, quando se inicia o uso do modelo *AUrb/ANP* e é avaliada a importância de um grupo em relação ao outro. Neste caso, apesar de os três grupos serem importantes, foi considerada nesta avaliação que os grupos 2 e 3 são mais importantes que o grupo 1, devido ao fato de que estes grupos estão diretamente relacionados aos aspectos técnicos dos sistemas de águas urbanas.

Sendo assim, fazendo-se uso da terminologia usada no modelo *AUrb/ANP*, o grupo 1 (Sustentabilidade) tem *importância um pouco menor* em relação ao grupo 2 (Águas Urbanas) e ao grupo 3 (Características das Águas)

6.4 Avaliação dos elementos da Rede de Controle

Esta etapa é dividida em quatro fases e consiste na avaliação dos elementos da Rede de Controle. Deste modo, cada fase será comentada separadamente conforme descrito abaixo:

Fase 1 – Avaliação entre os cenários

Esta fase tem como objetivo avaliar o grau de importância de um cenário em relação ao outro. Conforme explicado no quarto capítulo, o método ANP possui uma característica intrínseca de comparar dois elementos em relação a um terceiro. Como o modelo disponibiliza três cenários, o modelo *AUrb/ANP* solicita a resposta de três análises através das seguintes perguntas:

- Primeira análise: Com relação ao cenário desejável, o cenário projetado tem qual importância sobre o cenário atual?
- Segunda análise: Com relação ao cenário projetado, o cenário desejável tem qual importância sobre o cenário atual?
- Terceira análise: Com relação ao cenário atual, o cenário desejável tem qual importância sobre o cenário projetado?

Neste caso, optou-se por não analisar estas questões, uma vez que foi considerado o mesmo grau de importância entre os cenários.

Fase 2 – Avaliação dos critérios em relação a cada cenário

Esta fase permite realizar a comparação entre os critérios de avaliação em relação a cada cenário. Desta forma, é possível atribuir grau de importância diferente na comparação dos mesmos critérios, conforme a característica de cada cenário. No caso da avaliação dos critérios em relação ao cenário atual, a análise se dará em função das informações disponíveis da região. Para o cenário projetado, as comparações entre os critérios será baseadas nos aspectos técnicos do projeto. Com relação ao cenário desejável, os critérios serão avaliados em função do cruzamento das informações entre a região e o projeto no qual esse cenário é caracterizado.

Cenário Atual – De posse das informações da região, os critérios são avaliados da seguinte forma: no cenário atual, o critério econômico é mais importante que os critérios ambiental e social, uma vez que a falta de investimento na região a região sofre com o processo de degradação ambiental e interrompe o processo de melhoria da infra-estrutura, como praças e parques, prejudicando também o aspecto social.

No que diz respeito ao sistema de águas urbanas, o sistema de abastecimento de água na região é mais importante que o sistema de esgotamento e drenagem, visto que o esgoto é lançado diretamente nos córregos e as falhas decorrentes do sistema de drenagem são algumas das principais causas dos problemas de inundações na região. No entanto, o sistema de esgotamento sanitário na região possui melhor infra-estrutura, se comparado ao sistema de drenagem.

Com relação aos critérios do terceiro grupo, o *critério qualidade da água* é mais importante que os critérios *quantidade de água* e *alteração de regime*, visto que o sistema de abastecimento da região, operado pela COPASA atende aos padrões mínimos de qualidade. Já os critérios de quantidade de água e alteração de regime não atendem satisfatoriamente os aspectos avaliados, uma vez que não foi encontrada nenhuma menção sobre a utilização de dispositivos que visem minimizar o consumo de água e o volume de esgoto gerado nem a utilização de dispositivos para armazenar a água pluvial.

Cenário Projetado – Com base nas informações do projeto, o cenário projetado aumenta a importância do *critério ambiental* em relação ao *critério econômico*, pois prevê o reflorestamento e a recuperação das áreas degradadas, apesar de os edifícios invadirem uma

parcela da área considerada de preservação permanente no projeto arquitetônico. Já o *critério social* é satisfatório, pois está prevista uma melhoria significativa com a criação de parques e espaços abertos.

Os sistemas de abastecimento e esgotamento são mais importantes que o *critério drenagem*, visto que estão previstas adequações nestes sistemas para atender o aumento da demanda e a adequada coleta de esgotamento sanitário. Já o sistema de drenagem não soluciona os problemas relativos aos pontos de inundação a jusante do empreendimento, de acordo com os dados de projeto.

No projeto, os critérios *qualidade e alteração de regime* são mais importantes que o critério *quantidade*, devido à proposta de melhorar a qualidade da água da lagoa e a utilização de período de retorno mais adequado para aumentar a eficiência do sistema de drenagem na área do projeto.

Cenário Desejável – Com base na definição deste cenário e nas informações da região e do projeto, o aspecto ambiental e social é mais importante que o aspecto econômico, porque a recuperação, a preservação ambiental e a criação de parque e espaços abertos devem ser prioridades na região, sendo essencial e perfeitamente factível para a região.

Os critérios *Abastecimento, Esgotamento, Drenagem, Qualidade e Quantidade* têm igual importância, visto que são critérios básicos e interdependentes que devem ser tratados de forma integrada, porém com a mesma importância. Já o critério *Alteração de Regime* é mais importante que o critério *Quantidade de Água* porque um evento de inundação pode trazer consequências catastróficas, se comparado aos impactos relativos ao reúso da água e instalações econômicas para consumo de água.

Fase 3 – Avaliação entre os critérios

Esta fase objetiva a comparação entre todos os critérios da Rede de Controle e contém o maior número de análises no modelo *AUrb/ANP*. Desta forma, optou-se por não apresentar individualmente a descrição das 44 comparações realizadas, entendendo-se que o mais importante é apresentar a premissa pela qual todos os critérios foram analisados.

Como as análises se darão somente entre os nove critérios, não tendo, portanto, os cenários como referência, esta fase pode ser avaliada de diferentes maneiras dependendo da

interpretação dada pelo analista. Deste modo, optou-se por realizar as comparações dos critérios levando em conta a seguinte premissa: os critérios serão comparados entre si, considerando suas condições normais de operação e não as condições reais. Sendo assim, podemos citar a seguir, por exemplo, algumas análises realizadas.

Em relação ao *critério Social*, é sabido que no Brasil, o *critério Abastecimento de água* é mais importante que o *critério Esgotamento*, uma vez que a população é mais bem atendida pelo sistema de abastecimento do que pelo sistema de esgotamento sanitário. Entretanto, nesta análise, estes critérios obtiveram o mesmo grau de importância, pois se entende que a população deveria ser atendida igualmente pelos dois sistemas.

Ainda com em relação ao *critério social*, o *critério Ambiental* foi analisado como sendo mais importante que o *critério Econômico*, pois já é sabido que investimentos na proteção ambiental proporcionam enormes economias, se comparado ao processo de recuperação ambiental, embora, na realidade, a sociedade atribua valor inverso à importância destes critérios.

Para esta fase, o modelo *AUrb/ANP* disponibiliza um gráfico de prioridades referente ao resultado das comparações realizadas entre os critérios. Esse gráfico será mostrado posteriormente, no final da avaliação do CAMG juntamente aos outros resultados.

Fase 4 – Avaliação dos cenários em relação a cada critério

Esta fase objetiva comparar os cenários atual, projetado e desejável em relação a cada critério de avaliação. Deste modo, para possibilitar as comparações desta fase, foi imprescindível descrever as características de cada cenário separadamente, de acordo com o critério em análise. Após a caracterização de cada cenário, será descrita a conclusão da análise no final de cada critério de avaliação.

Critério 1.1 – Ambiental

Cenário atual – De acordo com os aspectos de avaliação mencionados acima e com base nos dados referente à caracterização da região, foi identificado que o local em que constrói o CAMG apontou 19,05% de área impermeável, 51,15% de área permeável formada pela cobertura vegetal e 29,80% de área semipermeável formada por solo exposto. De forma geral, a vegetação encontra-se degradada com 25,28% da área total antropizada, 74% distribuída

entre áreas inundáveis, capineira, pastos e 0,62% de floresta. No local do projeto, existem algumas nascentes na borda leste, nordeste e noroeste com um conjunto de surgências que apresentam características de fontes difusas, formando a zona de brejo do terreno e a nascente principal localizada a montante da área do CAMG. As margens do córrego floresta estão degradadas devido ao processo predatório de ocupação, com uso indiscriminado das margens, bota-foras e ocupação urbana de forma irregular provocando assoreamento da calha e acarretando ativo processo de erosão.

Cenário projetado – Segundo os dados apresentados no memorial descritivo do projeto, após a implantação do empreendimento haverá 38,8% de áreas impermeáveis e 61,20% de área permeável. Com relação à vegetação foi constatado que o projeto vai aumentar de 25,28% para 39,48% a área antropizada e diminuir 74% para 59,90% as áreas distribuídas em capineira e pastos, permanecendo com 0,62% de área de floresta. Porém, 2,27% da área suprimida estão classificadas como Área de Preservação Permanente (APP) com previsão de implantar medidas mitigadoras no Plano de Controle Ambiental (PCA), ainda que não detalhadas como a implantação do Parque Serra Verde, do Plano de Revegetação e Reflorestamento e da criação do parque Linear Córrego Floresta e as nascentes serão protegidas.

Cenário desejável – O cenário desejável tem aumento de 7,9% de área permeável passando de 61,20% para 69,08%, por meio do pavimento poroso da área do estacionamento. Com relação à vegetação, não é suprimida nenhuma área da APP, o que aumenta em 2,27% de área original e toda vegetação degradada é recuperada e preservada. As nascentes são protegidas e as margens do córrego Floresta são recuperadas conforme as características naturais e preservadas.

De acordo com o exposto, após a implantação do projeto, a região vai melhorar em relação ao cenário atual, devido ao aumento de área permeável e à preservação da área de floresta, com os planos de reflorestamento, criação do Parque Serra Verde e do Parque Linear do Córrego Floresta. Porém, o cenário desejável é ainda melhor que o cenário projetado com relação ao aumento da área permeável e a preservação da vegetação na área de preservação permanente (APP).

Deste modo, adotando a terminologia do modelo *Aurb/ANP*, o cenário desejável tem *Importância pouco maior* que o cenário projetado e o cenário projetado tem *Importância*

muito maior sobre o cenário atual, conforme ilustrado na figura 6.7.

Com relação ao critério		Critério 1.1	
67	<input type="checkbox"/> cenário Desjável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	Importância pouco maior
68	<input type="checkbox"/> cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito menor

Figura 6-7 – Questionário de comparação do modelo AUrb/ANP.

Critério 1.2 – Econômico:

Cenário atual – Como a região é ocupada por classe mais desfavorecida e é predominantemente residencial, a região é desvalorizada devido ao baixo investimento em infra-estrutura, o que impede o crescimento econômico da região e, conseqüentemente, a perspectiva de investimentos. Com relação ao sistema de águas urbanas existente, foi constatado que o abastecimento atende de forma satisfatória a região com relação à infra-estrutura, o que indica que foram disponibilizados recursos financeiros suficientes tanto para implantação como para manutenção do sistema. Porém, apesar de o esgotamento também atender de forma satisfatória a população, o lançamento dos efluentes ainda é feito diretamente no córrego da região. Foi verificada também deficiência com relação ao investimento no sistema de drenagem, uma vez que a região apresenta pontos críticos de inundações.

Cenário projetado – A implantação de um empreendimento do porte do CAMG vai valorizar a região ocasionando aumento no grau de investimento, conseqüentemente, melhorando a perspectiva de crescimento econômico. Devido ao aumento da demanda no sistema de águas urbanas, será realizado investimento na região para adequar a infra-estrutura do sistema de abastecimento e esgotamento. Porém, não foram encontrados dados no projeto sobre investimentos com relação ao sistema de drenagem para resolver e prever as inundações a jusante da implantação do CAMG.

Cenário desejável – Com relação ao aspecto econômico, a região é bem valorizada devido aos investimentos na infra-estrutura local que, por sua vez, atrai mais investimentos criando perspectiva de crescimento econômico para a região. Com relação ao sistema de águas urbanas, são investidos recursos financeiros suficientes para atender de forma satisfatória os aspectos de abastecimento, esgotamento e drenagem, sobretudo com relação à adequação sobre o lançamento de efluentes sanitários no córrego e a solução de inundações em pontos críticos.

Cabe salientar que, das informações disponibilizadas, não foram encontrados dados sobre os custos envolvidos na implantação e manutenção dos sistemas de águas urbanas e nem informações substanciais para que a análise pudesse ser mais consistente. Sendo assim, buscou-se avaliar esse aspecto com base nas informações técnicas disponíveis dos sistemas existentes previstos na região.

Diante dos fatos mencionados, podemos concluir, conforme terminologia adotada, que o cenário desejável tem *importância pouco maior* que o cenário projetado, devido à deficiência de investimentos no sistema de drenagem para resolver o problema de inundação da região. Por sua vez, o cenário projetado tem *importância muito maior* que o cenário atual devido à valorização e perspectiva de crescimento econômico para a região.

Critério 1.3 – Social:

De acordo com os aspectos de avaliação relacionados a esse critério, foi verificado nas informações constantes nos relatórios da região que o cenário atual sofre por falta de espaços para atividades de lazer e convivência social, principalmente com relação a praças e parques. Para o cenário projetado, está prevista a provisão de espaços abertos na área do CAMG e, em seu entorno, está prevista a implantação do Parque Serra Verde e do Parque Linear Córrego Floresta, bem como a implantação de programas sócio-ambientais por meio de ações culturais, esportivas, lazer e convivência que vão contribuir para a melhoria da qualidade de vida da população das áreas de influência do CAMG; o que é também a característica do cenário projetado.

Deste modo, o cenário desejável tem *igual importância* em relação ao cenário projetado que por sua vez tem *importância muito melhor* que o cenário atual.

Critério 2.1 – Abastecimento de água:

Cenário atual – Com base nas informações coletadas da região atual, a infra-estrutura do sistema de abastecimento da região é satisfatória, com 98% de cobertura. Atualmente o fornecimento de água operado pela COPASA comporta a demanda da região, porém, no local do projeto, não foi identificada a utilização de nenhuma fonte alternativa de abastecimento.

Cenário projetado – A COPASA vai adequar a infra-estrutura de abastecimento para atender ao complexo do CAMG com a construção de uma adutora exclusiva derivada do Reservatório

Nova Pampulha, que está em fase de ampliação. Mesmo com o aumento da demanda de consumo de água, o sistema de abastecimento não será afetado. Apesar do projeto estar em uma região favorável à utilização de fonte alternativa de abastecimento, como a utilização de poços artesianos, o CAMG será alimentado somente com o fornecimento da COPASA, conforme informação de projeto.

Cenário desejável – Para esse cenário, a infra-estrutura de abastecimento atende totalmente a região e a ETA que abastece a região comporta, sem problemas, o aumento da demanda. Para minimizar o impacto e o consumo no sistema convencional de abastecimento, o CAMG conta com poços artesianos como fonte alternativa de abastecimento e reúso de água proveniente de reservatórios de armazenamento dos efluentes sanitários e uso de águas pluviais.

Deste modo, podemos concluir que o cenário desejável tem *importância pouco maior* que os cenários atual e projetado, devido ao fato de que o cenário desejável utiliza fonte alternativa de abastecimento. Com relação à porcentagem da área urbanizada atendida e à capacidade de fornecimento da ETA, os três cenários atendem de forma semelhante.

Critério 2.2 – Esgotamento sanitário:

Cenário atual – Com base nas informações coletadas da região atual, a infra-estrutura do sistema de coleta de esgoto atende 96,2% da área urbanizada, com aproximadamente 60.135m de redes coletoras de esgotos. O sistema é constituído basicamente por redes coletoras, apresentando boas condições de funcionamento, porém, a totalidade dessas redes tem seus lançamentos diretamente nos cursos d'água. Segundo cadastro da COPASA, são aproximadamente 23 lançamentos ao longo de todo o córrego e, ao longo das margens habitadas, há grande quantidade de lançamentos diretos provenientes das moradias. Com relação ao reúso de água proveniente do esgotamento e o uso de instalações sanitárias econômicas para diminuir o esgoto gerado, nenhuma informação foi encontrada nos dados do projeto sobre o uso de tais sistemas nas instalações do antigo Hipódromo Serra Verde.

Cenário projetado – Serão executadas as adequações do sistema de esgotamento com a implantação de um interceptor que receberá, além da contribuição do CAMG, as contribuições de todas as redes coletoras existentes na região, com a construção de uma estação elevatória para cruzar a rodovia MG10. Uma vez transposta a rodovia, os interceptores continuam acompanhando o curso do córrego Floresta por gravidade até

atingirem os interceptores do ribeirão Isidoro. Com relação ao reúso de água proveniente do esgotamento sanitário, deverá ser parcial, uma vez que o projeto das instalações internas prevê a segregação das redes hidráulicas prediais para reutilizar as águas dos lavatórios nos vasos sanitários. Porém, não está prevista nenhuma ETE para tratar os efluentes gerados e conseqüentemente fazer o seu reúso. Com relação às técnicas para minimizar o volume de efluente gerado no CAMG, o projeto prevê a utilização de um sistema de descarga dos vasos sanitários a vácuo que consome apenas 10% do volume normal, o que minimiza o volume de efluente gerado.

Cenário desejável – A caracterização do cenário desejável conta com uma infra-estrutura adequada para atender a região da área de influência do CAMG com 100% cobertura de coleta de esgoto. O CAMG possui dispositivos nas instalações hidráulicas prediais para reutilizar o efluente dos lavatórios nos vasos sanitários bem como uma estação de tratamento de efluentes (ETE) para possibilitar o reúso dos efluentes para fins menos nobres e instalações sanitárias econômicas para diminuir o volume de esgoto gerado.

Diante do exposto, os três cenários são praticamente iguais com relação à infra-estrutura e a porcentagem atendida. Quanto ao reúso de água, o cenário projetado aproxima do cenário desejável, visto que é proposto um sistema parcial e utilização de vasos sanitários para minimizar o volume de esgoto gerado. Deste modo, podemos concluir utilizando a mesma terminologia usada no modelo que o cenário desejável tem *importância pouco maior* que o cenário projetado, e o cenário projetado tem *importância muito maior* que o cenário atual.

Critério 2.3 – Drenagem:

Cenário atual – A infra-estrutura do sistema de drenagem existente atualmente na bacia do córrego Floresta é insatisfatória e tem como principais características trechos com canal aberto em leito natural, estruturas convencionais e rede tubular que não é eficiente para proteger a região contra inundações. O sistema de drenagem também não conta com nenhuma técnica compensatória de drenagem e nenhuma estação de tratamento e armazenamento de água para o utilização de água pluvial.

Cenário projetado – Segundo os dados apresentados no memorial descritivo do sistema de drenagem, foi constatado que, devido ao aumento da área impermeável, o coeficiente de deflúvio superficial teve aumento de 13%. Apesar de o projeto de drenagem mostrar

eficiência local, nenhuma informação é apresentada sobre a proteção a jusante do CAMG que possa compensar o acréscimo de vazões advindas da impermeabilização da área para solucionar a inundação de área residencial, que já ocorre à jusante do empreendimento. O sistema de drenagem interno do CAMG é caracterizado pelas técnicas convencionais de drenagem por meio de sarjetas, bocas de lobo, poços de visita, caixas de passagem, galerias tubulares, decida d'água tipo escada e alas de galerias tubulares padrão SUDECAP. Como técnicas compensatórias de drenagem não foram encontradas informações referentes ao uso da Lagoa Maior como bacia de detenção, entretanto, o projeto prevê a instalação de trincheiras para drenagem sub-superficial apenas no gramado entre as edificações e valetas em terra com seção trapezoidal para drenagem de áreas externas ao CAMG. Não é proposta a utilização das águas pluviais, porém o projeto prevê a implantação de uma estação de tratamento composta com dispositivos para separação de óleos e graxas e da clarificação e filtração para tratar parcialmente as águas pluviais drenadas do estacionamento e das vias internas do CAMG.

Cenário desejável – A caracterização deste cenário, conta com uma infra-estrutura adequada de drenagem para proteger a área do projeto e sua área de influência contra os problemas de inundação. Com relação às características internas de drenagem, as técnicas alternativas de drenagem predominam sobre o sistema convencional, com a utilização de trincheiras de infiltração ao longo de toda a via interna do CAMG, o uso de pavimentos porosos na área do estacionamento e a utilização da Lagoa Maior como bacia de detenção. O cenário desejável utiliza a própria Lagoa Maior também para armazenar as águas pluviais que, possibilita o seu uso.

Deste modo, podemos concluir que o cenário desejável tem *importância muito maior* em relação ao cenário projetado, uma vez que possui uma infra-estrutura mais robusta para minimizar os problemas de inundação a jusante do projeto, utiliza, em maior proporção, as técnicas alternativas de drenagem e faz o uso da água pluvial. O cenário projetado tem *importância maior* em relação ao cenário atual devido ao fato de prever parcialmente a utilização de técnicas compensatórias de drenagem.

Critério 3.1 – Qualidade:

Cenário atual – Com base nos dados dos relatórios, a região atualmente é abastecida pela rede distribuidora da COPASA o que garante um padrão de qualidade satisfatório no sistema de

abastecimento. Com relação à qualidade dos efluentes provenientes do esgotamento sanitário, não foi encontrada, nas informações disponíveis, a existência de nenhuma ETE no local do projeto para atender os parâmetros permitidos pela COPASA antes dos efluentes serem lançados na rede pública coletora. Apesar de ser operada pela COPASA, a rede da região possui aproximadamente 23 lançamentos diretos nos cursos d'água ao longo de todo o córrego e grande quantidade de lançamentos diretos são realizados por moradias ao longo das margens habitadas do córrego, comprometendo ainda mais a qualidade da água do córrego. Com relação à drenagem local, o sistema não trata as águas pluviais que são encaminhadas para a Lagoa Maior, porém, foram realizadas coletas de água da Lagoa Maior somente para verificar a existência e a concentração dos compostos BTEX (Benzeno, Tolueno e Xilenos). Os resultados apresentaram índice abaixo dos limites permitidos, o que permite concluir que a água da lagoa não apresenta indícios de contaminação significativa.

Cenário projetado – O padrão de qualidade da água de abastecimento será mantido pela COPASA. O projeto do CAMG não prevê o tratamento do esgotamento sanitário por uma ETE afim de fazer o reúso do efluente. Entretanto, está prevista a adequação da infra-estrutura do sistema de esgotamento com a construção de interceptores, que acompanharão o curso d'água até atingir os interceptores do ribeirão Isidoro. Com relação à Lagoa Maior, o projeto prevê um elevado padrão de qualidade, não sendo admitida a presença de óleos, graxas, detergentes e materiais em suspensão ou dissolvidos, uma vez que as águas pluviais provenientes da área do estacionamento e das vias internas do CAMG passarão por tratamento para remoção dos materiais citados antes de serem lançadas na lagoa. Para a qualidade da água do córrego Floresta está prevista a alteração da classe de 3 para a classe 1 devido à melhoria da qualidade da Lagoa Maior e a diminuição de lançamento de esgoto.

Cenário desejável – As águas do sistema de abastecimento têm a mesma qualidade dos cenários anteriores. A qualidade das águas pluviais bem como do efluente proveniente do esgotamento sanitário produzido pelo CAMG será garantida por estações de tratamento com o objetivo de reutilizar os efluentes tratados para fins menos nobres. Após o lançamento na rede pública, o efluente é encaminhado, por meio de interceptores sem contaminar o córrego até a ETE. A qualidade da água da lagoa será garantida por estação de tratamento de águas pluviais e, conseqüentemente, a qualidade do córrego Floresta sofrerá alteração passando a ser considerado de classe 1.

Portanto, podemos concluir que o cenário desejável tem importância pouco maior em relação

ao cenário projetado, devido ao projeto não prever o tratamento do esgoto doméstico gerado no CAMG para o reúso da água. Por outro lado, o cenário projetado tem *importância maior* em relação ao cenário atual devido ao projeto prever a recuperação da qualidade da água da Lagoa Maior e do córrego Floresta.

Critério 3.2 – Quantidade:

Cenário atual – Não foram encontradas informações sobre a utilização de dispositivos para diminuir o consumo de água, utilização de instalações sanitárias de baixo consumo, por exemplo, vaso sanitário a vácuo bem como o uso de dispositivos para a reutilização da água pluvial no local de implantação do CAMG.

Cenário projetado – Com base nos dados constantes no projeto, o abastecimento do CAMG será atendido apenas pelo fornecimento da COPASA e, conforme informado anteriormente, não será utilizado poço artesiano como fonte alternativa de abastecimento. Não foi identificada qualquer informação referente à utilização de instalações sanitárias que minimize o consumo de água, como, torneiras econômicas com sensores. Entretanto, o projeto prevê a utilização de vasos sanitários a vácuo que economizam até 90% do volume de efluente gerado no CAMG. Apesar do projeto prever o reúso de água nos vasos sanitários, o projeto não prevê nenhum dispositivo para a utilização das águas pluviais tratadas.

Cenário desejável – O empreendimento, além de ser atendido pela rede de abastecimento convencional, é atendido também por poços artesianos como fonte alternativa de abastecimento e reutiliza o máximo do volume de água proveniente dos sistemas de drenagem pluvial e do esgotamento sanitário, além de utilizar em todas as suas dependências, dispositivos hidráulicos econômicos como torneiras e vasos sanitários de baixo consumo. De acordo com Tucci (2005a), após a crise de abastecimento na cidade de Nova York em 1990, o programa de racionalização de água, substituiu um terço de todas as instalações dos banheiros da cidade, diminuindo o consumo de água por descarga de cinco para 1,6 galões, o que resultou em economia de 29%. A Lagoa Maior é utilizada para armazenamento das águas pluviais como bacia de contenção.

Sendo assim, podemos concluir que o cenário desejável tem *importância muito maior* em relação ao cenário projetado devido ao fato do cenário desejável utilizar instalações econômicas na rede de água e dispor de dispositivos para armazenar e reutilizar as águas

pluviais. O cenário projetado tem *importância pouco maior* em relação ao cenário atual, devido ao fato do cenário projetado utilizar instalações hidráulicas que minimizam o volume de esgoto utilizando vasos econômicos á vácuo e com o reúso do efluente proveniente dos lavatórios.

Critério 3.3 – Alteração de Regime:

Cenário atual – Com relação à dinâmica das cheias e ocorrência de inundações, a bacia elementar do córrego floresta possui três áreas com problemas de inundação, com um ponto na sub-bacia do projeto. Por outro lado, a área do projeto conta com lagos que garantem um bom amortecimento das cheias. Os dados dos relatórios consultados indicam que as estruturas de drenagem existentes estão dimensionadas para períodos de retorno inferiores a dois anos o que mostra a ineficiência do sistema contra as inundações.

Cenário projetado – Esse cenário prevê incremento na estrutura de drenagem na área do CAMG, porém, quanto ao período de retorno adotado no projeto de drenagem foi constatada a utilização de T= 5 anos para as estruturas de drenagem, o que é inadequado para as galerias tubulares e bueiros (T= 10 anos) e para canalizações (T= 25 anos). Com relação à Lagoa Maior, não foi mencionado o período de retorno utilizado, o que reforça a tese de que a lagoa não será utilizada como bacia de detenção. Conforme Baptista *et al.* (2005), nas bacias hidrográficas com área de algumas dezenas de hectares, adotam-se tempos de retorno de projeto situados entre 10 e 20 anos. Com relação à drenagem externa ao empreendimento, não foram apresentados projetos para solucionar a questão referente às inundações a jusante do empreendimento.

Cenário desejável – Para esse cenário, o sistema de drenagem é projetado com os períodos de retorno adequados para minimizar o risco de inundação à jusante da área do projeto. A Lagoa Maior é adequada para funcionar como bacia de detenção estocando temporariamente as águas e proporcionando o rearranjo temporal das vazões de pico e permite que as vazões restituídas sejam próximas daquelas observadas para a bacia em seu estado “natural”.

Portanto, apesar do projeto apresentar incremento no sistema de drenagem, o tempo de retorno utilizado ainda permanece inadequado para resolver os problemas de inundações à jusante do CAMG. Deste modo, o cenário desejável tem *importância muito maior* sobre o cenário projetado devido à utilização de períodos de retorno adequados nas estruturas

hidráulicas para resolver os problemas de inundações e a utilização da Lagoa Maior como bacia de detenção. Por outro lado, o cenário projetado tem *igual importância* sobre o cenário atual.

Objetivando uma melhor compreensão e visualização dos aspectos avaliados obtidos entre os cenários, foram elaboradas as tabelas 6.4 a 6.6:

Tabela 6-3 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 1 – Sustentabilidade

Critérios	Aspectos Avaliados	Cenários		
		Atual	Projetado	Ideal
Ambiental	Área Permeável	15,15%	61,20%	69,08%
	Preservação e recuperação vegetal	Degradada	Parcialmente degradado e protegido	Recuperado e protegido
	Proteção de nascente	Nascente ameaçada	Protegido	Protegido
	Preservação do córrego floresta	Degradada	Recuperado e protegido	Recuperado e protegido
Econômico	Custo de implantação e manutenção do sistema de águas urbanas	Carência de investimento no sistema de esgotamento e drenagem	Melhoria parcial de investimento no sistema de drenagem	Investimento adequado para implantação do sistema de águas urbanas
	Valorização econômica da região	Desvalorizada	Valorizada	Valorizada
	Perspectiva de crescimento econômico	Pequena	Grande	Grande
Social	Provisão de espaços abertos	Não Atendido	Atendido	Atendido
	Criação de praças e parques	Não Atendido	Atendido	Atendido
	Aceitação e convivência social	Não Atendido	Atendido	Atendido

Tabela 6-4 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 2 – Águas Urbanas

Critérios	Aspectos Avaliados	Cenários		
		Atual	Projetado	Ideal
Abastecimento	Porcentagem da área atendida	Satisfatório	Satisfatório	Satisfatório
	ETA comporta a demanda	SIM	SIM	SIM
	Uso de fonte alternativa de abastecimento	NÃO	NÃO	SIM
Esgotamento	Porcentagem da área atendida e infra-estrutura	Parcial	Atendido	Atendido
	Capacidade da ETE receber o esgoto	NÃO	SIM	SIM
	Uso de dispositivos para o reuso de água	NÃO	Parcialmente atendido	Atendido
	Uso de dispositivos para diminuir o esgoto gerado	N/A	Atendido	Atendido
Drenagem	Infra-estrutura	Insatisfatório	Parcialmente atendido	Atendido
	Técnicas compensatória utilizadas	Não utilizadas	Parcialmente utilizadas	Utilizadas
	Tratamento de águas pluviais	Não utilizadas	utilizado	utilizado

Tabela 6-5 – Resumo dos aspectos avaliados para o grupo 3 – Característica das águas

Critérios	Aspectos Avaliados	Cenários		
		Atual	Projetado	Ideal
Qualidade da água	Abastecimento, esgotamento e drenagem	Abastecimento satisfatório Esgotamento e drenagem insatisfatório	Abastecimento satisfatório Esgotamento não atendido Drenagem satisfatório	Todas as águas recebem tratamentos adequados
	Lagoa Maior	não apresenta índices preocupantes de poluição	Despoluída	Despoluída
	Córrego Floresta	Contaminado pelo esgotos recebidos	Despoluído	Despoluído
Quantidade de água	Diminuição do consumo de água potável consumido	Nenhum dispositivo utilizado	Nenhum dispositivo utilizado	Abastecimento alternativo (Poço artiano) e instalações sanitárias econômicas
	Diminuição do volume de esgotamento gerado	Nenhum dispositivo utilizado	Atendido parcialmente Reuso do efluente	Reuso do efluente e instalações sanitárias econômicas
	Maximizar o volume de armazenamento de água pluvial p/ utilização	Nenhum dispositivo utilizado	Nenhum dispositivo utilizado	Utilização da Lagoa Maior como dispositivo de armazenagem
Alteração de regime	Vazão de pico	inundação a jusante	inundação a jusante	Proteção a contra inundação local e a jusante
	Período de retorno utilizado	Ineficiente (2anos)	Inadequado (5 anos)	adequado de acordo com cada tipo de estrutura

6.5 Resultados Obtidos

Depois de concluídas as etapas da sistemática de avaliação, com a utilização do modelo *Aurb/ANP*, foram obtidos os resultados representados pelos gráficos conforme ilustrado na figura 6.8.

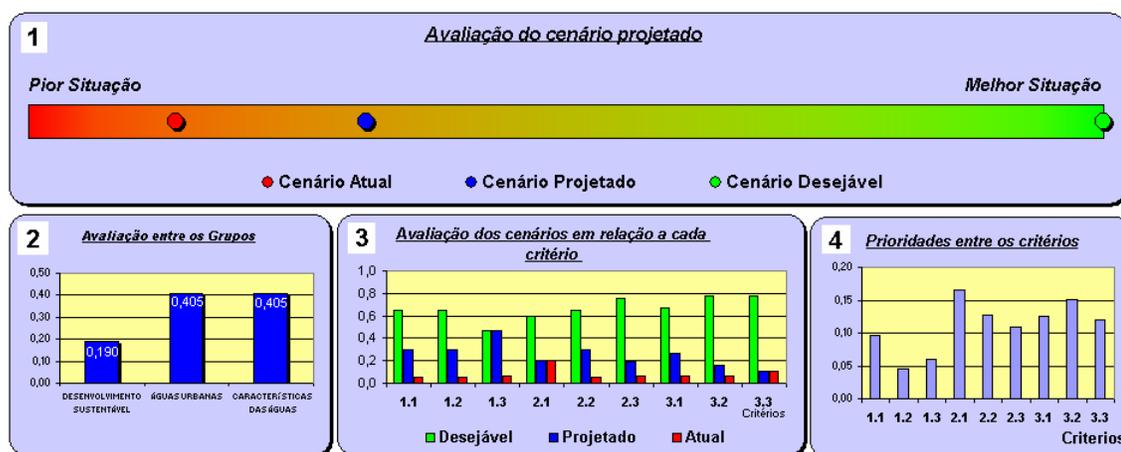


Figura 6-8 – Resultados da avaliação do CAMG.

Diante dos resultados apresentados pelos gráficos, é possível diagnosticar o projeto do CAMG identificando os pontos favoráveis e os mais críticos por meio dos aspectos avaliados.

O primeiro indica a posição do cenário projetado em relação aos cenários atual e desejável. Neste caso, apesar da implantação do CAMG indicar melhora em relação ao cenário atual, o cenário projetado ficou a distância razoável do cenário desejável. Deste modo, podemos concluir que o projeto do CAMG não atende de forma satisfatória os aspectos avaliados.

O gráfico 2, representa a avaliação entre os grupos e indicou que os grupos 2 e 3 são mais importantes que o grupo 1 conforme avaliação anterior.

O gráfico 3, apresenta as diferenças entre os cenários para cada critério, e tem como objetivo possibilitar a identificação dos pontos mais críticos do projeto. Neste caso, o gráfico indicou que o cenário projetado é pior que o cenário desejável em todos os pontos avaliados, exceto no critério social. Por outro lado, o cenário projetado ficou melhor em todos os critérios em relação ao cenário atual, exceto nos critérios abastecimento e alteração de regime onde se igualou.

O gráfico 4 representa a prioridade dos critérios na Rede de Controle, que se caracterizam em

função das avaliações entre os critérios e das importâncias atribuídas para os grupos. De modo geral, podemos concluir que, apesar do critério ambiental ser o mais importante do grupo 1, os critérios nesse grupo são menos importantes que os critérios dos grupos 2 e 3.

Portanto, com base nos resultados da avaliação foram identificados alguns pontos nos sistemas de águas urbanas que poderiam ser alterados. A seguir são apresentadas sucintamente as sugestões de alterações no projeto:

- Sistema de Abastecimento: Utilização de instalações sanitárias econômicas nas dependências internas do CAMG, para minimizar o consumo da água potável, e implantação de poços artesianos como fonte alternativa de abastecimento.
- Sistema de Esgotamento: Instalação de uma estação no CAMG para tratar os efluentes gerados possibilitando o reúso de água para funções menos nobres e diminuir a carga poluidora lançada na rede pública coletora.
- Sistema de Drenagem: Utilização do período de retorno adequado para cada tipo de estrutura, utilizar a Lagoa Maior como bacia de detenção com espelho d'água permanente para minimizar os problemas de inundação a jusante do CAMG. Conforme Baptista *et al.* (2005), bacias de detenção têm por função principal o controle de inundações, sendo a redução de cargas poluentes de origem pluvial um objetivo complementar. Pode-se visualizar a substituição da drenagem convencional de redes tubulares das vias internas do CAMG por trincheiras de infiltração, uma vez que o solo é propício à infiltração com o nível do lençol freático situado a mais de 2,0m de profundidade. Finalmente, pode-se propor a substituição do pavimento asfáltico convencional por pavimento poroso na área do estacionamento.

As implicações das mudanças sugeridas acima para o sistema de abastecimento seriam a diminuição da demanda no consumo de água fornecido pela COPASA com a instalação de poços artesianos e instalações sanitárias econômicas. A instalação de uma ETE no empreendimento possibilitaria o reúso da água diminuindo o volume e da carga poluidora dos efluentes lançados na rede pública coletora. Com relação às alterações no sistema de drenagem, a bacia de detenção proporcionaria o amortecimento de cheias e maior proteção contra a inundação à jusante do projeto. A trincheira de infiltração e a implantação do pavimento poroso proporcionariam a recarga do lençol freático, melhoria da qualidade das águas pluviais, o aumento da área permeável e a diminuição do volume de escoamento

superficial. Conforme Moura (2004), as alterações dos dispositivos de drenagem convencional para as técnicas alternativas têm pouco impacto sobre os custos, uma vez que, dependendo do tipo de pavimento poroso adotado, os custos da implantação e manutenção são praticamente os mesmos que o do pavimento convencional. No caso da substituição da rede tubular por trincheiras de infiltração nas vias internas do CAMG, o custo envolvido na implantação e manutenção seria menor.

Com base nas sugestões de alteração citadas, uma nova avaliação do CAMG foi realizada e observou-se melhora considerável no empreendimento com relação ao cenário desejável, conforme indicado nos gráficos da figura 6.9.

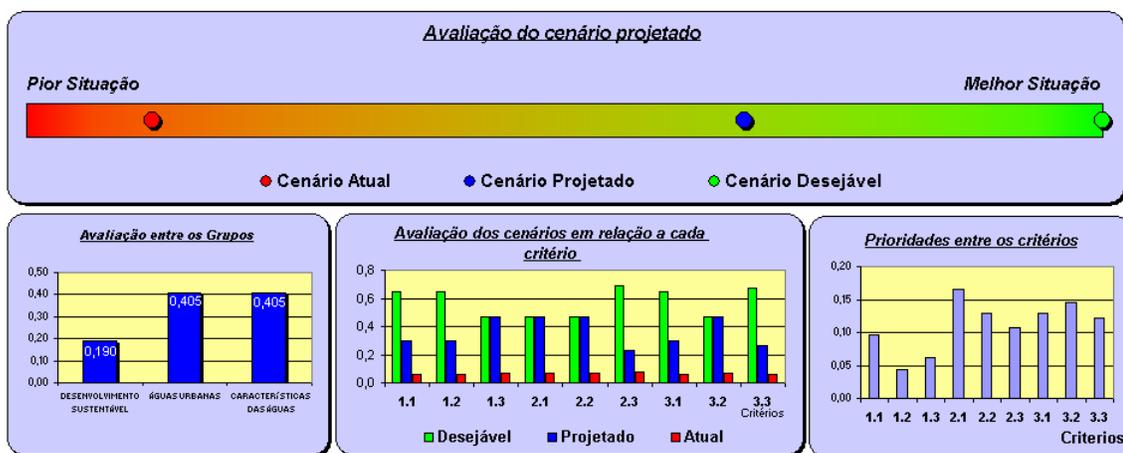


Figura 6-9 – Resultado da avaliação do projeto do CAMG com as alterações propostas.

Contudo, mesmo com as alterações sugeridas e com melhora visível do projeto em relação ao cenário desejável, observou-se que alguns critérios não alcançaram o nível desejável em função dos seguintes fatores:

- Parte da área de preservação permanente será destruída em função do posicionamento dos prédios. (Critério Ambiental)
- A qualidade da água do córrego Floresta ainda é comprometida em função do lançamento direto de esgoto por parte das residências localizadas próximo ao córrego. (Critério qualidade).
- O desvio das águas pluviais provenientes da MG 10 direcionadas diretamente a jusante do CAMG, sem nenhum tipo de tratamento, causará impactos na qualidade da água do córrego Floresta, na vazão de pico, uma vez que esta vazão não será

amortecida pela bacia de detenção. Isso compromete o sistema de drenagem que visa proteger a região a jusante do CAMG contra inundações (Critérios: qualidade, alteração de regime, custo e drenagem).

6.6 Conclusões

A sistemática de avaliação aplicada com o uso do modelo *AUrb/ANP* foi considerada eficiente para verificação da metodologia proposta, uma vez que se mostrou viável e compreensível para uso em procedimentos correntes, permitindo verificar a eficiência de um projeto com relação às águas urbanas, fornecendo ainda recomendações necessárias para sua melhoria.

A determinação dos critérios de avaliação, com base em indicadores, mostrou-se útil em função de ter permitido a consideração de todos os aspectos de interesse na Rede de Controle, possibilitando ao analista acrescentar algum aspecto que considerar relevante em determinada avaliação em apenas uma análise global do empreendimento a ser implantado.

O estudo de caso realizado abrangeu uma situação envolvendo área já urbanizada e foi considerado relevante para concluir a viabilidade de aplicação da metodologia. Embora o modelo *AUrb/ANP* restrinja a nove os critérios de avaliação, ficou constatado no estudo do CAMG, que é viável a análise de vários aspectos em cada critério de avaliação, o que permitiu a análise mais detalhada dos pontos relevantes do projeto.

Os questionários de avaliação do modelo *AUrb/ANP* encontra-se no Apêndice C deste trabalho do CAMG

No próximo capítulo será realizada a aplicação da metodologia em um estudo de caso do Condomínio Vale dos Cristais onde os dados relativos à avaliação foram extraídos do trabalho de Castro (2007).

7 VERIFICAÇÃO DA SISTEMÁTICA – ESTUDO DO CONDOMÍNIO VALE DOS CRISTAIS

7.1 Introdução

Este capítulo tem como objetivo verificar e validar a aplicabilidade da Sistemática de Avaliação aqui proposta. Sendo assim, a sistemática proposta foi aplicada ao estudo de caso realizado por Castro (2007) em sua tese de doutorado intitulada Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água.

A metodologia desenvolvida por Castro (2007) se baseia na proposição de indicadores com atribuição de pesos a partir consulta a especialistas, aplicação de fórmulas matemáticas para diminuir a subjetividade da avaliação e na agregação dos indicadores por meio dos métodos de análise multicritério TOPSIS e ELECTRE TRI.

Para comparar os resultados das metodologias, será avaliada neste estudo a implantação do empreendimento do Condomínio Vale dos Cristais realizado por Castro (2007) utilizando as mesmas informações sobre os indicadores propostos, o resultado da pesquisa com especialistas bem como as análises dos indicadores.

7.2 Caracterização do empreendimento

A primeira etapa da sistemática de avaliação tem como objetivo caracterizar o empreendimento pelas informações da localização da região e dos aspectos técnicos do projeto.

O loteamento Vale dos Cristais está localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte – RMBH, no município de Nova Lima, ocupando área total de 587ha. Está localizado em região montanhosa com declividades acentuadas, com predominância de solos argilosos, recobertos por vegetação remanescente da mata atlântica. A área do loteamento é drenada pelo ribeirão dos Cristais, pelo córrego do Mutuca e outros de seus afluentes, apresentando problemas de inundações frequentes na cidade de Nova Lima, localizada a jusante do loteamento. Sendo assim, o projeto de urbanização e do sistema de drenagem para essa área apresenta restrições relevantes quanto à ampliação das vazões de pico.

Uma vez que a área não estava urbanizada e tratando-se de projeto de implantação, diversas estruturas compensatórias de drenagem, com funcionamento escalonado, foram utilizadas de

forma a neutralizar os impactos decorrentes do processo de urbanização. O projeto desenvolvido previu reservatórios de retenção na saída dos lotes, limitando as vazões escoadas a jusante. Foram, portanto, previstas as seguintes técnicas de drenagem:

- Um cordão de trincheiras e valetas de retenção e infiltração;
- Estruturas de retenção temporária e infiltração junto aos pontos de deságüe das galerias de micro-drenagem;
- Faixas verdes circundando o sistema de macro-drenagem;
- Bacia de retenção em um dos afluentes do córrego do Mutuca, drenando área de cerca de 110ha. Além de suas funções técnicas, essa bacia contribuiu também com o aspecto paisagístico da região já que possui um espelho d'água permanente.

Essas técnicas objetivam o rearranjo temporal de vazões, bem como a redução dos volumes escoados, em função dos processos de infiltração.

7.3 Montagem da Rede de Controle

7.3.1 Definição dos cenários de avaliação

Como o projeto do Condomínio Vale dos Cristais (CVC) será implantado em área ainda não urbanizada, pode-se concluir que o empreendimento causará impacto negativo sobre a área de intervenção, pois o equilíbrio natural, hidrológico e hidráulico da região, sofrerá alteração. Partindo deste princípio, o cenário natural da região irá permitir a análise do impacto causado pelos cenários projetado e desejável.

Embora não seja possível implantar um projeto de desenvolvimento urbano em área natural sem causar algum tipo de alteração, o cenário projetado deve ter como objetivo a combinação mais equilibrada possível entre as características do empreendimento e da região, para que os efeitos negativos desta intervenção sejam minimizados. Esse objetivo pode ser interpretado como o cenário desejável e será caracterizado com base nas informações do projeto, da região e dos critérios de avaliação.

Portanto, o projeto do empreendimento do Condomínio Vale dos Cristais (CVC) será avaliado em relação a um cenário desejável e o seu impacto será verificado com relação ao cenário natural. Sendo assim, para a avaliação do CVC os cenários foram definidos, conforme apresentado na tabela 7.1.

Tabela 7-1 – Definição dos cenários

1	Cenário Natural	São as características da naturais região antes da implantação do projeto. (Região não-urbanizada.)
2	Cenário Desejável	Representa o melhor equilíbrio entre as características do projeto e da região, visando minimizar os impactos no regime hidráulico e hidrológico da região causados pela implantação do empreendimento.
3	Cenário Projetado	Representa as características do projeto avaliado.

7.3.2 Definição dos grupos e critérios da Rede de Controle

Esta etapa consiste em definir os critérios de avaliação com seus respectivos grupos na Rede de Controle. Esta definição pode ser realizada com a utilização de várias metodologias existentes. Entretanto, neste caso foram utilizados os grupos e critérios propostos por Castro (2007) com o objetivo de verificar a coerência do modelo *AUrb/ANP* utilizando outros critérios de avaliação, conforme apresentados na tabela 7.2.

Tabela 7-2 – Indicadores propostos por Castro (2007)

Alterações na quantidade das águas	
1.1	Comparação entre volume de infiltração do projeto e situação natural ou atual.
1.2	Comparação das vazões mínimas escoadas com as demandas para usos consuntivos e vazão mínima remanescente.
1.3	Verificação da previsão de reutilização ou recuperação de águas
Alterações no regime existente nos corpos de água.	
2.1	Comparação da vazão de pico da área urbanizada com a situação natural e com a que cause inundação a jusante.
2.2	Verificação do período de retorno previsto para inundação dentro da área de projeto.
Alterações na qualidade das águas.	
3.1	Verificação do atendimento ao padrão de lançamento das águas de esgotamento sanitário.
3.2	Verificação quanto à disponibilidade de vazão de diluição para águas de esgotamento sanitário.
3.3	Avaliação do percentual médio de remoção de poluentes pelo sistema de drenagem.

Depois de estabelecidos os cenários, os grupos e os critérios, a Rede de Controle obteve a seguinte configuração (figura 7.1):

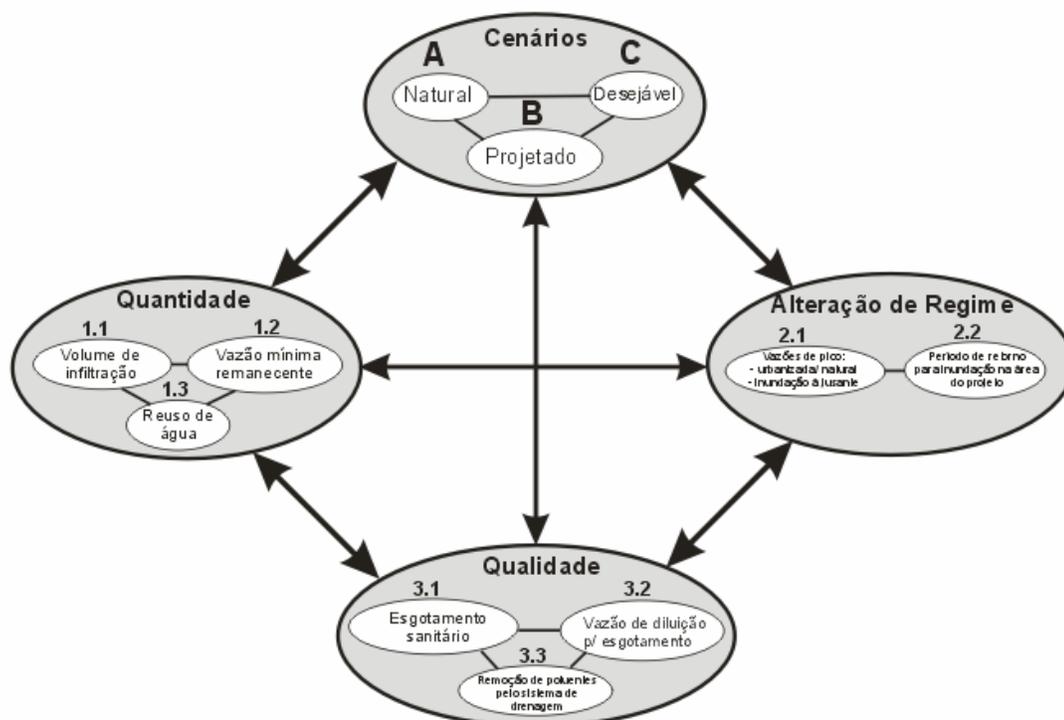


Figura 7-1– Configuração da Rede de Controle com indicadores propostos por Castro (2007).

Como Castro (2007) propôs para o grupo 2 (Alteração de regime) apenas dois critérios de avaliação, os valores correspondentes ao terceiro critério do grupo localizado na linha e a coluna 2.3 da supermatriz da Rede de Controle são iguais à zero, conforme ilustrado na figura 7.2.

MATRIZ NÃO PESADA		CENÁRIOS			GRUPO 1			GRUPO 2			GRUPO 3		
		A	B	C	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	3.1	3.2	3.3
CENÁRIOS	A	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
	B	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
	C	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 1	1.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,0000	0,5000	0,5000	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
	1.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,0000	0,5000	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
	1.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,5000	0,5000	0,0000	0,3333	0,3333	0	0,3333	0,3333	0,3333
GRUPO 2	2.1	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,0000	0	0	0,5000	0,5000	0,5000
	2.2	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0,5000	0	0,0000	0	0,5000	0,5000	0,5000
	2.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,0000	0	0	0
GRUPO 3	3.1	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,0000	0,5000	0,5000
	3.2	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,5000	0,0000	0,5000
	3.3	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0,3333	0	0,5000	0,5000	0,0000

Figura 7-2 – Supermatriz inicial do modelo *AUrb/ANP*.

- De acordo com Castro (2007), os indicadores propostos tiveram como premissa básica a possibilidade de serem calculados matematicamente, onde os resultados da aplicação destas expressões de cálculo variam entre os valores 0 e 1, representando as piores e as melhores situações na avaliação, respectivamente. A seguir, são detalhados os aspectos técnicos de cada critério de avaliação.

Critérios do Grupo 1 – Alterações na quantidade das águas

Comparação do volume de infiltração de projeto em relação à situação natural ou atual

(1.1) – Volume de infiltração é o volume de água infiltrado no solo está condicionado pelas características hidrodinâmicas, pela estrutura e textura do solo, bem como pelas suas condições iniciais e pela vazão de alimentação.

Este indicador objetiva comparar os volumes de infiltração anterior e posterior à implantação do projeto. Neste caso, como a área esta em sua situação natural, esse indicador relaciona o volume previsto de infiltração para o projeto com o volume de infiltração médio da área em seu estado natural. Deste modo, quando mais próximo o valor previsto no projeto estiver do estado natural, melhor será a pontuação da alternativa de projeto na avaliação do indicador.

Portanto, se $V_{inf_med} = V_{inf_nat}$ é assumido o valor máximo ou ideal para o indicador.

Em que:

V_{inf_med} = Volume infiltrado médio da alternativa de projeto em análise (m³).

V_{inf_nat} = Volume infiltrado na área de projeto em sua situação natural (m³).

Comparação das vazões mínimas escoadas com as demandas para usos consuntivos e

vazão mínima remanescente (1.2) – Vazões mínimas remanescentes são as vazões que incluem a vazão ecológica e os usos de recursos hídricos que devem ser preservados a jusante da intervenção no corpo d'água.

Este indicador tem a finalidade de analisar o projeto quanto à disponibilidade de vazões mínimas para atendimento aos usos consuntivos na área e, ainda, para manutenção de vazão remanescente mínima, incluindo as demandas de vazão ecológica e aquela comprometida para usos consuntivos a jusante. Portanto, se $Q_{min} \geq Q_{dem} + Q_{rem_min}$; adota-se o valor máximo ou ideal para o indicador.

Em que:

Q_{\min} = Vazão mínima estimada nos cursos de água superficiais na saída da área de projeto, para determinado período de retorno (m^3/s).

Q_{dem} = Vazão prevista de demandas na área de projeto para usos consuntivos, com águas superficiais (m^3/s).

Q_{rem_min} = Vazão mínima remanescente, considerando a vazão ecológica de referência utilizada pela autoridade outorgante e as demandas comprometidas a montante e a jusante da área de projeto (m^3/s).

Verificação da previsão da reutilização ou recuperação de água (1.3) – Reúso da água é o processo de utilização da água por mais de uma vez, tratada ou não, para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não.

Este indicador tem a finalidade de verificar o projeto quanto à previsão de sistemas de recuperação de águas que possam ser reutilizadas pelo tratamento de esgoto sanitário ou de coleta de águas pluviais para fins menos nobres, como rega de jardim, limpeza de pátios, lavagem de veículos e para reservas de incêndio. Deste modo, se $V_{re} = V_{tot_dem}$; o indicador assumiria o valor máximo ou desejável, sendo:

V_{re} = Volume médio anual previsto de reutilização ou recuperação de águas na área em projeto de desenvolvimento urbano (m^3);

V_{tot_dem} = Volume médio anual previsto de demanda de água para os usos múltiplos previstos na área de desenvolvimento urbano (m^3).

Critérios do Grupo 2 – Alterações nos regimes existentes nos corpos de água

Comparação da vazão de pico da área urbanizada com a situação natural e com a que cause inundação a jusante (2.1) – Vazão de Pico é a vazão do ponto mais alto do hidrograma. Esse ponto é indicado pelas coordenadas, tempo de pico (x) e vazão de pico (y) sendo também considerado um ponto de inflexão do hidrograma. A vazão de pico de inundação é a vazão de pico máxima que pode causar inundação a jusante. De modo geral, a vazão de pico de uma área urbanizada é mais acentuada se comparada à mesma região em sua

forma natural.

Este indicador relaciona dois aspectos, o primeiro avalia a vazão de pico a jusante da área de projeto com a mesma vazão para a área em sua situação natural, considerando o mesmo período de retorno. Assim, quanto mais próxima da vazão de pico em situação natural, melhor será considerada a alternativa de projeto. Sendo assim, se $Q_{pico_alt} = Q_{pico_nat}$ deve ser considerada a melhor situação.

O segundo aspecto proposto relaciona a vazão de pico máxima para o período de retorno de projeto com aquela vazão máxima que pode causar inundação à jusante. Neste caso, se $Q_{pico_alt} < Q_{inund}$; considera-se a melhor situação.

Em que:

Q_{pico_alt} = Vazão de pico a jusante da área para o período de retorno de projeto (m^3/s);

Q_{pico_nat} = Vazão de pico para o período de retorno de projeto, estando a bacia em sua situação natural;

Q_{inund} = Vazão que pode causar inundações a jusante (m^3/s).

Verificação do período de retorno previsto para inundação dentro da área de projeto

(2.2) – Período de retorno é o intervalo médio de tempo decorrido entre duas ocorrências sucessivas de dado evento ou sua superação. Em outras palavras é o inverso da probabilidade de ocorrência do evento hidrológico. A escolha do período de retorno fica condicionada à análise simplificada, centrada na natureza do empreendimento, com o emprego de valores tabelados para os tipos de estruturas.

Este indicador avalia se as estruturas previstas no referido projeto estão adequadamente dimensionadas, conforme períodos de retorno desejáveis, uma vez que o sistema de drenagem proposto para um projeto de desenvolvimento urbano, além de não incrementar processos de inundação em áreas a jusante, deve proteger a área de projeto quanto às inundações previstas com determinado período de retorno. Portanto, se $T_{ret_proj} \geq T_{ret_des}$; o indicador assume o valor máximo, sendo:

T_{ret_proj} = Período de retorno de projeto para as inundações dentro da área do projeto (anos)

T_{ret_des} = Período de retorno desejável, aprovado o plano de bacia ou, na ausência deste, definido pelo órgão de recursos hídricos responsável pelas autorgas (anos).

CrITÉRIOS do Grupo 3 – Alterações na qualidade das águas

Verificação do atendimento ao padrão de lançamento das águas de esgotamento sanitário (3.1) – Padrão de lançamento do esgoto sanitário é o limite máximo permitido para determinados parâmetros contidos no esgotamento sanitário. Após o uso de águas superficiais ou subterrâneas para abastecimento, essas águas devem ser coletadas por um sistema de esgotamento sanitário, levando ao seu lançamento final em corpos de água superficiais.

Este indicador deve verificar a alternativa de projeto quanto ao padrão de lançamento das águas de esgotamento sanitário sendo necessários os seguintes fatores: C_{DBO_nat} , C_{DBO} e C_{perm_DBO} . Sendo assim, se $C_{DBO} = C_{DBO_nat}$, é considerada a melhor situação para esse critério, sendo:

C_{DBO_nat} = Demanda Bioquímica de Oxigênio do curso de água em sua situação natural (mg/l).

C_{DBO} = Demanda Bioquímica de Oxigênio do lançamento previsto (mg/l).

C_{perm_DBO} = Demanda Bioquímica de Oxigênio permitida para lançamento das águas de esgotamento sanitário, conforme legislação pertinente (mg/l).

Verificação quanto à disponibilidade de vazão de diluição para águas de esgotamento sanitário (3.2) – Vazão de diluição para o esgoto é a parcela da vazão do corpo receptor necessária para diluir um efluente. A vazão de diluição do corpo receptor deve ser tal que a mistura resultante não ultrapasse os padrões de qualidade em que o corpo de água receptor está enquadrado.

Conforme Castro (2007), a melhor situação para o indicador ocorrerá quando não houver necessidade de vazão de diluição para o efluente doméstico da área urbanizada em análise, ou seja, se $Q_{dil_DBO} = 0$ e o valor médio se $Q_{dil_DBO} = Q_{rem_min}$, sendo:

Q_{dil_DBO} = Vazão de diluição necessária para manter o curso de água em sua classe de enquadramento após o lançamento do esgotamento sanitário da área urbanizada, considerando-se o parâmetro DBO (m^3/s).

Q_{rem_min} = Vazão mínima remanescente, considerando a vazão ecológica de referência utilizada pela autoridade outorgante e as demandas comprometidas a montante e a jusante da área de projeto (m^3/s).

Avaliação do percentual médio de remoção de poluentes pelo sistema de drenagem (3.3)

Esse indicador verifica o percentual médio de remoção de poluentes por meio de diferentes tipos de técnicas de drenagem. Os parâmetros utilizados como remoção média de avaliação conforme revisão bibliográfica realizada por Castro (2007) são:

- $A_{armaz} = 50\%$ em que 50% dos poluentes constantes nas águas pluviais são removidos quando são previstas técnicas de armazenamento e detenção;
- $A_{inf} = 100\%$ em que 100% dos poluentes são removidos quando são previstas técnicas de infiltração;
- $A_{armaz+inf\ ilt} = 70\%$ de remoção quando são utilizadas em conjunto as técnicas de armazenamento e infiltração.

Deste modo, a melhor situação é atingida quando o percentual de remoção tende a alcançar 100%.

Em que:

A_{armaz} = Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm o armazenamento/detenção das águas pluviais (ha);

A_{inf} = Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm a infiltração das águas pluviais (ha);

$A_{armaz+inf\ ilt}$ = Área dentro do projeto cuja drenagem é realizada por meio de técnicas que prevêm a atuação conjunta da detenção e infiltração das águas pluviais (ha);

7.4 Avaliação dos grupos

A segunda etapa consiste na avaliação entre os três grupos. Para esta etapa de avaliação, Castro (2007) realizou pesquisa com os especialistas para verificar a pertinência e os aspectos relevantes à importância dos grupos e dos indicadores propostos. A pesquisa foi realizada com a participação de 15 especialistas entrevistados, sendo 5 pesquisadores e 10 técnicos de órgãos gestores de recursos hídricos. A Tabela 7.3 apresenta o resumo dos resultados sobre as médias calculadas para os pesos atribuídos pelos pesquisadores, gestores e pelo conjunto de especialistas para importância de cada grupo proposto.

Tabela 7-3 – Média dos pesos atribuídos pelos especialistas para importância dos grupos.

Grupos	Crítérios	Média geral
1	Alterações na Quantidade	33,23
2	Alterações no Regime	31,79
3	Alterações na Qualidade	35,57

Observando as informações acima, podemos perceber que os grupos obtiveram grau de importância diferente. O grupo 3 *Alterações na Qualidade* foi considerado o mais importante, seguido pelo grupo 1 *Alterações na Quantidade* e pelo grupo 2 *Alterações no Regime*, respectivamente. Com base nestas informações, os valores das comparações entre os grupos foram atribuídos no modelo *AUrb/ANP*, buscando acompanhar a mesma ordem dos resultados da pesquisa por meio da escala de importância disponível no modelo. O resultado desta aplicação é evidenciado graficamente na análise dos resultados, na figura 7.3 do tópico 7.6 juntamente de outros resultados da avaliação.

7.5 Avaliação dos elementos da Rede de Controle

Conforme mencionado, esta etapa tem como objetivo avaliar os elementos da Rede de Controle de forma que os cenários e os critérios de avaliação sejam comparados entre si. De acordo com a sistemática de avaliação apresentada no capítulo cinco, esta etapa é dividida em quatro fases e cada fase será avaliada conforme apresentado no estudo de caso do capítulo anterior. Quando necessário, será adotada na conclusão de cada análise a terminologia utilizada no modelo *Aurb/ANP* para possibilitar o melhor entendimento. Vale ressaltar que, os pesos atribuídos nas avaliações dos elementos das fases 1, 2 e 3 foram determinados no

quadro do presente pesquisa, de acordo com a interpretação do autor. Somente na quarta fase de avaliação do modelo *Aurb/ANP*, os pesos atribuídos seguiram as tendências estabelecidas conforme julgamento de Castro (2007).

Fase 1 – Avaliação entre os cenários

Esta fase avalia a importância de um cenário em relação ao outro. A análise foi realizada de acordo com a definição atribuída para cada cenário.

Partindo do pressuposto que a implantação do empreendimento será realizada, o cenário desejável foi considerado o mais importante, visto que o parâmetro principal para a avaliação do projeto é a situação desejável. O cenário projetado é o segundo mais importante, uma vez que esse cenário pode alcançar o cenário desejável por meio das adequações necessárias e, quanto mais próximo o cenário projetado estiver do cenário desejável, melhor será para a situação natural. Neste caso, o cenário natural assume a função de referência de impacto para os cenários projetado e desejável pois, neste caso, sempre haverá impacto negativo sobre a situação natural.

Fase 2 – Avaliação dos critérios em relação a cada cenário

Cenário Natural – Partindo da premissa que o cenário natural possui ainda as características originais da região ou não sofreu nenhum processo de intervenção urbana, a avaliação dos critérios foi caracterizada da seguinte maneira: o processo de infiltração na região garante a vazão mínima dos corpos de água pela recarga dos aquíferos. Os critérios relativos às vazões mínimas, à vazão de pico, ao padrão das águas dos meios receptores e à remoção de poluente das águas pluviais pelo processo de infiltração são mais importantes que os critérios relativos ao reúso de água, ao período de retorno e à vazão necessária para diluição do esgoto gerado devido a estes critérios estarem relacionados apenas às características de região urbanizada.

Cenário Desejável – Com base na definição deste cenário e nas características da região, o volume de infiltração foi considerado mais importante que as vazões mínimas, porque, quanto maior for a área do projeto destinada ao processo de infiltração, maior será a possibilidade de atender às vazões mínimas para os corpos de água pela da recarga dos aquíferos. O período de retorno foi considerado mais importante que o critério vazão de pico, porque a utilização correta do período de retorno nos dispositivos de drenagem pode garantir que a vazão de pico

de projeto fique próxima à vazão de pico da região natural ou atenda a vazão de pico de inundação. O grau de poluição do esgoto gerado no empreendimento é mais importante que a vazão necessária para diluir esse esgoto, quando lançado nos corpos de água, porque, quanto menor for grau de poluição no esgoto gerado, menor será a quantidade de vazão necessária para diluir esse efluente. Entretanto, as vazões necessárias para diluir o esgoto gerado no empreendimento são tão importantes quanto a remoção dos poluentes das águas pluviais.

Cenário Projetado – Com base nas informações do projeto, o volume de infiltração é tão importante quanto os aspectos relativos às vazões mínimas, porque tanto o processo de infiltração quanto as vazões mínimas para atendimento aos usos consuntivos na área e, ainda, para manutenção de vazão remanescente mínima, foram atendidas pelo projeto. As vazões mínimas foram consideradas mais importantes que o reúso de água, uma vez que o projeto não prevê qualquer dispositivo para esta finalidade. Como a vazão de pico de projeto é menor que a vazão de pico da região e o projeto prevê a execução de dispositivos de drenagem com períodos adequados, os dois aspectos foram considerados igualmente importantes pelo projeto. Por outro lado, o projeto prevê o atendimento da norma sobre o padrão de esgoto lançado nos corpos de água, mas não terá vazão de diluição suficiente para manter o corpo de água receptor na classe 2 desejada. Quando comparado à vazão de diluição com a quantidade de poluentes removidos pelo sistema de drenagem, a remoção dos poluentes das águas pluviais foi considerada mais importante no projeto, visto que o resultado do cálculo da porcentagem de poluentes removidos aproximou da situação desejável.

Fase 3 – Avaliação entre os critérios

Conforme mencionado, esta fase objetiva a comparação entre os oito critérios de avaliação e contém o maior número de comparações no modelo *AUrb/ANP*. Desta forma, optou-se também, como no capítulo 6, por não apresentar individualmente a descrição das comparações realizadas, entendendo-se que o mais importante é apresentar a ótica segundo a qual todos os critérios foram analisados.

Como as avaliações se darão somente entre os oito critérios, portanto não tendo os cenários como referência, esta fase pode ser avaliada de diferentes maneiras, dependendo da interpretação dada pelo analista. Deste modo, optou-se por realizar as análises levando em consideração os aspectos técnicos de cada critério atribuído por Castro (2007). Com isso,

alguns critérios não foram comparados em função da incompatibilidade entre suas características como:

- Em relação ao padrão de esgoto lançado no corpo de água receptor, não foi realizada a avaliação entre a vazão de pico e o período de retorno;
- Em relação aos poluentes removidos pelo sistema de drenagem, o padrão de esgoto lançado também não foi comparado com vazão de diluição do esgoto.

Dentre as comparações que tiveram compatibilidade entre as características dos critérios podemos citar:

- Em relação ao volume de infiltração, o poluente removido pelo sistema de drenagem é mais importante que a vazão de diluição do esgoto, visto que a porcentagem dos poluentes removidos depende do volume de infiltração ocorrido no sistema de drenagem.
- Com relação ao padrão de esgoto lançado, a vazão para diluir o efluente lançado é mais importante que os poluentes removidos pelo sistema de drenagem, uma vez que a vazão de diluição tem como função evitar que o efluente lançado altere a classificação do corpo receptor.

Fase 4 – Avaliação dos critérios em relação a cada cenário

Esta fase objetiva comparar os cenários, projetado, desejável e natural com relação a cada critério de avaliação. Para possibilitar estas comparações, foi imprescindível caracterizar cada cenário separadamente utilizando as informações de avaliação de acordo com o critério em análise. Após a caracterização de cada cenário, é apresentada a conclusão da análise.

Neste caso, as avaliações entre os cenários refletem os resultados de cálculo realizado por Castro (2007).

Critério 1.1 – Volume de infiltração

A melhor situação é obtida quando o volume de infiltração de projeto é igual ao volume de infiltração da situação natural. Neste caso, isso significa que cenário desejável é igual ao cenário natural. Com base nas informações constantes no projeto em simulação hidrológica de

balanço hídrico da área, foi possível verificar que o volume médio de infiltração na situação natural teve como resultado $V_{inf_nat} = 1.420.000 \text{ m}^3/\text{ano}$. O resultado do volume de infiltração médio anual após a implantação do projeto foi estimado em $V_{inf_med} = 1.560.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ segundo informações acerca dos sistemas de infiltração previstos nas trincheiras e valetas, além das faixas verdes circundando o sistema de drenagem. Como os resultados mostraram que o volume de infiltração médio anual após a implantação do projeto é um pouco superior que o volume de infiltração da situação natural, o cenário projetado obteve pequena vantagem em relação ao cenário desejável e natural.

Critério 1.2 – Vazões mínimas

Neste caso, o indicador leva em consideração as vazões mínimas escoadas, as vazões da demanda de uso e a vazão remanescente do curso de água. Os cálculos mostraram que a vazão mínima estimada nos cursos de água, referente à utilizada pelo órgão gestor, no caso a $Q_{7,10}$, foi $Q_{min} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$ na saída do projeto. A vazão mínima remanescente a jusante conforme legislação do IGAM/MG corresponde a 70% da vazão mínima $Q_{7,10}$ e equivale a $Q_{rem_min} = 0,154 \text{ m}^3/\text{s}$ e a vazão máxima da captação prevista na área de projeto corresponde a $Q_{dem} = 0,029 \text{ m}^3/\text{s}$. Como mencionado, a condição desejável é atendida quando $Q_{min} \geq Q_{dem} + Q_{rem_min}$. Neste caso, o cálculo do cenário projetado resultou então no valor previsto de $Q_{dem} + Q_{rem_min} = 0,183 \text{ m}^3/\text{s}$ que é menor que $Q_{min} = 0,220 \text{ m}^3/\text{s}$ atendendo a situação desejável. Apesar de o cenário projetado atender a situação desejável, não comprometendo a vazão mínima a jusante, a situação natural é ainda melhor que o cenário desejável devido a não existir a parcela correspondente de consumo de água no cenário natural, o que diminui ainda mais o risco da vazão mínima ser comprometida.

Critério 1.3 – Reúso de água

Nesta avaliação, o critério tem a finalidade de avaliar o percentual de reutilização ou recuperação de águas frente às demandas da área de projeto com relação à recuperação de águas pluviais e de esgotamento sanitário após tratamento para usos menos nobres ou com tratamento para outros fins. Nas informações de projeto, verificou-se que não foi prevista a recuperação de águas para uso dentro da área de projeto ou mesmo o reúso de águas tratadas. No cenário desejável, boa parte da parcela de água consumida no empreendimento para usos

menos nobres deveria ser proveniente das águas pluviais e de águas tratadas do esgotamento sanitário. Portanto, o cenário desejável neste caso tem importância extremamente maior em relação ao cenário projetado. Cabe salientar que cenário natural não foi avaliado neste critério porque, não existindo demanda, conseqüentemente não é necessário o reúso de água.

Critério 2.1 – Comparação da vazão de pico em relação à situação urbanizada e natural e com a que cause inundação a jusante.

Este critério avalia, ao mesmo tempo, a vazão de pico da área de projeto em relação à vazão que causaria inundação em área a jusante e a vazão de pico da área em sua situação natural. Neste sentido, foram verificadas possíveis áreas a jusante com risco de inundação, devido à presença de ocupações irregulares em planícies de inundações do ribeirão dos Cristais, mesmo estando a área de projeto em sua situação natural. Neste caso, entende-se que o projeto a ser implantado deva ser responsável somente pela manutenção da vazão de inundação. Com isso, a vazão de restrição máxima para inundações a jusante da área em questão deve ser a vazão de cheia considerada para a área de projeto em sua situação natural, considerando para efeito de cálculo os parâmetros Q_{pico_alt} e Q_{pico_nat} .

Conforme informações do projeto a vazão de pico a jusante da área, estimada para o período de retorno de projeto, corresponde a $Q_{pico_alt} = 52,05 \text{ m}^3/\text{s}$ e a vazão de cheia para a situação natural corresponde a $Q_{pico_nat} = 54,04 \text{ m}^3/\text{s}$. Como, a $Q_{pico_alt} < Q_{pico_nat}$ a implantação da alternativa em projeto não causará perturbações nas vazões de cheia máximas. Como a melhor situação foi considerada quando $Q_{pico_alt} = Q_{pico_nat}$, o cenário projetado é igual ao cenário desejável.

Critério 2.2 – Verificação do período de retorno previsto para inundação dentro da área de projeto.

Este critério relaciona o período de retorno para o qual as estruturas hidráulicas estão dimensionadas dentro da área de projeto. O sistema, além de não incrementar a inundação em áreas a jusante, deve proteger a área de projeto quanto às inundações previstas com determinado período de retorno. Para isso, as estruturas previstas no referido projeto devem estar adequadamente dimensionadas, conforme períodos de retorno desejáveis. A melhor situação, portanto, para esse caso, é obtida quando o período de retorno projetado é maior ou

igual ao período de retorno desejável $T_{ret_proj} \geq T_{ret_des}$. Segundo informações constantes no projeto, as estruturas de micro-drenagem, macro-drenagem e as estruturas extravasoras da bacia de detenção foram dimensionadas para período de retorno 10, 25 e de 100 anos, respectivamente. Como os valores ficaram iguais ou superiores ao desejável, o cenário projetado é igualmente importante quando comparado ao cenário desejável. Cabe salientar que o cenário natural não foi avaliado neste critério porque a área de implantação projeto não possui estruturas hidráulicas e, conseqüentemente, não há período de retorno a ser analisado.

Critério 3.1 – Verificação do atendimento ao padrão de lançamento das águas de esgotamento sanitário

Esta avaliação propõe que esse critério considere o lançamento de efluentes da urbanização quanto à diluição em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), parâmetro importante de verificação da contaminação das águas de esgotamento sanitário. Conforme Von Sperling (1996) citado por Castro (2007), a DBO do curso de água em sua situação natural corresponde a $C_{DBO_nat} = 1,0$ mg/L para os cursos de água na região em análise. Quanto à DBO permitida para lançamento das águas de esgotamento sanitário, a concentração máxima permitida nos lançamentos de efluentes corresponde a $C_{perm_DBO} = 60$ mg/l segundo Deliberação Normativa COPAM/MG nº 010/86. Segundo informações constantes no projeto, os efluentes das residências unifamiliares terão previsão de fossa séptica e filtro anaeróbico. No caso dos efluentes advindos das áreas multifamiliares e do centro empresarial, será previsto tratamento com gradeamento e desarenação, biodigestor anaeróbico e biofiltro aerado submerso. Com base na estimativa de remoção de DBO pelos dispositivos utilizados e nas vazões calculadas, a concentração de DBO média nos lançamentos previstos na área do projeto corresponde a $C_{DBO} = 49,4$ mg/l.

Em síntese, o cálculo para os parâmetros foram $C_{DBO_nat} = 1,0$ mg/l para o cenário natural, $C_{perm_DBO} = 60,0$ mg/l para o cenário desejável e $C_{DBO} = 49,4$ mg/l para o cenário projetado. Conforme Castro (2007), a melhor situação ou situação “*ideal*” é obtida quando $C_{DBO} = C_{DBO_nat}$, ou seja, quando o valor do cenário projetado é igual ao cenário natural. Porém, como em área urbanizada não é possível atingir o parâmetro natural $C_{DBO_nat} = 1,0$ mg/l, a menos que o esgoto seja tratado antes de ser lançado em um corpo receptor, pode-se

considerar a situação desejável quando o valor do DBO previsto no projeto não ultrapasse o valor do DBO permitido de $C_{perm_DBO} = 60,0$ mg/l. Portanto, pode-se considerar nesta avaliação que o cenário projetado obteve desvantagem considerável em relação ao cenário natural, porém obteve resultado melhor se comparado com o parâmetro permitido $C_{DBO_na} \leq C_{DBO} < C_{perm_DBO}$.

Critério 3.2 – Verificação quanto à disponibilidade de vazão de diluição para águas de esgotamento sanitário

Este critério tem como objetivo avaliar se o lançamento do efluente proposto altera os padrões de qualidade em um corpo de água receptor, verificando a disponibilidade de vazão de diluição suficiente para que o padrão de qualidade do corpo de água não ultrapasse aquele determinado para sua classe de enquadramento. De acordo com os cálculos realizados, a vazão necessária para diluir o efluente gerado no empreendimento e manter o curso de água em sua classe de enquadramento foi $Q_{dil} = 0,232$ m³/s. Para a vazão mínima remanescente utilizada pela autorizada à outorgante e, considerando as demandas comprometidas a montante e a jusante da área do projeto, o cálculo revelou a vazão remanescente $Q_{rem_min} = 0,191$ m³/s. Conforme Castro (2007), é considerado a melhor situação ou situação “ideal” quando a vazão necessária para a diluição for $Q_{dil_DBO} = 0$ observado neste caso para o cenário natural e considerado um valor médio quando a vazão necessária para a diluição for $Q_{dil_DBO} = Q_{rem_min}$. Uma vez que a vazão Q_{dil} é superior à Q_{rem_min} , pode ser verificado que, com os lançamentos de efluentes previstos, não haveria disponibilidade hídrica suficiente para manter o curso de água em sua classe de enquadramento original no período mais seco do ano. Sendo assim, a avaliação do cenário projetado está em grande desvantagem se comparada ao cenário natural e pior também se comparado ao cenário desejável.

Critério 3.3 – Avaliação do percentual médio de remoção de poluentes pelo sistema de drenagem

Este indicador verifica o percentual médio de remoção de poluentes por meio de diferentes tipos de técnicas de drenagem, tendo como parâmetros de avaliação os seguintes fatores: A_{armaz} quando são previstas técnicas de armazenamento, A_{inf} quando são previstas técnicas de infiltração e $A_{armaz+inf\ it}$ quando são utilizadas em conjunto as técnicas de armazenamento e

infiltração, removendo respectivamente 50%, 100% e 70% de poluentes das águas pluviais. Deste modo, pode ser considerada a melhor situação quando o percentual de remoção atinge 100% observada para a situação natural, onde não existe sistema de drenagem artificial que conduz diretamente os efluentes para os corpos de água. Entretanto, a situação desejável pode ser considerada quando toda a área do projeto é drenada por meio de técnicas que prevejam a atuação conjunta da detenção e infiltração das águas pluviais, atingindo percentual médio de remoção de 70%. Com base nas informações previstas em projeto, o Condomínio drena 110ha para uma bacia de detenção total de 587ha, no restante da área foram previstas técnicas que levam à utilização conjunta de armazenamento e infiltração, como bacias de detenção nos lotes, valetas e trincheiras de detenção e infiltração, faixas verdes circundando o sistema de drenagem e diques de detenção temporária junto aos pontos de deságüe nos corpos de água. O resultado obtido pelos cálculos realizados por Castro (2007) atingiu 66% de remoção média de poluentes constantes nas águas pluviais por meio das técnicas de drenagem. Deste modo, podemos concluir, com base nesse resultado que, apesar de ficar em desvantagem em relação ao cenário natural, o cenário projetado ficou próximo da situação desejável.

7.6 Análise dos resultados

Depois de concluídas as etapas da sistemática de avaliação, foram obtidos os resultados gráficos do modelo *Aurb/ANP* conforme ilustrado na figura 7.3.

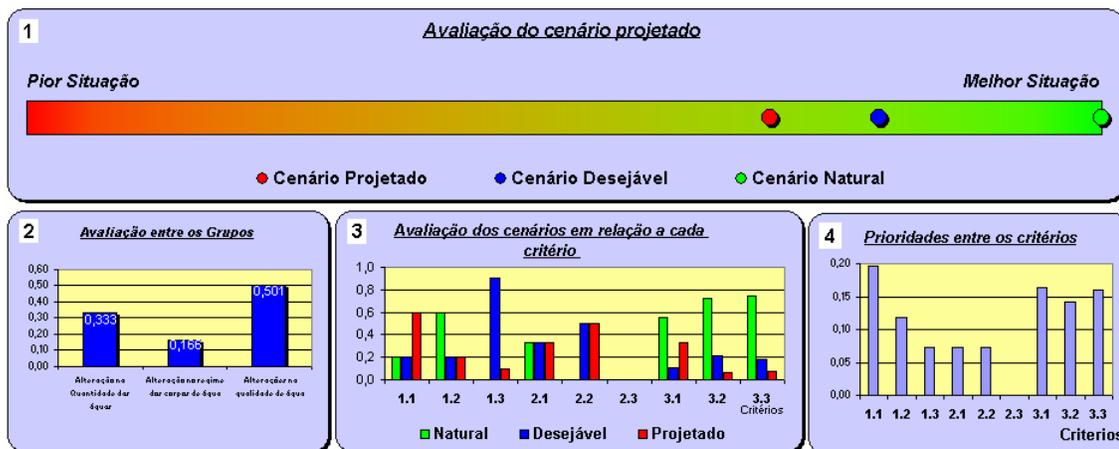


Figura 7-3 – Resultado da avaliação do Condomínio Vale dos Cristais.

Diante dos resultados apresentados, é possível diagnosticar o projeto do CVC sob o aspecto geral como também identificar os pontos negativos com relação aos critérios analisados.

Antes de comentar a análise sobre o primeiro gráfico, vale reforçar que, neste caso, o cenário

projetado deve ser analisado em relação ao cenário desejável e não ao cenário natural, pois conforme mencionado, a distância entre o projeto e o cenário natural indica o impacto da implantação do empreendimento sobre a região natural.

Sendo assim, o gráfico 1 indicou que o projeto do Condomínio Vale dos Cristais ficou próximo ao cenário desejável. Quando analisado em relação ao impacto do projeto sobre a região natural, que é a distância relativa entre os dois extremos do gráfico, o cenário projetado ficou posicionado mais próximo do extremo direito do gráfico, ou seja, da melhor situação. Deste modo, pode-se concluir, em termos gerais, que o cenário projetado está em posição confortável.

Com o objetivo de revelar as diferenças entre os cenários com relação a cada critério, o gráfico 3 possibilita identificar quais aspectos do empreendimento estão em desvantagem em relação à situação desejável. Portanto, a análise do gráfico 3 da figura 7.3, levando em consideração apenas os cenários projetado e desejável, pode-se concluir que o cenário projetado poderia ser revisto nos seguintes aspectos:

- Reúso da água (1.3);
- Vazão de diluição do efluente (3.2);
- Poluentes removidos pela drenagem (3.3).

Em relação aos outros critérios analisados, o cenário projetado foi igualmente avaliado ao cenário desejável em:

- Vazões mínimas (1.2);
- Vazão de pico (2.1);
- Período de retorno (2.2).

E foi melhor avaliado nos critérios:

- Volume de infiltração (1.1);
- Padrão de esgoto lançado (3.1).

Diante dos resultados apresentados, a avaliação do Condomínio Vale dos Cristais apresentou um resultado geral satisfatório por estar próximo à situação desejável causando impacto

esperado sobre o cenário natural, quando comparado aos dois extremos do gráfico. Porém, foi constatado que os aspectos relacionados à vazão de diluição de esgoto e ao reúso de água devem ser revistos para que o projeto do empreendimento possa aproximar-se da situação desejável e conseqüentemente diminuir o impacto sobre a região.

7.7 Conclusão

Como o objetivo deste estudo de caso é comparar os resultados entre a metodologia proposta neste trabalho e a metodologia utilizada por Castro (2007), os resultados das metodologias são apresentadas a seguir.

No trabalho de Castro foram utilizados os métodos multicritérios TOPSIS e ELECTRE para o processamento dos dados e o resultado da avaliação foi determinada com relação a classificado em três situações possíveis:

- Alternativas consideradas aceitáveis;
- Alternativas consideradas aceitáveis, mas que necessitam alterações;
- Alternativas consideradas inaceitáveis.

Com relação ao método TOPSIS utilizado, o resultado da aplicação da metodologia classificou o projeto do Condomínio Vale dos Cristais como aceitável com a ressalva de necessidade de alteração da vazão de diluição no que se refere à disponibilidade hídrica para a diluição do efluente advindo do esgotamento sanitário.

Com relação ao método ELECTRE também utilizado na avaliação de Castro, o resultado foi semelhante àquele obtido com o método TOPSIS, levando a sua consideração como aceitável, com a recomendação que o empreendedor melhorasse o sistema de tratamento previsto para o efluente do esgotamento sanitário ou o lançamento desse efluente em corpo de água com maior disponibilidade hídrica para a diluição do esgoto gerado no empreendimento.

Portanto, podemos concluir que o resultado geral de Castro (2007) considerou o projeto do Condomínio Vale dos Cristais como aceitável, porém com a condicionante de rever o projeto referente ao efluente a ser lançado.

O resultado, utilizando a metodologia proposta neste trabalho, indicou que o projeto do empreendimento é satisfatório em relação ao cenário desejável, porém revelou que os

aspectos referentes à vazão de diluição do efluente e o reúso de água deveriam ser revistos com o objetivo de melhorar a posição do projeto em relação à situação desejável.

Como o resultado da análise foi análogo ao resultado da metodologia proposta por Castro (2007), pode-se concluir que existe coerência entre os modelos comparados e a sistemática de avaliação utilizada no modelo *AUrb/ANP* pode ser considerada eficiente para uso em procedimentos correntes, permitindo verificar a eficiência de um projeto com relação a um cenário desejável, fornecendo ainda a indicação do impacto da implantação do projeto sobre a situação natural.

8 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

O objetivo deste trabalho foi a proposição de uma sistemática de avaliação simples, acessível e global para a implantação de empreendimentos sob a ótica de águas urbanas baseada em métodos multicritério.

Para atingir este objetivo, foi desenvolvida uma metodologia focada em dois pontos distintos porém inter-relacionados. Primeiramente, foi desenvolvido, em planilha eletrônica, um modelo de avaliação baseado no método multicritério ANP e elaborada uma sistemática de avaliação. Posteriormente, os critérios de avaliação foram definidos com base em um grupo de indicadores de sustentabilidade e por consulta à profissionais. A sistemática de avaliação, bem como o modelo *AUrb/ANP* foi aplicada e verificada por estudos de casos. Deste trabalho, algumas conclusões relevantes podem ser obtidas e perspectivas futuras de continuidade de pesquisas podem ser apontadas. O presente capítulo vai apresentar as principais conclusões obtidas para cada etapa metodológica, com a análise crítica dos resultados e as perspectivas para futuros trabalhos.

8.1 *Modelo AUrb/ANP e a sistemática de avaliação*

O objetivo foi criar um modelo de avaliação simples e acessível, porém eficaz baseado em métodos de análise multicritério e capaz de refletir as interações dos sistemas de águas urbanas. Como a idéia central foi avaliar um projeto de implantação de um empreendimento, o método multicritério escolhido, ANP, foi adaptado, estabelecendo como padrão de comparação os cenários desejável e atual da região. Desta forma, o modelo *AUrb/ANP* foi criado em planilha eletrônica Excel, cujas principais características são a facilidade de utilização por meio de uma Rede de Controle fixa com nove critérios, gerando um conjunto de gráficos de fácil interpretação.

Para orientar o analista no processo de avaliação de um projeto utilizando o modelo desenvolvido, foi elaborada uma sistemática de avaliação dividida em cinco etapas, a primeira etapa caracteriza o empreendimento, a segunda consiste na definição dos cenários, dos grupos e dos critérios de avaliação. Na terceira e quarta etapas são avaliados os grupos e os elementos, respectivamente. Finalmente, a quinta etapa consiste na análise dos resultados e diagnóstico do projeto. A aplicação da sistemática de avaliação nos estudos de caso foi considerada eficiente para verificar a metodologia proposta, uma vez que se mostrou útil na orientação do processo de avaliação com o uso do modelo *AUrb/ANP*.

Quanto ao modelo *AUrb/ANP*, sua aplicação nos estudos de caso mostrou-se viável e compreensível para uso em procedimentos correntes, permitindo verificar, de maneira geral, a eficiência de um projeto com relação às águas urbanas, possibilitando ainda fornecer recomendações para sua melhoria. Esta constatação é contribuição do presente trabalho no que se refere ao interesse das instituições de pesquisas para o desenvolvimento de modelos com estrutura formal mais simples e de fácil acesso à comunidade, o que facilita o trabalho dos analistas. Além disto, sua aplicação foi considerada eficiente na aplicação e verificação da metodologia proposta, uma vez que possibilitou constatar, na utilização do modelo, as primeiras impressões e identificar suas vantagens e desvantagens.

Podemos concluir, de maneira geral que, embora o modelo seja uma formulação matemática e ofereça parâmetros numéricos para a avaliação, a essência do modelo ainda é qualitativa, pois os resultados são diretamente dependentes das decisões relativas à definição de parâmetros e pesos de importância para cada item, decisões estas que antecedem a aplicação das rotinas matemáticas. Portanto, sua métrica baseia-se na noção subjetiva de “melhor”, devendo ser definido pelo analista ou pela equipe de trabalho a melhor e a pior situação no cenário em análise.

Com relação às vantagens identificadas no modelo, podemos considerar os seguintes aspectos:

- O analista não precisa ser especialista em métodos multicritério nem precisa ter conhecimento sobre softwares específicos, uma vez que a avaliação é realizada em planilha eletrônica;
- A operacionalidade do modelo em planilha eletrônica mostrou-se simples, eficiente e confiável;
- A avaliação é facilitada por meio de questionário fornecido pelo modelo, o analista responde às questões pela seleção do grau de importância na escala;
- O modelo possibilita ao analista avaliar todas as questões envolvidas na Rede de Controle, abrangendo todas as perspectivas de análise.
- A limitação do número de critérios de avaliação no modelo impede que o analista insira em número excessivo, pois, quanto maior for o número de critérios na Rede de Controle, maior será a complexidade da análise;

- O modelo fornece como resposta um conjunto simples de gráfico de fácil interpretação, permitindo ao analista obter as informações necessárias para realizar a avaliação.

Com relação às desvantagens da utilização do modelo foram identificadas as seguintes questões:

- Devido às inter-relações dos elementos na Rede de Controle, as questões apresentadas pelo modelo possuem alto grau de subjetividade, o que aumenta a probabilidade de diferentes interpretações;
- Como a problemática é abrangente, o modelo necessita de grande volume de informações e dados disponíveis da região e do projeto para que a caracterização dos cenários e a avaliação do projeto obtenham resultados coerentes com a realidade.
- Como as questões de comparação apresentadas pelo modelo podem ser complexas, a avaliação de um projeto com os mesmos critérios e diferentes analistas pode apresentar resultados diferentes. Assim, é recomendado que a avaliação seja realizada por um grupo de especialistas para diminuir o risco de análises tendenciosas;
- As opções disponíveis sobre o grau de importância na escala do modelo podem não atender a vontade do analista.

8.2 Critérios de avaliação

A determinação dos nove critérios de avaliação disponíveis da rede de controle do modelo foi baseada na seleção de uma lista de 78 indicadores relativos às águas urbanas proposta no contexto do projeto SWITCH. Efetuou-se a análise dos indicadores sob os aspectos de pertinência, possibilitando identificar 21 destes indicadores. Posteriormente, foi realizada uma pesquisa de opiniões com profissionais por meio de questionário sobre o grau de importância de cada indicador. Observou-se então, após a pesquisa, que todos os indicadores foram considerados importantes. A partir desta constatação, foi realizada uma tentativa de selecionar os nove indicadores pelo método cibernético. O método, porém, não apresentou respostas conclusivas. Optou-se então, por determinar os nove critérios de avaliação em função do objetivo proposto do trabalho e da configuração da Rede de Controle do modelo.

Conforme visto, a utilização de um grupo de indicadores de sustentabilidade para determinação dos critérios de avaliação mostrou-se bastante complexa, devido à

incompatibilidade entre a limitação do número de critérios disponíveis no modelo *AUr/ANP* e ao grande número de indicadores considerados relevantes e importantes para a avaliação. Além disto, percebeu-se também a dificuldade de selecionar um grupo de indicadores que, ao mesmo tempo, abrangesse todos os aspectos considerados relevantes na avaliação e de fácil obtenção de dados disponíveis nos projetos. A análise do grau de importância realizada pela consulta a profissionais, apesar de não ter sido conclusiva para a determinação dos critérios, foi considerada uma etapa de grande relevância, uma vez que o resultado da pesquisa revelou que todos os indicadores foram considerados importantes, em menor ou maior grau, de acordo com cada caso específico.

Apesar das dificuldades encontradas para determinar os critérios de avaliação, acredita-se que os critérios ficaram bem distribuídos nos grupos da Rede de Controle do modelo *AUrb/ANP* e abrangeram de forma satisfatória o tema e o objetivo do trabalho. Os critérios foram dispostos de modo que o primeiro grupo representasse os aspectos referentes à sustentabilidade e o segundo e terceiro grupo representassem os sistemas de águas urbanas.

Como a determinação dos critérios de avaliação teve como objetivo principal realizar uma avaliação global ou uma análise preliminar de um empreendimento, o analista pode optar em avaliar cada critério de avaliação por um conjunto de indicadores caso o projeto a ser avaliado disponha de informações suficientes.

8.3 Estudos de caso

Para a aplicação e verificação da metodologia proposta, foram realizados dois estudos de casos com áreas em situações de projeto distintas, o que possibilitou a observação de algumas conclusões relevantes.

O primeiro estudo avaliou o projeto de implantação de um empreendimento em área já urbanizada e o segundo avaliou uma área natural com um projeto de implantação de condomínio e comparou o resultado obtido com a avaliação realizada em outro estudo.

A avaliação do CAMG, como primeiro estudo de caso, buscou consolidar a sistemática de avaliação utilizando os critérios identificados neste trabalho. Nesta situação, foram definidos os cenários atual e desejável como parâmetros de avaliação e foi definido como cenário desejável o equilíbrio entre as características do projeto e da região, visando à implantação do empreendimento e a recuperação das características originais do local.

As informações da localização, da região e do projeto possibilitaram a caracterização do empreendimento e permitiram inserir vários indicadores em cada critério de avaliação. Posteriormente, a partir dos pontos negativos identificados no diagnóstico, foi possível sugerir alterações no projeto.

As alterações sugeridas para o sistema de abastecimento e esgotamento foram a diminuição da demanda no consumo de água fornecido por meio de dispositivos hidráulicos de baixo consumo e a diminuição da poluição dos efluentes e do volume de esgoto gerado pelo empreendimento pelo tratamento e reúso da água dos efluentes sanitários. Com relação ao sistema de drenagem, as sugestões foram de utilizar a lagoa maior como bacia de detenção, para proporcionar o amortecimento de cheias e maior proteção contra inundações a jusante do projeto, a implantação da trincheira de infiltração e do pavimento poroso, para proporcionar a recarga do lençol freático, a melhora da qualidade das águas pluviais, o aumento da área permeável e a diminuição do escoamento superficial.

Com base nas sugestões de alteração citadas, uma nova avaliação do CAMG foi realizada e observou-se melhora considerável no empreendimento com relação ao cenário desejável.

A avaliação do Condomínio Vale dos Cristais (CVC), no segundo estudo de caso, buscou a verificação da metodologia proposta e teve como principal objetivo avaliar um projeto utilizando os mesmos critérios e informações de outro estudo de caso já realizado, comparando os resultados a fim de validar o modelo desenvolvido.

Para isto, foram estabelecidos os cenários natural e desejável como padrões de avaliação. O cenário desejável foi definido como a combinação mais equilibrada possível entre as características do empreendimento e da região para que os efeitos negativos desta intervenção pudessem ser minimizados no cenário natural. Após a avaliação, o resultado geral da implantação do projeto foi satisfatório, entretanto, foi constatado no diagnóstico que os aspectos relacionados à vazão de diluição de esgoto e ao reúso de água devem ser revistos. Este resultado mostrou-se semelhante à avaliação realizada por Castro (2007), porém forneceu ainda a indicação do impacto da implantação do projeto sobre a situação natural.

Os estudos de caso analisados foram considerados importantes por ressaltarem as vantagens e desvantagens da sistemática de avaliação e do modelo desenvolvido. No entanto, a avaliação poderia ter sido mais realista e menos subjetiva se fosse realizada por um grupo de analistas.

Com relação ao CAMG, a consolidação da metodologia mostrou a possibilidade de avaliar vários indicadores em cada critério de avaliação. Esta vantagem permite ao analista escolher os aspectos mais relevantes para cada critério de acordo com as informações disponíveis, da região e do projeto avaliado. Outra dificuldade observada concerne à obtenção de informações, não somente devido à disponibilidade de dados, como também à dificuldade de coleta dos dados existentes. A obtenção dos dados sobre os custos de implantação e manutenção dos critérios avaliados apresentaram dificuldades adicionais, uma vez que as informações sobre o custo do empreendimento são muitas vezes restritas e os dados dos custos de manutenção são escassos no Brasil. Assim, foram realizadas análises superficiais sobre os custos, porém, considerando-se que a análise refletiu, de maneira geral, coerência, acredita-se que esses fatores não prejudicaram, de forma significativa, os resultados obtidos.

A avaliação do CVC evidenciou a versatilidade do modelo por permitir a avaliação de diferentes cenários e critérios do que foi proposto inicialmente e comprovou que a base de cálculo do modelo está coerente, visto que o resultado desta avaliação mostrou-se semelhante ao resultado da metodologia proposta por Castro (2007). A utilização do modelo *AUrb/ANP* em um estudo de caso apresentando o mesmo resultado de outra metodologia desenvolvida, não significa, que o método foi validade, pode-se concluir apenas que o modelo *AUrb/ANP* demonstrou ser coerente com outros resultados desenvolvidos.

8.4 Perspectivas

Por meio da análise crítica e conclusões, foi possível vislumbrar a continuação e complementação deste trabalho com a possibilidade de abertura de perspectivas para o desenvolvimento de novos estudos nos aspectos descritos a seguir:

Em função da flexibilidade do modelo, há a perspectiva de verificar a viabilidade de aplicação do modelo *AUrb/ANP* em outras áreas, permitindo ser transposta e adaptada para outros casos e orientando novas pesquisas relacionadas a outros domínios da ciência, apoiando a análise global de viabilidade de um projeto. Nesse sentido, outro aspecto verificado trata da possibilidade de agregar a metodologia proposta a outras já aplicadas ou em desenvolvimento.

No que se refere à análise crítica realizada no modelo *AUrb/ANP*, pode ser visualizada a possibilidade de um estudo para o aperfeiçoamento do modelo em seu aspecto geral, principalmente no que se refere à melhoria das desvantagens mencionadas.

Quanto à escala de avaliação utilizada no modelo, foi verificado que os valores disponíveis nem sempre correspondiam à vontade do analista. Assim, outro estudo poderia contemplar a possibilidade de alterar a escala de avaliação para permitir maior flexibilidade ao analista, em função de características dos elementos avaliados.

Em se tratando do aperfeiçoamento do modelo, constatou-se a necessidade de melhorar a interface para facilitar ainda mais a sua utilização e disponibilizar no questionário uma área para permitir que o analista justifique por escrito suas análises após cada questão.

Quanto à dificuldade encontrada de determinar os critérios de avaliação por meio da metodologia utilizada, pode ser visualizada a possibilidade de ser realizada uma nova avaliação dos indicadores.

Com relação à avaliação dos estudos de caso, percebeu-se a necessidade de envolver um grupo de especialistas nas questões apresentadas pelo modelo, pois se acredita que a avaliação de um projeto por um grupo de profissionais poderia diminuir os julgamentos subjetivos e facilitar a análise das questões apresentadas pelo modelo.

Finalmente, outra perspectiva vislumbrada trata da possibilidade de continuação dos estudos para verificar a validação do modelo realizando a análise de sensibilidade e robustez.

9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADRIAANSE, A. *Environmental policy performance indicators*. SDV Publishers. Haia, Holanda. 1993.
- AN INTERNATIONAL JOURNAL URBAN WATER. *Urban Water Description*. Disponível em <www.elsevier.com/wps/find/journaldescription.cws> acessado em 7 set. 2007.
- AUTRAN L.F.M.G; GONZÁLES M.C.A; CARIGNANO C; **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Pioneira Thompson Learnig, 2004. 168p.
- AZZOUT, Y. *Aide a la décision appliquée au choix des techniques alternatives em assainissement pluvial*. Tese de doutorado. Méthodes de conception en aménagement, bâtiment et techniques urbaines – L’Institut National des Sciences Appliquées de Lyon. Lyon, França. 245p. 1996.
- BAPTISTA M.; NASCIMENTO N.; Risco e Tempo de Retorno. Depto. Engenharia Hidráulica e Recursos Hídricos – Hidrologia Urbana – Drenagem. 2002.
- BAPTISTA M.B.; NASCIMENTO N.O; BARRAUD S; **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. Porto Alegre: ABRH, 2005. 266p.
- BAKKES, J.A. et al. *Economics Growth, carrying capacity and the environment*. Science, n. 268, p.520-521, 1995.
- BARCZAK A.; GRIVAUULT C.; *Geographical Information System for the Assessment of Vulnerability to Urban Surface Runoff*. França: Laboratory of Thema. Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management – 6th international Conference 2006.
- BARONI, M. Ambiguidades e deficiências do conceito de sustentabilidade. RAF, São Paulo, v. 32, n. 2, p. 14-24, abr./jun. 1992.
- BAUMANN D. D.; BOLAND, W.J.; HANEMANN M.; *Urban Water Demand Management and Planning*. New York: McGraw-Hill Professional, 1997. 350p.
- BELL S.; MORSE S.; *Measuring Sustainability*. London: Earthscan, 2003. 187p.
- BOSEL, H. *Earth at a crossroads: paths to a sustainable future*. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. 354p.
- CASTRO, L.M.A. Proposição de Indicadores para a Avaliação de Sistemas de Drenagem Urbana. 2002. 118 p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2002.
- CASTRO, L.M.A. Proposição de Metodologia para a Avaliação dos Efeitos da Urbanização nos Corpos de Água. 2007. 297 p. (Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2007.
- CHAVALIER, S. et al. *User guide to 40 Community Health indicators*. Ottawa: Community Health Division, Health and Welfare Canada, 1992.
- CHOCAT, B. (Coord.) *Encyclopédie de l’hydrologie urbaine et de l’assainissement*. Lavosier. Paris, França. 1124p., 1997.
- CMMAD – Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. Nosso Futuro Comum. Relatório Brundtland.
- CRESPO P. G. **Sistema de esgotos**. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG/DESA, 1997. 131p.
- DAHL, A. L. *The big picture: comprehensive approaches*. In: MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Eds.). Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development. Chichester: John Wiley & Sons., 1997.

- DAHL A. L.; HAK T.; MOLDAN B.; *Sustainability Indicators: A Scientific Assessment*. Island Press, 2008. 448p.
- DRENURBS. Estudos de Viabilidade Técnica – Lote 4 – Bacia do Córrego Floresta. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte – Programa Drenurbs. 12p. 2004.
- DRENURBS. Metodologia Adotada nos Estudos Hidrológicos e Hidráulicos. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte – Programa Drenurbs. 51p. 2004.
- DRENURBS. Diagnóstico Sanitário e Ambiental. Programa de Recuperação Ambiental e Saneamento dos Fundos de Vale e dos Córregos em Leito Natural de Belo Horizonte – Programa Drenurbs Diagnóstico Sanitário e Ambiental. 2003. 76p.
- DRENURBS. Modelação Hidráulica e hidrológica Aplicada à bacia elementar 4140300. Secretaria Municipal de Políticas Públicas -SMURBE. 52p. 2007.
- ENGESOLO E. Memorial Descritivo do Centro Administrativo de Minas Gerais, 2005.
- FIGUEIRA, J. CRECO, S. EHRGOTT, M. *Multiple Criteria Decision Analysis State of The Art Surveys*. Boston: Springer Science, 2005. 992p.
- FIGUEIRA, J. *Electre Methods*. Faculdade de Economia and INESC – Universidade de Coimbra – 2004.
- FIGUEIREDO, L.L.L. A Análise Multicriterial na Avaliação de Impactos Ambientais. **III Encontro ECO-ECO** – Instrumentos Econômicos e Políticas Públicas para a Gestão Ambiental, 1999. Disponível em: < www.ecoeco.org.br/pdf/e3_m3_a7.pdf>.
- GALLOPING, G. C. *Environmental and Sustainability indicators and the concept of situational indicators*. A system approach. Environmental Modelling & Assessment, n. 1, p. 101-117, 1996.
- GOODLAND, R.; DALY, H. *Environmental Sustainability: Universal and Non-Negotiable Ecological Applications*, pp 1007 – 1017. 1996.
- GROTTKER M., PRIGGE BIRCHER A.; *Cybernetic Approach in Urban Water Management*. Germany: Luebeck University of Applied Sciences. Sustainable Techniques and Strategies in Urban Water Management – 6th international Conference 2006.
- HALLA.R.S; CRISTOPHER.A.K; BARRY J.A. *Developing sustainability criteria for urban infrastructure systems*. Publicado na NRC Research Press Web do Department of Civil Engineering, University of Toronto site. Disponível em: < <http://cjce.nrc.ca> on 8 March 2005>. 2005.
- HAMMOND A.; *Which World?: Scenarios for the 21st Century Global Destinies, regional choices*. Washington D.C: Island Press, 2000. 318 pag.
- HARADA, A. L.; CORDEIRO NETTO, O. M. Métodos Multicritério de auxílio à decisão. Texto de disciplinas do mestrado em tecnologia ambiental e recursos hídricos do departamento de engenharia civil e ambiental da Universidade de Brasília. Brasília. 13p., 1999.
- HARDI, P. *The dashboard of sustainability*. Winnipeg, 2000. (Working paper).
- HAUGER.M.B.; MOUCHEL J.M.; MIKKELSEN P.S.; *Indicators of hazard, vulnerability and risk in urban drainage*. ENPC, Cereve, France. Institute of Environment & Resources, Technical University of Denmark. **Water Science & Technology** Vol 54 No 6–7 pp 441–450 Q IWA, 2006.
- HELLSTRÖM D.; Jeppsson U.; Kärrman E.; *A Framework for Systems Analysis of Sustainable Urban Water Management*. Stockholm Water Co., Stockholm, Sweden 2000.

- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Demográfico 2000: primeiros resultados da amostra. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/censo2000/default_prim_reultados.shtm>. Acessado em: 02 mai. 2007.
- JUNQUEIRA, J. C. R.; Desenvolvimento de Modelo para Avaliação de Desempenho de Política Pública de Meio Ambiente. Estudo de Caso: Estado de Minas Gerais. 2005. 320 P. (Tese de Doutorado em Saneamento, Meio Ambiente e recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2005.
- KAMISH, Z. O. A Review of Multi Criteria Decision Making With dependency Between Criteria. MCDM 2006, Chania, Greece, June 19-23, 2006. Anadolu University Yunusemre Campus, 26470 Eskisehir, Turkey. Disponível em <<http://www.dpem.tuc.gr/fel/mcdm2006/Papers/Ozturk.pdf>> Acesso em: 07 mar. 2007.
- LUME, E. A. Relatório de Impacto Ambiental do Centro Administrativo de Minas Gerais, 40p. 2006. Disponível, em: <www.planejamento.mg.gov.br/centro_adm/CAMG/034-RIMA-VERSAO-COMPLETA-R00-061218-DOCUMENTO-3.pdf> Acesso em: 15mai 2007
- MAYSTRE, L. Y.; BOLLINGER, D. *Aide à la négociation multicritère: pratique et conseils*. Lausanne, Suisse: Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, 1999, 192 p.
- MCLAREN, R. A.; SIMONOVIC, S. P. *Data needs for sustainable decision making*. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 6: 103-113, 1999.
- MEADOWS, D. *Indicators and informations systems for sustainabe development*. Hartland Four Corners: The Sustainability Institute, 1988.
- MICHAEL, H.V.B; **Indicadores de Sustentabilidade**. Rio de Janeiro: FGV, 2007. 256 p.
- MIRANDA A. B.; TEIXEIRA B. A. N.; Indicadores de Sustentabilidade para os Sistemas Urbanos de Água e Esgoto. Departamento de Engenharia Urbana da Universidade Federal de São Carlos – (PPGEU/UFSCar). 2003.
- MOURA, P.M. Contribuição para a Avaliação Global de Sistemas de Drenagem Urbana. 2004. 146 p. (Dissertação de Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte 2004.
- NASANI P. R.; Norbet Wiener. *Vita Mathematica*. Pennsylvania: Switzerland, 1990. 403p.
- NASCIMENTO N. O.; HELLER L.; Ciência, Tecnologia e Inovação na Interface entre as áreas de Recursos Hídricos e Saneamento. Departamento de Engenharia Sanitária ambiental Volume 10 – Nº1- Jan/mar 2005, 36-48.
- NASCIMENTO N.; HELLER L.; BRYAN E.; SCHOLLES L.; *Towards a paradigm SWITCH: Integrating Urban Water Management in Belo Horizonte*. Brazil. Departamento de Hidráulica e recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais. Sustainable Techniques and Satrategies in Urban Water Management – 6th international Conference 2006.
- OECD – Organization for Economic Cooperation and Development. *Core set of indicators for environmental performance reviews: a synthesis report by the group on the state of the environment*. OECD. Paris, França. 1993.
- OLIVEIRA D. E.; Sobre um método assemelhado ao de Francis para a determinação de autovalores de matrizes. (Dissertação de Mestrado Pós-Graduação em Matemática Aplicada) Universidade Estadual Paulista Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas Departamento de Ciências de Computação d Estatística. 2006. 73p.
- PIANTANAKULCHAI, M. *Analytic Network Process Model For Highway CORRIDOR Planning*. ISAHP 2005, Honolulu, Hawaii, july 8-10,2005. Disponível em <<http://www.superdecisions.com/~saaty/ISAHP2005/>>. 2005.

- PORTO, M. F. A. Aspectos qualitativos do escoamento superficial em áreas urbanas. pp. 387-428. In: TUCCI, C.E.M.; PORTO, R.L; BARROS, M. T. **Drenagem Urbana**. Editora da UFRGS. Associação Brasileira de Recursos Hídricos. Proto Alegre, 428p. 1995.
- PREFEITURA Municipal de Belo Horizonte. Plano Municipal de Saneamento de Belo Horizonte. Disponível em: <http://portal2.pbh.gov.br/pbh/index.html?id_conteudo=13480&id_nivel1=-1>. 2007.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE – PMI; **PMBOK – Project Management Body of Knowledge**. Philadelphia: Campus Boulevard, 2004. 384p.
- RHAMA Consultoria Ambiental. Águas Urbanas <http://www.rhama.net/areasatuacao_aguas.asp>. 2008.
- ROSSETTO A. M.; ORTH D. M.; FÁVERO R.; Avaliação integrada da Sustentabilidade de Cidades. UPF – Faculdade de Engenharia e Arquitetura – Passo Fundo – RS. COBRAC 2004 · Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. UFSC Florianópolis, Outubro 2004.
- RUTHERFORD, I. *Use of models to link indicators of sustainable development*. In: MOLDAN, B.; BILHARZ, S. (Eds.). Sustainability indicators: report of the project on indicators of sustainable development. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 1997.
- SATTY, T. L. *A scaling method for priorities in hierarchical structures*. Journal of Mathematical Psychology, v. 14, p. 234-281, 1997
- SAATY, T.L. *Fundamentals of the Analytic Network Process*. ISHAP 1999, Kope, Japan, August 12-14, 1999. Disponível em <<http://chern.ie.nthu.edu.tw/IEEM7103/937805-paper-1-may6.pdf>>.
- SAATY, T. L. **Decision Making in Complex Environments**: The Analytic Hierarchy Process (AHP) and The Analytic Network Process (ANP) for Decision Making with Dependence and Feedback. Pittsburgh: Creative Decisions Foundation, 2003. 114 p.
- SAATY, T.L. **Theory and Applications of the Analytic Network Process**. Pittsburgh: RWS Publications, 2005. 351p.
- SACHS, I. Desenvolvimento sustentável, bioindustrialização descentralizada e novas configurações rural-urbanas. Os casos da Índia e do Brasil. In: VIEIRA, P. F.; WEBER, J. (Orgs.). Gestão de recursos naturais renováveis e desenvolvimento: novos desafios para a pesquisa ambiental. São Paulo: Cortes, 1997.
- SEPLAG- Secretaria de Estado e Planejamento e Gestão. Relatório de Impacto Ambiental do Centro Administrativo de Minas Gerais. Belo Horizonte: Lume Estratégia Ambiental 2006. 40p. Disponível, em: <www.planejamento.mg.gov.br/centro_adm/CAMG/034-RIMA-VERSAO-COMPLETA-R00-061218-DOCUMENTO-3.pdf>.
- SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME PRIORITY; *Sustainable Water management Improves Tomorrow's Cities' Health* (www.switchurbanwater.eu) – Annex I – “Description of Work”. Agosto de 2005. 250p.
- SUPRAM. Parecer da análise do processo de Licença de Instalação do Centro Administrativo de Minas Gerais, 51p. 2007.
- TUCCI C. E. M.; Aspectos Urbanos e Mudanças Climáticas. III Conferência Regional sobre Mudanças Globais: América do Sul – Mudança climática rumo a um novo acordo mundial. Instituto de pesquisa Hidráulicas UFRGS – Porto Alegre – RS, 2007a.
- TUCCI C. E. M.; Gestão das Águas Pluviais. Instituto de Pesquisas Hidráulicas Universidade Federal do Rio Grande do Sul GWP South America. 2005a.
- TUCCI C. M.; **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Editora da Universidade 2ª edição 2001. 941p.
- TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. Disponível em: <<http://www.foroagua.org.py/livro%20inundacoes%20urbanas/cap2-1.pdf>> Acesso em 17 jun. 2007b.

- TUCCI, C.E.M.; **Águas Urbanas: Interface no Gerenciamento** 375 a 411p. Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Arlindo Philippi Jr., 2005b. 842p.
- TUNSTALL, D. *Developing environmental indicators: definitions, framework and issues*. Workshop on global environmental indicators. Washington D. C., Estados Unidos. 1992.
- VÁRIOS AUTORES. Saneamento, Saúde e Ambiente. Fundamentos para um desenvolvimento sustentável. Barueri: Arlindo Philippi Jr., 2005.
- VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Vol. 1: Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. 2ª Ed. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental da UFMG, Belo Horizonte, 243p., 1996.
- WOODCOCK, S. *Sustainability Design Guidelines for Urban Release Areas A Masterplan Approach for Developers*. Institute for Sustainable Futures University of Technology of Sydney. 2000.

APÊNDICE I

QUESTIONÁRIO DE SELEÇÃO E AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE SUSTENTABILIDADE EM ÁGUAS URBANAS

A implantação de um empreendimento em uma área já urbanizada pode comprometer o equilíbrio hidrológico da região e afetar o sistema de águas urbanas nos aspectos de abastecimento, esgotamento e drenagem na área de intervenção e nas áreas de influência.

Esta pesquisa intitulada “AVALIAÇÃO DE INTERVENÇÕES EM ÁREAS URBANAS À LUZ DOS IMPACTOS NOS SISTEMAS DE INFRA-ESTRUTURA SANITÁRIA”, está sendo realizada dentro do contexto de uma dissertação de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Universidade Federal de Minas Gerais.

O objetivo geral do trabalho é avaliar a sustentabilidade de empreendimentos em áreas urbanizadas em relação às águas urbanas, comparando os cenários atual edesejável da região com o previsto no projeto. Para tanto pretende utilizar um método multicriterial dentro de uma sistemática de análise a ser desenvolvida. Como parte deste objetivo, este questionário apresenta um conjunto de 21 indicadores, pré-selecionados a partir do conjunto geral proposto pelo Projeto Switch, que deverão ser avaliados quanto à pertinência e o grau de importância. Posteriormente, os resultados dos questionários serão analisados e os indicadores mais pertinentes serão selecionados para fazer parte da sistemática de avaliação proposta.

Solicitamos que os indicadores listados a seguir sejam avaliados à luz dos objetivos fixados, após uma reflexão sobre o tema, levando em consideração que eles devem representar os aspectos gerais em termos de águas urbanas.

Os indicadores, e seus respectivos objetivos, devem ser avaliados com o grau de importância conforme escala a seguir ao lado direito de cada linha. As sugestões ou comentários que acharem pertinentes em relação ao questionário ou ao trabalho de pesquisa, podem ser inseridos no espaço após a lista.

Grau de Importância	Pesos
Pouco Importante	1
Importante	2
Muito Importante	3

Nome:			Data:
Especialidade:			
Item	Indicador	Objetivo	Importância
1	Uso de água potável	Minimizar o consumo da água provida pelo sistema de abastecimento	
2	Descarga de Nitrogênio na água	Minimizar o excesso de nutrientes (compostos químicos ricos em nitrogênio, normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais)	
3	Descarga Fósforo na água	Minimizar o excesso de nutrientes (compostos químicos ricos em fósforo, normalmente causado pela descarga de efluentes agrícolas, urbanos ou industriais)	
4	SST Descarga de Sólido Suspensos Totais	Minimizar a porcentagem de concentração de Sólidos Suspensos Totais	
5	DBO Descarga de Demanda Bioquímica de Oxigênio BDC	Minimizar a Demanda Bioquímica de oxigênio	
6	Geração de esgoto	Minimizar a geração de esgoto produzido	
7	Geração de água de chuva	Prever o fluxo do escoamento da água de chuva	
8	Odor	Minimizar a poluição do ar	
9	Água reciclada	Maximizar a reciclagem (reuso) da água	
10	Custo total de infra estrutura	Minimizar o custo da infra estrutura do sistema de águas urbanas	
11	Custo de manutenção e operação	Minimizar o custo de operação e manutenção do sistema de águas urbanas	
12	Desenvolvimento do local	Maximizar o desenvolvimento local	
13	Aceitação social/ conveniência	Maximizar a aceitação social e a conveniência da interface do sistema de águas urbanas	
14	Aceitabilidade legal atual	Estar dentro das normas legais vigentes	
15	Provisão de espaços abertos no ambiente urbano	Maximizar espaços abertos para convivência social	
16	Risco de contaminação	Minimizar o risco de contaminação da água no sistema de águas urbanas	
17	Qualidade de água tratada	Satisfazer o padrão de qualidade da água de consumo	
18	Enchente	Minimizar os eventos de enchentes na área de intervenção e a jusante	
19	Paisagem	Maximizar o uso das características originais da região	
20	Durabilidade/ vida útil	Maximizar a vida útil do sistema de águas urbanas na intervenção e na área de influência	
21	Compatibilidade com sistemas existentes	Maximizar a compatibilidade na área de intervenção e na área de influência	
Sugestões e comentários:			

APÊNDICE II

INDICADORES PROPOSTOS PELO PROJETO SWICHT

34 Indicadores da categoria AMBIENTAL

Environmental Indicators		
Indicator	Objective	Monitoring strategy
1 Fresh water use	To minimise resource depletion	Quantitative using water balance analysis - Annual amount of fresh water imported to the study area in ML
2 Energy use	To minimise the use of fossil resources and related greenhouse gas emissions	Qualitative Based on the annual electricity use by the total water system
3 N discharge to receiving waters	To minimise contamination of water ways/eutrofication	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual N load discharge to receiving waters in tonnes
4 P discharge to receiving waters	To minimise contamination of water ways/eutrofication	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual P load discharge to receiving waters in tonnes
5 TSS discharge to receiving waters	To minimise contamination of water ways	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual TSS load discharge to receiving waters in tonnes
6 BOD discharge to receiving waters	To minimise contamination of water ways	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual BOD load discharge to receiving waters in tonnes
7 Wastewater generation	To minimise wastewater generation	Quantitative using water balance analysis - Annual wastewater flows leaving study area in ML
8 Stormwater generation	To mimic pre-development stormwater flows	Quantitative using water balance analysis - Annual stormwater flows leaving study area in ML
9 Recycling of nutrients	To maximize nutrient use locally thereby reducing the use of fossil resource and GHG emissions	Quantitative using water balance analysis - Annual volume of treated wastewater recycled in ML
10 Use of material for construction of infrastructure	To minimise material use	Qualitative Based on the total length of pipes and concrete channels used for urban water transportation
11 N discharge to land	To minimise contamination of soil and land degradation	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual N load discharge to land in tonnes
12 P discharge to land	To minimise contamination of soil and land degradation	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual P load discharge to land in tonnes
13 TSS discharge to land	To minimise contamination of soil and land degradation	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual TSS load discharge to land in tonnes
14 BOD discharge to land	To minimise contamination of soil and land degradation	Quantitative using contaminant balance analysis - Annual BOD load discharge to land in tonnes
15 Use of construction material	To minimise use of construction material	Qualitative using documentation on design or construction
16 Use of chemicals	To minimise use of chemicals	Quantitative using documentation on design, construction and operation
17 Heavy metals discharge to water	To minimise contamination of surface water and/or groundwater	Quantitative - using water quality data
18 Persistent organic compounds discharge to water	To minimise contamination of surface water and/or groundwater	Quantitative - using water quality data
19 Antibiotics/medical residues discharge to water	To minimise contamination of surface water and/or groundwater	Quantitative - using water quality data
20 Hormones discharge to water	To minimise contamination of surface water and/or groundwater	Quantitative - using water quality data
21 Heavy metals discharge to land	To minimise contamination of land	Quantitative - using water quality data
22 Persistent organic compounds discharge to land	To minimise contamination of land	Quantitative - using water quality data
23 Antibiotics/medical residues discharge to land	To minimise contamination of land	Quantitative - using water quality data
24 Hormones discharge to land	To minimise contamination of land	Quantitative - using water quality data
25 Contribution to global warming	To minimise the contribution to global warming	Quantitative - based on data on energy consumption and direct GHG emissions from infrastructure
26 Odour	To minimise air pollution	Qualitative - based on the number of odour complaints per year
27 Nutrients recovered	To maximise nutrient recover	Quantitative - based on monitoring of nutrient reuse in agriculture/aquaculture
28 Energy recovered	To maximise energy recovery	Quantitative - based on monitoring of energy production
29 Water recycled	To maximise water recycling	Quantitative - based on water balance over the system
30 Sludge disposal to landfill	To minimise sludge disposal to landfill	Quantitative - based on operational data of the landfill and/or the wwtp
31 Photochemical oxidant formation	To minimise photochemical oxidant formation	Quantitative - based on effluent water quality
32 Human toxicity	To minimise human toxicity	Quantitative - based on effluent water quality
33 Aquatic ecotoxicity	To minimise aquatic ecotoxicity	Quantitative - based on effluent water quality
34 Terrestrial ecotoxicity	To minimise aquatic ecotoxicity	Quantitative - based on effluent water quality

7 indicadores econômicos

ECONOMIC INDICATORS			
	Indicator	Objective	Monitoring strategy
1	Total infrastructure cost	To maximise the economic viability of water service provision	Quantitative using life cycle cost analysis - Life cycle cost of infrastructure, over a defined planning period (50 years)
2	Cost to customers	To minimise the cost to individual customers	Qualitative -Based on the charges paid by customers for urban water services and costs involved in maintaining infrastructure provided at property level
3	Annual costs (including capital and maintenance costs)	To minimise the annual costs	Quantitative using life cycle cost analysis - Life cycle cost of infrastructure, over a defined planning period (50 years)
4	Capital costs	To minimise the capital costs	Quantitative using life cycle cost analysis - Life cycle cost of infrastructure, over a defined planning period (50 years)
5	Operational and maintenance costs	To minimise the O&M costs	Quantitative using life cycle cost analysis - Life cycle cost of infrastructure, over a defined planning period (50 years)
6	Capacity to pay	To maximise infrastructure/service sustainability	Quantitative
7	Local development	To maximise local development	Qualitative

10 indicadores sociais

SOCIAL INDICATORS			
	Indicator	Objective	Monitoring strategy
1	Social acceptance	To maximise the social acceptability of water service provision	Qualitative - Based on adequate and safe water supply being readily available throughout the year, wastewater disposed of in a safe and cost effective manner and properties not
2	Customary (Maori) values	To ensure customary (Maori) values are reflected appropriately, and do not damage heritage items in	Qualitative - Based on the likelihood of preserving customary (Maori) values.
3	Willingness to pay	To maximise cost recovery and sustainability of the services	Quantitative - customer surveys
4	Convenience (comfort, personal security, smell, noise, attractiveness,	To maximise convenience	Qualitative
5	Institutional requirements	To maximise sustainability of services	Qualitative
6	Responsibility distribution	To maximise sustainability of services	Qualitative
7	Current legal acceptability		Qualitative
8	Ability to address awareness and information needs	To maximise sustainability of services	Qualitative
9	Generation of employment	To maximise employment	Qualitative
10	Provision of open spaces in the urban environment	To maximise citizen well being	Quantitative

8 indicadores de saúde

HEALTH INDICATORS			
	Indicator	Objective	Monitoring strategy
1	Public health water supply	To minimise health risk of water supply	Quantitative - records of utilities/municipalities
2	Public health wastewater	To minimise health risk of wastewater provision	Quantitative - records of utilities/municipalities
3	Number of connections to water supply services	To minimise health risks	Quantitative - records of utilities/municipalities
4	Number of connections to sanitation	To minimise health risks	Quantitative - records of utilities/municipalities
5	Incidence of diarrhea	To minimise incidence of diarrhea	Quantitative - records of health authorities / Risk analysis
6	Incidence of enteric diseases	To minimise incidence of enteric diseases	Quantitative - records of health authorities / Risk analysis
7	Incidents of rotavirus infection	To minimise incidence of rotavirus infections	Quantitative - records of health authorities / Risk analysis
8	Drinking water quality	To satisfy drinking water standards	Quantitative - water quality data

19 indicadores de engenharia

ENGINEERING INDICATORS

	Indicator	Objective	Monitoring strategy
1	Out-leakage	To minimise unaccounted water in water supply	Quantitative - Annual volume of water likely to loss via leakage
2	In-leakage	To minimise wet-weather flow in sewers	Qualitative - Based on the number of sewer overflow incidents per year at property level and distribution system level
3	Flooding	To minimise frequency of flash flooding	Qualitative - based on the likelihood of not increasing the frequency and intensity of flash flooding
4	Landscape and regulation	To maximise the use of existing landscape features and the current regulatory frameworks	Qualitative - Based on the likelihood of utilising the existing landscape features, soil characteristics and compliance with regulatory frameworks.
5	Land use	To minimise land use	Quantitative - Based on design of infrastructure or actual figures for constructed infrastructure
6	System robustness (risk of failure,	To maximise sustainability of the service	Quantitative - risk analysis
7	Robustness to shock loads	To maximise sustainability of the service	Quantitative - risk analysis
8	Robustness to abuse of the system	To maximise sustainability of the service	Quantitative - risk analysis
9	Possibility to use local competence	To maximise sustainability of the service	Qualitative
10	Ease of system monitoring	To maximise sustainability of the service	Qualitative
11	Durability/lifetime	To maximise sustainability of the service	Qualitative
12	Complexity of construction	To maximise sustainability of the service	Qualitative
13	Complexity of O&M	To maximise sustainability of the service	Qualitative
14	Compatibility with existing systems	To maximise sustainability of the service	Qualitative
15	Flexibility / adaptability to user needs	To maximise sustainability of the service	Qualitative
16	Flexibility / adaptability to changes in	To maximise sustainability of the service	Qualitative
17	Service interruptions - reliability	To minimise service interruptions	Risk analysis
18	Service interruptions - resiliency	To minimise service interruptions	Risk analysis
19	Service interruptions - vulnerability	To minimise service interruptions	Risk analysis

APÊNDICE III

QUESTIONÁRIOS DE AVALIAÇÕES DO MODELO AUrb/ANP

Avaliação do projeto proposto do CAMG (Fases 1 e 2).

FASE 1 - AVALIAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS					
Com relação ao Cenário A		Desejável			
1	O cenário Projetado	tem qual importância sobre o cenário	Atual	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao Cenário B		Projetado			
2	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o cenário	Atual	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao Cenário C		Atual			
3	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o cenário	Projetado	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
FASE 2 - AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CENÁRIO					
Com relação ao Cenário A		Desejável			
4	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância maior
5	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância menor
6	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
7	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
8	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
9	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	Importância menor
Com relação ao Cenário B		Projetado			
10	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância pouco maior
11	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância menor
12	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
13	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	Importância pouco maior
14	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	Importância pouco maior
15	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	Importância pouco menor
Com relação ao Cenário C		Atual			
16	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância muito menor
17	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância muito maior
18	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	Importância maior
19	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	Importância pouco maior
20	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	Importância maior
21	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	IGUAL IMPORTÂNCIA

Avaliação do projeto proposto do CAMG (Fase 3).

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO				
GRUPO 1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL				
Com relação ao critério Ambiental				
22	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância menor
Com relação ao critério Econômico				
23	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância menor
Com relação ao critério Social				
24	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância maior
Com relação ao critério abastecimento				
25	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância maior
26	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância maior
Com relação ao critério Esgotamento				
27	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância maior
28	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância maior
Com relação ao critério Drenagem				
29	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância muito maior
30	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância maior
Com relação ao critério Qualidade				
31	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância maior
32	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância maior
Com relação ao critério Quantidade				
33	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância menor
34	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância maior
Com relação ao critério Alteração de Regime				
35	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	Importância muito maior
36	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	Importância muito maior

Avaliação do projeto proposto do CAMG (Fase 3 cont.)

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO					
GRUPO 2 ÁGUAS URBANAS					
Com relação ao critério Ambiental					
0.2	37	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
	38	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
Com relação ao critério Econômico					
	39	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
0.10	40	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
Com relação ao critério Social					
0.11	41	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
0.12	42	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
Com relação ao critério abastecimento					
0.13	43	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	Importância muito maior	▼
Com relação ao critério Esgotamento					
0.14	44	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	Importância muito maior	▼
Com relação ao critério Drenagem					
0.15	45	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	0- NÃO COMPARÁVEL	▼
Com relação ao critério Qualidade					
0.16	46	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	Importância maior	▼
0.17	47	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	Importância muito maior	▼
Com relação ao critério Quantidade					
0.2	48	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	Importância maior	▼
0.11	49	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA	▼
Alteração de Regime					
0.18	50	O critério abastecimento tem qual importância sobre o critério Esgotamento ?	?	0- NÃO COMPARÁVEL	▼
0.19	51	O critério Esgotamento tem qual importância sobre o critério Drenagem ?	?	Importância extremamente menor	▼

Avaliação do projeto proposto do CAMG (Fase 3 cont.).

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO					
GRUPO 3 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS					
Com relação ao critério Ambiental					
52	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	Importância maior
53	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regim	Importância pouco maior
Com relação ao critério Econômico					
54	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	Importância maior
55	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regim	Importância muito menor
Com relação ao critério Social					
56	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	Importância maior
57	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	Importância muito menor
Com relação ao critério abastecimento					
58	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	IGUAL IMPORTÂNCIA
59	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	Importância extremamente maior
Com relação ao critério Esgotamento					
60	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	IGUAL IMPORTÂNCIA
61	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	Importância extremamente maior
Com relação ao critério Drenagem					
62	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	Importância extremamente menor
63	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regim	Importância extremamente menor
Com relação ao critério Qualidade					
64	O critério	Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério Quantidade					
65	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	Importância extremamente menor
Com relação ao critério Alteração de Regime					
66	O critério	Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	Importância extremamente menor

Avaliação do projeto proposto do CAMG (Fase 4).

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS			
Com relação ao critério Ambiental			
67	O cenário Desejável é quantas vezes mais importante que o cenário Projetado ?	?	Importância pouco maior
68	O cenário Projetado é quantas vezes mais importante que o cenário Atual ?	?	Importância muito maior
Com relação ao critério Econômico			
69	O cenário Desejável é quantas vezes mais importante que o cenário Projetado ?	?	Importância pouco maior
70	O cenário Projetado é quantas vezes mais importante que o cenário Atual ?	?	Importância muito maior
Com relação ao critério Social			
71	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
72	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	Importância muito maior
Com relação ao critério abastecimento			
73	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância pouco maior
74	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Esgotamento			
75	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância pouco maior
76	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	Importância muito maior
Com relação ao critério Drenagem			
77	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância muito maior
78	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	Importância maior
Com relação ao critério Qualidade			
79	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância pouco maior
80	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	Importância maior
Com relação ao critério Quantidade			
81	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância muito maior
82	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	Importância pouco maior
Com relação ao critério Alteração de Regime			
83	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério Projetado ?	?	Importância muito maior
84	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério Atual ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA

Avaliação do projeto proposto do CAMG com sugestões de melhorias (Fases 1 e 2).

FASE 1 - AVALIAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS					
Com relação ao Cenário A		Desejável			
1	O cenário Projetado	tem qual importância sobre o cenário	Atual	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao Cenário B		Projetado			
2	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o cenário	Atual	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao Cenário C		Atual			
3	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o cenário	Projetado	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
FASE 2 - AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CENÁRIO					
Com relação ao Cenário A		Desejável			
4	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância maior
5	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância menor
6	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
7	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
8	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
9	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	Importância menor
Com relação ao Cenário B		Projetado			
10	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância pouco maior
11	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância menor
12	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
13	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	Importância pouco maior
14	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	Importância pouco maior
15	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	Importância pouco menor
Com relação ao Cenário B		Atual			
16	O Critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico	?	Importância muito menor
17	O Critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social	?	Importância muito maior
18	O Critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento	?	Importância maior
19	O Critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem	?	Importância pouco maior
20	O Critério Qualidade	tem qual importância sobre o critério	Quantidade	?	Importância maior
21	O Critério Quantidade	tem qual importância sobre o critério	Alteração de Regime	?	IGUAL IMPORTÂNCIA

Avaliação do projeto proposto do CAMG com sugestões de melhorias (Fase 3).

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO				
GRUPO 1 DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL				
Com relação ao critério Ambiental				
22	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância menor
Com relação ao critério Econômico				
23	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância menor
Com relação ao critério Social				
24	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância maior
Com relação ao critério abastecimento				
25	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância maior
26	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância maior
Com relação ao critério Esgotamento				
27	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância maior
28	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância maior
Com relação ao critério Drenagem				
29	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância muito maior
30	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância maior
Com relação ao critério Qualidade				
31	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância maior
32	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância maior
Com relação ao critério Quantidade				
33	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância menor
34	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância maior
Com relação ao critério Alteração de Regime				
35	O critério Ambiental	tem qual importância sobre o critério	Econômico ?	Importância muito maior
36	O critério Econômico	tem qual importância sobre o critério	Social ?	Importância muito maior

Avaliação do projeto proposto do CAMG com sugestões de melhorias (Fase 3 cont.).

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO					
GRUPO 2 ÁGUAS URBANAS					
Com relação ao critério Ambiental					
0.11	37	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
	38	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Econômico					
	39	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
0.11	40	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Social					
0.11	41	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
0.11	42	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério abastecimento					
0.11	43	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Esgotamento					
0.11	44	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Drenagem					
0.11	45	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério Qualidade					
0.11	46	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	Importância maior
0.11	47	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Quantidade					
0.2	48	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	Importância maior
0.11	49	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Alteração de Regime					
0.11	50	O critério abastecimento	tem qual importância sobre o critério	Esgotamento ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.11	51	O critério Esgotamento	tem qual importância sobre o critério	Drenagem ?	Importância extremamente menor

Avaliação do projeto proposto do CAMG com sugestões de melhorias (Fase 3 cont.).

GRUPO 3 CARACTERÍSTICAS DAS ÁGUAS				
AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO				
Com relação ao critério Ambiental				
0.11	52	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	Importância maior
0.11	53	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regim ?	?	Importância pouco maior
Com relação ao critério Econômico				
0.11	54	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	Importância maior
0.11	55	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regim ?	?	Importância muito menor
Com relação ao critério Social				
0.11	56	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	Importância maior
0.11	57	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regime ?	?	Importância muito menor
Com relação ao critério abastecimento				
0.11	58	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
0.11	59	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regime ?	?	Importância extremamente maior
Com relação ao critério Esgotamento				
0.11	60	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
0.11	61	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regime ?	?	Importância extremamente maior
Com relação ao critério Drenagem				
0.11	62	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	Importância extremamente menor
0.11	63	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regim ?	?	Importância extremamente menor
Com relação ao critério Qualidade				
0.11	64	O critério Quantidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regime ?	?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério Quantidade				
0.11	65	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Alteração de Regime ?	?	Importância extremamente menor
Com relação ao critério Alteração de Regime				
0.11	66	O critério Qualidade tem qual importância sobre o critério Quantidade ?	?	Importância extremamente menor

Avaliação do projeto proposto do CAMG com sugestões de melhorias (Fases 4).

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS			
Com relação ao critério Ambiental			
67	O cenário Desejável é quantas vezes mais importante que o	Projetado ?	Importância pouco maior
68	O cenário Projetado cenário	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Econômico			
69	O cenário Desejável é quantas vezes mais importante que o cenári	Projetado ?	Importância pouco maior
70	O cenário Projetado é quantas vezes mais importante que o cenári	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Social			
71	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
72	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério abastecimento			
73	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
74	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Esgotamento			
75	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
76	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Drenagem			
77	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	Importância pouco maior
78	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância pouco maior
Com relação ao critério Qualidade			
79	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	Importância pouco maior
80	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Quantidade			
81	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
82	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância muito maior
Com relação ao critério Alteração de Regime			
83	O cenário Desejável tem qual importância sobre o critério	Projetado ?	Importância pouco maior
84	O cenário Projetado tem qual importância sobre o critério	Atual ?	Importância maior

Avaliação do projeto Condomínio Vale dos Cristais CVC (Fases 1 e 2).

FASE 1 - AVALIAÇÃO ENTRE OS CENÁRIOS					
Com relação ao Cenário A		Natural			
1	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o cenário	Projetado	?	Importância pouco maior
Com relação ao Cenário B		Desejável			
2	O cenário Natural	tem qual importância sobre o cenário	Projetado	?	Importância pouco menor
Com relação ao Cenário C		Projetado			
3	O cenário Natural	tem qual importância sobre o cenário	Desejável	?	Importância pouco menor
FASE 2 - AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CENÁRIO					
Com relação ao Cenário A		Natural			
4	O Critério Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas	?	Importância pouco maior
5	O Critério Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água	?	Importância extremamente maior
6	O Critério Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno	?	Importância extremamente maior
7	O Critério Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
8	O Critério Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto	?	Importância extremamente maior
9	O Critério Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem	?	Importância extremamente menor
Com relação ao Cenário B		Desejável			
10	O Critério Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas	?	Importância maior
11	O Critério Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
12	O Critério Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno	?	Importância menor
13	O Critério Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
14	O Critério Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto	?	Importância maior
15	O Critério Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao Cenário B		Projetado			
16	O Critério Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
17	O Critério Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água	?	Importância extremamente maior
18	O Critério Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
19	O Critério Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0	?	IGUAL IMPORTÂNCIA
20	O Critério Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto	?	Importância muito maior
21	O Critério Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem	?	Importância menor

Avaliação do projeto Condomínio Vale dos Cristais CVC (Fase 3).

AVLIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO					
GRUPO 1 Alteração na Quantidade das águas					
Com relação ao critério Volume de infiltração					
22	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância maior
Com relação ao critério Vazões mínimas					
23	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância maior
Com relação ao critério Reuso de água					
24	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério Vazão de pico					
25	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	Importância maior
26	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância pouco maior
Com relação ao critério Período de retorno					
27	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	0- NÃO COMPARÁVEL
28	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério 0					
29	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
30	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Padrão do esgoto lançado					
31	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	Importância menor
32	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância pouco menor
Com relação ao critério Vazão de diluição do esgoto					
33	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	Importância muito maior
34	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância maior
Com relação ao critério Poluentes removidos pela drenagem					
35	O critério	Volume de infiltração	tem qual importância sobre o critério	Vazões mínimas ?	Importância extremamente maior
36	O critério	Vazões mínimas	tem qual importância sobre o critério	Reuso de água ?	Importância menor

Avaliação do projeto Condomínio Vale dos Cristais CVC (Fase 3 cont.).

GRUPO 2 Alteração no regime dos corpos de água						
Com relação ao critério		Volume de infiltração				
0.10	37	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	0- NÃO COMPARÁVEL
	38	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Vazões mínimas				
0.10	39	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.10	40	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Reuso de água				
0.10	41	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	Importância maior
0.10	42	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Vazão de pico				
0.10	43	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Período de retorno				
0.10	44	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		0				
0.10	45	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Padrão do esgoto lançado				
0.2	46	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.2	47	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Vazão de diluição do esgoto				
0.10	48	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	Importância maior
0.10	49	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Poluentes removidos pela drenagem				
0.10	50	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de pico	tem qual importância sobre o critério	Período de retorno ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.2	51	<input type="checkbox"/> critério	Período de retorno	tem qual importância sobre o critério	0 ?	IGUAL IMPORTÂNCIA

Avaliação do projeto Condomínio Vale dos Cristais CVC (Fase 3 cont.).

AVALIAÇÃO DOS CRITÉRIOS EM RELAÇÃO A CADA CRITÉRIO						
GRUPO 3 Alterações na qualidade de água						
Com relação ao critério		Volume de infiltração				
0.10	52	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	Importância pouco menor
0.10	53	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removido ?	Importância extremamente menor
Com relação ao critério		Vazões mínimas				
0.10	54	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Porque a vazão mínima influencia a vazão de diluição						
0.10	55	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removido ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Reuso de água				
0.10	56	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	Importância pouco menor
0.10	57	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem ?	Importância pouco menor
Com relação ao critério		Vazão de pico				
0.10	58	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.10	59	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem ?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério		Período de retorno				
0.10	60	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	0- NÃO COMPARÁVEL
0.10	61	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem ?	0- NÃO COMPARÁVEL
Com relação ao critério		0				
0.10	62	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
0.10	63	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removido ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério		Padrão do esgoto lançado				
0.10	64	<input type="checkbox"/> critério	Vazão de diluição do esgoto	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem ?	Importância extremamente maior
Com relação ao critério		Vazão de diluição do esgoto				
0.10	65	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Poluentes removidos pela drenagem ?	Importância extremamente maior
Com relação ao critério		Poluentes removidos pela drenagem				
0.10	66	<input type="checkbox"/> critério	Padrão do esgoto lançado	tem qual importância sobre o critério	Vazão de diluição do esgoto ?	0- NÃO COMPARÁVEL

Avaliação do projeto Condomínio Vale dos Cristais CVC (Fase 4.).

AVALIAÇÃO DOS CENÁRIOS			
Com relação ao critério Volume de infiltração			
67	O cenário Natural	é quantas vezes mais importante que o cenário Desejável ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
68	O cenário Desejável	é quantas vezes mais importante que o cenário Projetado ?	Importância pouco menor
Com relação ao critério Vazões mínimas			
69	O cenário Natural	é quantas vezes mais importante que o cenário Desejável ?	Importância pouco maior
70	O cenário Desejável	é quantas vezes mais importante que o cenário Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Reuso de água			
71	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	0- NÃO COMPARÁVEL
72	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	Importância extremamente maior
Com relação ao critério Vazão de pico			
73	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
74	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Período de retorno			
75	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	0- NÃO COMPARÁVEL
76	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério 0			
77	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
78	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério 0			
77	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
78	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	IGUAL IMPORTÂNCIA
Com relação ao critério Padrão do esgoto lançado			
79	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	Importância maior
80	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	Importância pouco menor
Com relação ao critério Vazão de diluição do esgoto			
81	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	Importância maior
82	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	Importância maior
Com relação ao critério Poluentes removidos pela drenagem			
83	O cenário Natural	tem qual importância sobre o critério Desejável ?	Importância maior
84	O cenário Desejável	tem qual importância sobre o critério Projetado ?	Importância pouco maior