

“SUSTENTABILIDADE DO ABASTECIMENTO E DA QUALIDADE DA ÁGUA POTÁVEL URBANA”

TATSUO SHUBO

Dissertação apresentada à Escola Nacional de Saúde Pública da Fundação Oswaldo Cruz, Departamento de Saneamento e Saúde Ambiental para a obtenção do título de Mestre em Ciências na área de Saúde Pública.

Orientadores: Prof. Dr. ALDO PACHECO FERREIRA
Prof. Dr. ODIR CLÉCIO DA CRUZ ROQUE

Rio Janeiro
Fevereiro de 2003

DEDICATÓRIA

Dedico essa vitória à minha querida esposa **Andréia**, mãe da minha filha **Manuela**. Sem o seu amor, seu apoio e a sua compreensão, certamente essa luta teria sido muito mais difícil.

AGRADECIMENTOS

Ao DSSA / ENSP / FIOCRUZ pela oportunidade de poder fazer parte de seu corpo discente e desenvolver essa dissertação.

Aos Orientadores e Amigos Prof. Dr. Aldo Pacheco Ferreira e Prof. Dr. Odir Clécio da Cruz Roque.

Aos colegas da Turma 2001: João, Lúcio, Luiz, Márcio, Muffareg e Quintieri, pela força mútua e companheirismo. Agora só falta marcar o churrasco.

Aos profissionais da chefia do departamento: Juremi, Cristiane e Graça pelo apoio e incentivo diários.

Aos colegas de convívio: Margarida, Priscila, Daniele, Sérgio e Vicente pelo apoio moral e pela torcida a favor.

Em fim, agradeço a todos aqueles que desejaram a minha vitória e a todos aqueles que desejaram a minha derrota. Os últimos puseram pedras em meu caminho. Pedras pesadas e grandes. E é por isso que eu os agradeço, pois foi graças a elas me tornei forte para empilhá-las e pude enxergar mais longe.

“Ensinem às vossas crianças aquilo que ensinamos às nossas: que a Terra é a nossa mãe. Tudo aquilo que acontecer à Terra, acontecerá aos filhos da Terra. Se os homens cospem no solo, estão cuspidos em si mesmos... Contaminais vossas camas e uma noite sereis sufocados pelos vossos próprios dejetos... Onde está o arvoredo? Desapareceu. Onde está a água? Desapareceu. É o final da vida e o início da sobrevivência.”
(Chefe Seattle, 1854).

RESUMO

A forma pela qual os recursos hídricos são gerenciados vem degradando os mananciais a um nível tal, que compromete a qualidade de vida das populações, gerando risco de escassez até mesmo onde a água é abundante. Como os problemas são sistêmicos, ou seja, são interdependentes e interligados, não podem mais ser tratados de forma fragmentada, como até então tem sido o pensamento vigente. Busca-se, assim, uma transformação dos valores e idéias atuais, substituindo-se o paradigma mecanicista-reducionista por uma nova visão integrativa e orgânica. O setor de saneamento insere-se neste contexto com a função de promover a melhoria da qualidade de vida da população utilizando os recursos naturais de maneira ambientalmente sustentável e economicamente eficiente. Os desafios de garantir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário neste cenário de crescente urbanização trazem em seu bojo a falta de recursos financeiros suficientes para a expansão dos serviços e a ineficiência no uso dos recursos arrecadados pelo setor. O entendimento do recurso natural "água" como um bem econômico e finito, deve fazer com que todos os atores a utilizem de forma a maximizar o bem-estar social, quer seja produzindo com a máxima eficiência quer seja consumindo sem desperdícios. Pretende-se, com esse trabalho, demonstrar a viabilidade da aplicação de tecnologias que visem utilizar menos água para conseguir os mesmos objetivos. Adicionalmente, como benefícios indiretos, o resultado seria a redução da poluição dos meios hídricos e do consumo de energia, aspectos fortemente dependentes do consumo de água, de forma a garantir a sustentabilidade do abastecimento da água potável urbana.

ABSTRACT

The way by the water resources are managed is degrading the sources at a such level, that it commits the population quality of life, generating shortage risk even where the water is abundant. As the problems are sistemics, in other words, they are interdependent and interlinked, they can not be treated in a fragmented way any more, as until then it has been the effective thought. Them, It is looked for the values transformation and current ideas, being substituted the reducible mechanic paradigm for a new organic and integrated vision. The sanitation sector interferes in this context with the function of promoting the improvement of the population quality of life using the natural resources in environmentally sustainable way and economically efficient. The challenges of guaranteeing the services of water supply and sanitary drainage in this scenery of growing urbanization bring in its salience the lack of enough financial resources for the expansion of the services and the inefficiency in the use of the resources collected. The understanding of the natural resource " water " as a economical and finite one, should do with that all of the actors use it in way to maximize the social well-being, aiming consuming with the maxim efficiency without wastes. It is intended, with this work, demonstrate the application viability of technologies to intent using less water to get the same objectives. Additionally, as indirect benefits, the result would be the pollution reduction of water resources and the energy consumption, aspects strongly dependent of the water consumption, in way to guarantee the sustainability of the urban drinking water supply.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE ABREVIATURAS	xii
CAPÍTULO I	
INTRODUÇÃO	01
I.1. Origem do Trabalho	03
I.2. Objetivo Geral	04
I.3. Objetivos Específicos	05
I.4. Tipos de Usos dos Recursos Hídricos	06
I.4.1. Usos Consuntivos	07
I.4.2. Usos não Consuntivos	14
I.5. Desenvolvimento Sustentável	16
I.6. O Uso Racional do Recurso Água: Conceito Geral	16
I.6.1. Reuso Indireto não Planejado da Água	17
I.6.2. Reuso Indireto Planejado da Água	18
I.6.3. Reuso Direto Planejado da Água	18
I.6.3.1. Reciclagem da Água	18
I.7. Eficiência no Uso da Água	18
I.8. Necessidade de Aumento da Eficiência do Uso da Água	19
CAPÍTULO II	
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	23

CAPÍTULO III

METODOLOGIA	38
III.1. Introdução	38
III.2. Aspectos Metodológicos	40
III.2.1. Avaliação Estratégica Ambiental	40
III.2.2. Avaliação do Impacto Ambiental	41
III.2.3. Detecção de perdas na distribuição pública e nos sistemas prediais	43
III.2.4. Avaliação de tecnologias disponíveis para o uso eficiente da água	43
III.2.5. Tecnologias de reuso urbano	43
III.2.6. Aspectos Econômicos e Financeiros	46

CAPÍTULO IV

RESULTADOS	47
IV.1. Introdução	47
IV.2. Avaliação Estratégica Ambiental	48
IV.2.1. Determinação da situação de desenvolvimento, incluindo estado atual e tendências dos recursos naturais	49
IV.2.2. Desenvolvimento de Indicadores	55
IV.2.3. Avaliação do Impacto Ambiental	62
IV.3. Detecção de perdas na distribuição pública e nos sistemas prediais	68
IV.4. Avaliação dos Equipamentos Disponíveis para o Uso Eficiente da Água	71
IV.5. Tecnologias de Reuso	77
IV.5.1. Usos Urbanos	78
IV.5.2. Usos Urbanos para Fins Potáveis	79
IV.5.3. Usos Urbanos para Fins não Potáveis	81
IV.5.4. Usos Industriais	82
IV.6. Aspectos Econômicos-Financeiros	84

CAPÍTULO V	
CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
ANEXO I	105
ANEXO II	112

LISTA DE TABELAS

TABELA I.1.	População e crescimento das principais cidades brasileiras	8
TABELA I.2.	Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização	8
TABELA I.3.	Cobertura de água e esgoto por região em %	9
TABELA I.4.	Consumo de água no Brasil em 10^6 m ³ / ano	10
TABELA I.5.	Indicadores de irrigação no Brasil	11
TABELA I.6.	Áreas dos métodos de irrigação em hectares	12
TABELA I.7.	Cenários de demanda em 10^6 m ³ / ano	13
TABELA I.8.	Evolução da capacidade instalada energética do Brasil	15
TABELA I.9.	Principais hidrovias do Brasil	15
TABELA IV.1.	Indicadores de sustentabilidade ambiental	61
TABELA IV.2.	Equipamentos economizadores de água	74
TABELA IV.3.	Resumo da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água	76

LISTA DE FIGURAS

Fig. I.1.	Dados de evolução de áreas irrigadas no Brasil	11
Fig. I.2.	Distribuição do consumo por tipo de uso consuntivo	12
Fig. I.3.	Distribuição do consumo por bacia hidrográfica	13
Fig. I.4	Evolução da população mundial	20
Fig. III.1.	Parâmetros estratégicos de planejamento e avaliação ambiental	40
Fig. III.2.	Metodologias analíticas usadas para avaliação do impacto ambiental	42
Fig. IV. 1.	Processo iterativo para avaliação da sustentabilidade ambiental dos sistemas urbanos de água	58
Fig. IV. 2.	Visão geral dos limites dos sistemas urbanos de água usados no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade ambiental através da ACV	60
Fig. IV. 3.	Ponto ideal de funcionamento de uma bacia sanitária	73
Fig. IV. 4.	Potenciais áreas de reuso de esgotos domésticos e industriais	78

LISTA DE ABREVIATURAS

ACV	Avaliação do Ciclo de Vida
ANA	Agência Nacional de Águas
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento
CAGECE	Companhia de Água e Esgoto do Ceará
CEDAE	Companhia Estadual de Águas e Esgotos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
ETA	Estação de Tratamento de Água
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ISA	Indicador de Sustentabilidade Ambiental
ISO	International Organization for Standardization
OECD	Organization for Economic Co-operation and Development
OMS	Organização mundial de Saúde
Ong	Organização não Governamental
ONU	Organização das Nações Unidas

PAE	Programa de Ajustes Estruturais
PURA	Programa de Uso Racional da Água
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
SABESP	Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo
SANEPAR	Companhia de saneamento do Paraná
SSV	Sistema de Suporte Vital
UNCSD	United Nations Commission on Sustainable Development
Unicef	The United Nations Children's Fund
USP	Universidade de São Paulo
WCED	World Commission for the Environment and Development
WHO	World Health Organization

CAPÍTULO I

INTRODUÇÃO

A água, um recurso indispensável para a sobrevivência humana e de todas as espécies vivas, além de ser um importante insumo para a grande maioria das atividades econômicas, nomeadamente da agricultura e da indústria, exerce uma influência decisiva na qualidade de vida das populações, especialmente, ao tanger as áreas do abastecimento de água e da coleta e tratamento de esgotos, que têm forte impacto sobre a saúde pública.

Por muito tempo esta que foi considerada um recurso natural infinito, de pouco ou nenhum valor econômico teve no seu uso perdulário um dos principais motivos geradores da redução em sua oferta (HESPANHOL & MIERZWA, 1999). Hoje, devido às pressões sobre a demanda em função do crescimento populacional e da redução da quantidade e da qualidade dos mananciais, existe a necessidade de se criar uma gestão de precaução, racionalidade e parcimônia na utilização desse recurso para que as necessidades dessa e das futuras gerações humanas e a das demais espécies do nosso planeta possam ser satisfeitas. Assim, o uso eficiente e o reuso da água tornam-se pilares fundamentais do desenvolvimento sustentável.

A forma pela qual são utilizados e gerenciados os recursos hídricos tem levado a um nível de degradação ambiental e risco iminente de escassez de água que comprometem a qualidade de vida das populações. Constata-se que os recursos naturais estão sendo exauridos pela atividade antrópica e, ao invés de trazer o bem estar social esperado, estas atividades geram muita riqueza para alguns e desemprego para outros, numa desigualdade de distribuição de renda estrutural. Tal situação é característica da maioria das economias mundiais. Como os problemas são sistêmicos, ou seja, são interdependentes e interligados, não podem mais ser tratados de forma fragmentada, como até então tem sido o pensamento vigente. Busca-se, assim, uma transformação dos valores e idéias atuais, substituindo-se o paradigma mecanicista-reducionista por uma nova visão integrativa e orgânica.

Um novo pensamento está sendo projetado, no qual as empresas, governos e cidadãos adotam abordagens onde a responsabilidade sob as questões ambientais não apenas evita os problemas, mas produz benefícios para todos. O setor de saneamento insere-se neste contexto com a função de promover a melhoria da qualidade de vida da população utilizando os recursos naturais de maneira ambientalmente sustentável e economicamente eficiente. A estruturação do setor neste ambiente empresarial, passa por uma nova forma de gestão, onde a sobrevivência das organizações nesse cenário de exigências e competitividade depende diretamente de sua eficiência organizacional e produtividade.

Os desafios de garantir os serviços de abastecimento de água e esgotamento sanitário neste cenário de crescente urbanização trazem em seu bojo a falta de recursos financeiros suficientes para a expansão dos serviços e a ineficiência no uso dos recursos arrecadados pelo setor. O entendimento do recurso natural "água" como um bem econômico e finito, deve fazer com que todos os atores a utilizem de forma a maximizar o bem-estar social, quer seja produzindo com a máxima eficiência quer seja consumindo sem desperdícios.

O crescimento populacional vegetativo gera necessidade de investimentos para manutenção dos níveis de cobertura dos serviços, além da necessidade de ampliação da cobertura em esgotamento sanitário, que exigirá grandes montantes de recursos. Estima-se para o estado de Santa Catarina, por exemplo, que nos próximos cinco anos serão necessários investimentos anuais superiores a R\$ 100 milhões/ano, os quais deverão ser viabilizados pela capacidade financeira do setor e através de parcerias com investidores (PROUST, 1998). No entanto, segundo COELHO (2001), o setor de saneamento no Brasil apresenta perdas de faturamento da ordem de 40% (volume faturado / volume produzido). Assim, é possível observar que existe um potencial de otimização dos recursos a serem investidos, pois, uma ação efetiva no desempenho organizacional pode obter retornos pelo aumento de eficiência nos processos.

A estruturação do setor, pelas suas características de importante componente da saúde pública, se dá majoritariamente através do controle

público das entidades, quer sejam do âmbito municipal, estadual ou federal. A visão empresarial, no que concerne a resultados especificamente voltados à eficiência da produção, é praticamente inexistente. O que impera é a visão do produto, onde o foco está centrado na capacidade de garantir o serviço a qualquer custo, com pouca atenção à otimização dos recursos aplicados e disponíveis. O conhecimento da estrutura dos custos e as forças que os movimentam para cima ou para baixo, com capacidade de aumentar a produtividade, cortando custos sem sacrificar o valor do produto e a qualidade dos serviços deve ser o modelo a ser buscado na gestão estratégica das empresas de saneamento.

Ao final, os benefícios desta melhoria em eficiência devem ser transferidos à população através de preços justos pelo serviço, mais qualidade no produto e melhores índices de saúde pública e de qualidade de vida. Assim, as empresas obterão mais saúde financeira para dar prosseguimento aos seus objetivos e proporcionarão sustentabilidade ambiental através do uso adequado e racional desse recurso natural.

I.1. Origem do Trabalho

As exigências dos consumidores e a necessidade crescente de recursos para ampliação e otimização dos sistemas públicos de abastecimento de água devem levar as empresas concessionárias e entidades prestadoras de serviços de saneamento a buscar novos padrões de eficiência e produtividade nos processos.

Como produtividade pode-se entender o aumento da venda por empregado, a redução de perdas, um melhor aproveitamento dos recursos investidos (custo / benefício) e o aumento das receitas sem que, com isso, haja a necessidade de aumento dos investimentos. Essa busca pela produtividade deve permear toda a organização, o que significa maiores responsabilidades e mais transparência nos atos e mudanças. Além disso, precisa se tornar uma questão de natureza comportamental, que pede uma mudança de atitude e disposição de querer agir com eficiência e eficácia.

Nessa busca por mais eficiência e produtividade, em atividades desenvolvidas no setor de saneamento, tem sido encontrado um vasto campo de experimentação, o qual tem permitido a observação da necessidade de novas estratégias empresariais e propostas de gerenciamento compatíveis com o novo cenário de competitividade vigente e a implementação de mecanismos de acompanhamento e medição da produtividade com vistas à gestão estratégica dos custos.

Poucos estudos são encontrados na bibliografia voltados ao gerenciamento empresarial no setor de saneamento. No entanto, alguns artigos e trabalhos referem-se à questão dos preços e tarifas no setor público, à otimização da capacidade de expansão dos serviços públicos e, recentemente, com as questões da globalização e privatização dos serviços públicos, resgata-se a discussão sobre a regulação econômica dos serviços. A questão que se coloca é: estão as empresas que atuam no setor de saneamento sendo gerenciadas de modo a obter a eficiente alocação dos recursos disponíveis? Estas empresas conhecem os seus custos de produção e sabem como identificar as oportunidades de gerar mais valor para os clientes a um custo menor? E acima de tudo, têm consciência da necessidade de se prover os serviços de água e esgoto de forma ambientalmente sustentável?

1.2. Objetivo Geral

Esta dissertação tem como objetivo geral estudar a estrutura operacional de sustentabilidade do abastecimento e da qualidade da água potável urbana, envolvendo custos, reuso e aspectos de ecoeficiência, visando à luz de seu conhecimento e análise e da utilização de instrumentos de medição e acompanhamento da produtividade, gerar indicadores de medição da sustentabilidade e da eficiência ambiental.

Um dos aspectos que merece crescente atenção da sociedade é a necessidade de se proceder a um uso cada vez mais eficiente da água disponível, ou seja, otimizar a utilização desse recurso (eficiência de utilização),

sem pôr em causa os objetivos pretendidos (eficácia de utilização) ao nível das necessidades vitais, da qualidade de vida e do desenvolvimento sócio-econômico. Pretende-se, assim, demonstrar a viabilidade da aplicação de tecnologias que visem utilizar menos água para conseguir os mesmos objetivos. Adicionalmente, como benefícios indiretos, o resultado seria a redução da poluição dos meios hídricos e do consumo de energia, aspectos fortemente dependentes do consumo de água.

I.3. Objetivos Específicos

- ⇒ Demonstrar a necessidade da conscientização através de medidas concretas que conduzam à eliminação das práticas de desperdício, o que se pretende venha a ser conseguido através da implementação do uso eficiente e do reuso da água;
- ⇒ Disseminar o conceito de uso racional da água, através de aspectos ambientais, técnicos e econômicos;
- ⇒ Promover o uso eficiente da água nos setores urbano e industrial, contribuindo para minimizar os riscos de *stress* hídrico, quer em situação hídrica normal quer durante períodos de seca;
- ⇒ Contribuir para a consolidação de uma nova cultura de uso urbano da água, através do qual este recurso seja crescentemente valorizado não só pela sua importância para o desenvolvimento humano e econômico, mas também para a preservação do meio natural, no espírito do conceito de desenvolvimento sustentável;
- ⇒ Avaliar a utilização de uma metodologia de geração de indicadores para medição da eficiência, desempenho e sustentabilidade dos sistemas urbanos de água.

I.4. Tipos de usos dos recursos hídricos

Apesar do extraordinário volume de água existente em nosso planeta, apenas 2,8% são adequados para o consumo humano, sendo que 2,2% encontram-se nas geleiras e apenas 0,6% nos rios lagos e lençóis subterrâneos (COELHO, 2001). Ainda, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), mais de 70% da população mundial não dispõe de água potável (ONU, 1997).

A problemática da água relaciona-se, diretamente, com a saúde pública onde a falta de abastecimento de água potável contribui para 80% das doenças e das mortes nos países do 3º mundo. Estima-se que 25 mil pessoas morram diariamente em decorrência da poluição das águas, ou seja, dados superiores aos que caracterizam um estado de guerra. No que se refere as demais espécies do nosso planeta tais estatísticas inexistem, mas com certeza estão, no mínimo, na mesma proporção, ou, como provável, em níveis superiores (BISWAS, 1992).

Assim, o uso eficiente e o reuso de água estão emergindo como partes integrantes da administração de demanda, preservação de provisão de água de qualidade para diferentes fins, além de se apresentarem como instrumentos fundamentais para o aumento da competitividade através da redução dos custos globais.

Ao se abordar os aspectos dos usos da água, há de se definir, de forma pragmática, os significados de utilização e de consumo desse bem. Assim, pode-se dizer que utilizar a água implica em que parcela significativa dela deva voltar ao ambiente natural, ou ainda, que nem haja a necessidade de retirá-la. Em contrapartida, consumir água é tornar esse bem indisponível, ou seja, somente após um longo intervalo de tempo a água volta ao ciclo natural e, via de regra, poluída e distante do ponto de captação. É com base nessas definições que os usos da água são classificados em consuntivos e não-consuntivos.

I.4.1. Usos consuntivos

Os principais usos consuntivos dos recursos hídricos, ou seja, aqueles em que a água é consumida, são: abastecimentos domiciliares, rurais, industriais e irrigação.

Quanto aos aspectos dos impactos do abastecimento urbano, pode-se destacar:

- a. Degradação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas: estas águas são contaminadas pelas cargas de esgoto, efluentes industriais e de escoamento pluvial urbano lançadas nos rios, normalmente, sem tratamento;
- b. Pressão sobre a demanda de captação em grandes áreas urbanas como as regiões metropolitanas.

A tendência atual é a redução do crescimento das grandes metrópoles, cidades acima de 1 milhão de habitantes crescem a uma taxa média de 0,9 % anual, enquanto os núcleos regionais ganham outra dimensão populacional, cidades entre 100 e 500 mil habitantes crescem a taxa de 4,8% (IBGE, 1998). Algumas das principais cidades brasileiras se encontram na cabeceira dos rios: São Paulo (16,6 milhões), Curitiba (2,3 milhões) e Belo Horizonte (3,8 milhões) onde a disponibilidade de água em qualidade e quantidade é limitada devido à dificuldade da preservação dos mananciais, aumento da demanda em função da concentração urbana e perdas nas redes de abastecimento (cerca de 25 a 40% do volume de água tratado é perdido nas redes de abastecimento). Na **TABELA I.1** são apresentados alguns dos principais indicadores crescimento das populações das grandes cidades brasileiras (IBGE, 1998).

Tabela I.1. População e crescimento das principais cidades brasileiras

Cidade	População em 1996 Milhões	Crescimento do	Crescimento da
		núcleo entre 91 e 96 %	periferia entre 91 e 96 %
São Paulo	16.667	2,0	16,3
Rio de Janeiro	10.532	1,3	7,1
Belo Horizonte	3.829	3,5	20,9
Porto Alegre	3.292	2,0	9,4
Recife	3.258	3,7	7,4
Salvador	2.776	6,6	18,1
Fortaleza	2.639	11,1	14,7
Curitiba	2.349	12,3	28,2
Belém	1.629	-8,1	157,9

Destaca-se, na **TABELA I.2**, a evolução da população brasileira e a correspondente taxa de urbanização. Dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) ressaltam que cerca de 80% da população brasileira se concentra nas bacias litorâneas e do Rio Paraná (IBGE, 1998).

Tabela I.2. Crescimento da população brasileira e a taxa de urbanização

Ano	População Milhões	Parcela da
		População Urbana %
1970	93,1	55,9
1980	118,0	68,2
1991	146,8	75,6
1996	157,1	78,4
2005	175,1	79,0
2015	192,7	80,0

Na **TABELA I.3** é apresentada a cobertura de água e esgoto por região do país em 1998. Pode-se notar, que nas regiões Sul e Sudeste a cobertura é próxima do máximo quanto ao abastecimento de água. Contudo, em relação ao esgoto, não há grandes diferenças, com exceção do Sudeste e Centro-Oeste

que apresentam valores mais altos de cobertura. Levando-se em conta que os padrões de consumo da população variam na área urbana e rural e de acordo com o aumento do poder aquisitivo da população, mesmo que a população tenda a estabilização haverá aumento da demanda pela tendência de concentração populacional em centros urbanos.

Tabela I.3. Cobertura de água e esgoto por região em %

Região	Água	Esgoto
Norte	67,5	1,72
Nordeste	78,3	13,2
Sudeste	93,3	70,5
Sul	90,6	17,9
Centro-Oeste	79,7	33,3
Brasil	86,3	49,0

As condições dos mananciais para atendimento do abastecimento são definidas na resolução N° 20 de 18/6/1986 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) que classifica as águas doces, salobras e salinas do país, baseada no uso da água. A lei n. 8935 de 7/3/89, que dispõe sobre os requisitos mínimos para águas provenientes de bacias de mananciais, destinadas ao abastecimento público, estabelece que os requisitos mínimos devem ser o de classe 2. Esses padrões são definidos por alguns parâmetros de qualidade da água como OD > 5mg/l; DBO₅ < 5 mg/l, entre outros. Na **TABELA I.4** é apresentada a divisão do consumo de água por bacia hidrográfica no Brasil. Nesta, pode-se observar que a bacia do Paraná, onde se concentra grande parte da população do país possui o maior consumo, seguido do Atlântico do Leste (TUCCI *et al.*, 2000).

Tabela I.4. Consumo de água no Brasil em $10^6 / m^3 / \text{ano}$

Bacia	Domiciliar	Rural	Irrigação	Industrial	Total ($10^6 / m^3$)	m^3/s	%
Amazonas	278,98	225,84	6.002,44	52,25	6.559,51	208,00	10,32
Tocantins	180,30	211,31	1.602,61	78,00	2.072,22	65,71	3,26
Atlântico N / NE	2.105,80	277,23	4.206,3	1.617,70	8.207,03	260,24	12,91
São Francisco	876,46	220,51	5.085,57	926,52	7.109,06	225,43	11,18
Atlântico Leste	2.705,81	13,32	380,00	2.056,75	5.155,88	163,50	8,11
Atlântico Sul	664,80	204,85	9.796,30	535,45	11.201,40	355,19	17,62
Paraná	3.251,80	1.379,20	7.858,60	3.518,60	16.008,20	507,62	25,18
Paraguai	127,23	325,20	1.287,00	34,98	1.774,41	56,27	2,79
Uruguai	249,50	282,00	4.942,27	12,33	5.486,10	174,00	8,63
Totais	10.440,70	3.139,50	41.161,10	8.832,60	63.573,80	2.015,90	100,00
M ³ /s	331,10	99,60	1.305,20	280,10	2.015,90	x	x
% do total	16,40	4,90	64,70	13,90	100,00	x	x

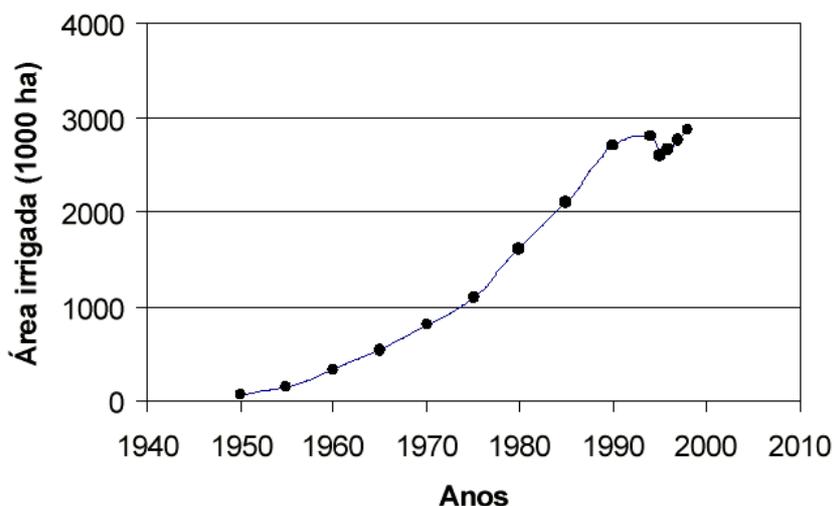
Segundo TUCCI *et al.* (2000), a maior concentração industrial brasileira ocorre nas regiões Sudeste e Sul sendo, que cerca de 74% do total da demanda por água se concentra nas bacias do Paraná e Atlântico Sudeste, o que corresponde a grande parte da Região Sudeste.

A irrigação no Brasil tem passado por várias fases de investimento de acordo com as características dos empreendimentos. Nas regiões Sul e Sudeste predominam as irrigações privadas com ênfase no arroz irrigado onde o investimento depende, principalmente, do mercado do produto. No Nordeste do Brasil existe maior investimento em empreendimentos públicos com vistas ao desenvolvimento regional e a sustentabilidade numa região de grande demanda. A **TABELA I.5** evidencia indicadores da irrigação no Brasil com base nos dados de CRISTOFIDIS (1999).

Tabela I.5. Indicadores da irrigação no Brasil

Região	Solos aptos à irrigação (1.000 ha)	Área irrigada (1.000 ha)	Parcela do total agrícola (%)	Proporção consumida (%)
Norte	11.900	87	4,02	55,1
Nordeste	1.104	493	5,77	65,8
Sudeste	4.429	891	8,29	65,5
Sul	4.407	1.195	7,36	62,2
Centro-oeste	7.724	202	2,34	30,8
Total	29.564	2.868	6,19	62,3

A **FIGURA I.1** destaca a evolução das áreas irrigadas no Brasil até 1998, onde se observa um grande acréscimo até 1990, quando houve uma tendência de estagnação na área irrigada (LIMA *et al.*, 1999).

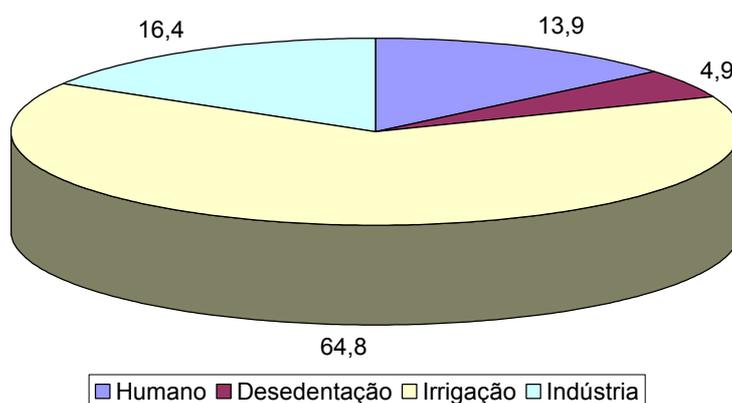
**Figura I.1.** Dados de evolução de áreas irrigadas no Brasil

A participação da área irrigada no setor agrícola brasileiro em 1998 era de 6,2%, representando uma área total de 2,87 milhões de hectares, consumindo cerca de 64,7% da água utilizada. A **TABELA I.6** ressalta as áreas dos métodos de irrigação em hectares (CRISTOFIDIS, 1999).

Tabela I.6. Áreas dos métodos de irrigação em hectares

Região	Superfície	Aspersão	Pivô central	Localizada	Total
Norte	82.070	3.530	390	670	86.660
Nordeste	164.711	168.146	83.762	78.751	495.370
Sudeste	237.150	239.916	348.854	65.054	890.974
Sul	1.094.720	53.220	20.970	26.530	1.195.440
Centro-Oeste	57.460	39.582	95.310	9.480	201.760
Brasil	1.636.111	549.286	549.286	180.413	2.870.204
%	57,0	17,5	19,1	6,3	100,0

Na **FIGURA I.2** é apresentada a distribuição de consumo por tipo de uso consuntivo e na **FIGURA I.3** a distribuição por região. Pode-se observar, claramente, que a maior demanda é devido a irrigação com 64,7% do total. A bacia com maior demanda de irrigação é a do Atlântico Sul devido à demanda de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. A bacia com maior demanda global é a do rio Paraná (26,75% do total), fato justificado pela concentração de grande parte da população e do PIB brasileiro.

**Figura I.2.** Distribuição de consumo por tipo de uso consuntivo

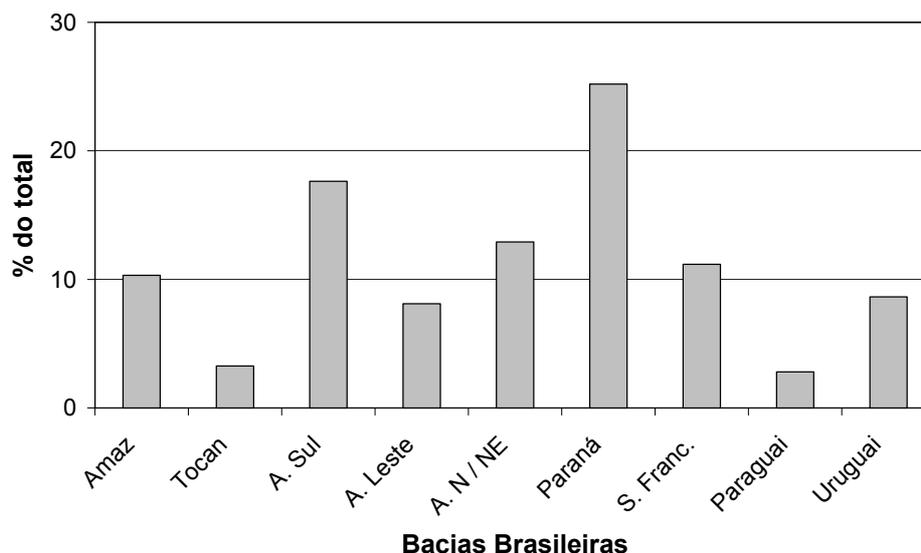


Figura I.3. Distribuição de consumo por bacia hidrográfica

Na **TABELA I.7** é apresentada a projeção de aumento da demanda para algumas das bacias brasileiras (TUCCI *et al.*, 2000). Nesta pode-se notar que os aumentos percentuais da demanda com relação às condições atuais são de 35% e 98%, respectivamente, para 2005 e 2015.

Tabela I.7. Cenários de demanda em $10^6 / m^3$

Bacia	Anos		
	Atual	2005	2015
Amazonas	6.559,5	-	-
Tocantins	2.072,2	-	8.700,5
Atlântico Sul	11.201,4	14.539,5	19.491,0
Atlântico Leste	5.155,9	11.372,5	15.514,0
Atlântico Norte/Nordeste	8.207,0	9.717,4	11.534,3
Paraná	16.008,2	18.647,0	23.450,3
S. Francisco	7.109,1	9.932,9	15.659,0
Paraguai	1.774,4	2.476,1	3.781,0
Uruguai	5.486,1	-	-
Total	63.573,8	-	-

I.4.2. Usos não consuntivos

Os principais usos não-consuntivos no Brasil são a geração de energia elétrica, a navegação fluvial e a recreação, sendo que, segundo o Relatório Nacional Sobre o Gerenciamento de Água no Brasil (TUCCI *et al.*, 2000), o mais importante dentre estes é a geração de energia, representando cerca de 91% do total da energia gerada no país, fazendo com que o Brasil dependa estrategicamente de um bom gerenciamento desse recurso.

Atualmente, cerca de apenas 22% de todo o potencial hidrelétrico brasileiro encontra-se em operação (TUCCI *et al.*, 2000). Apesar dessa poderosa fonte de energia ter ainda uma grande capacidade de ampliação, grande parte desse potencial encontra-se na região Amazônica, onde a demanda é baixa. Em contrapartida, na região Sudeste, onde se encontram os maiores centros consumidores do país, a grande maioria desse potencial já foi explorada. Apesar desse imenso potencial hidrelétrico do Brasil, a falta de gerenciamento do setor e a dependência quase que exclusiva desse tipo de energia levaram o país a uma crise energética que culminou, em 2001, com o racionamento de energia.

Nota-se, a partir da **TABELA I.8**, que apresenta o desenvolvimento dos diversos setores energéticos do Brasil ao longo do tempo, a existência de uma tendência de diminuição da dependência da hidroeletricidade na matriz energética do país. Esta é uma tendência importante se for levado em consideração os riscos de racionamento.

Tabela I.8. Evolução da capacidade instalada energética do Brasil

Tipo	1998	1999	2000	2001	2002
Hidro*	55.865	57.561	59.367	61.765	64.670
Termo	3.245	5.855	8.974	10.459	11.140
Nuclear	657	1.966	1.966	1.966	1.966
Total	59.767	65.376	70.307	74.190	77.785
% Hidro	93,0	88,0	84,0	83,3	83,1

* considerando 50% de Itaipu

Quanto aos aspectos de navegação as principais hidrovias brasileiras (**TABELA I.9**) são formadas pelas vias: Hidrovias do Sul: Uruguai, Jacuí, Taquari, Lagoas dos Patos e Mirim; Paraná-Tietê; Paraguai; São Francisco; Tocantins-Araguaia; Amazonas.

As obras hidráulicas para navegação, geralmente, não apresentam grande conflito com o meio ambiente. Exceção deve ser feita a hidrovia do rio Paraguai que tem gerado um conflito importante devido as obras previstas de alteração do leito do rio Paraguai que poderiam produzir impacto nas condições de regulação natural do Pantanal (CABRAL, 1995).

Tabela I.9. Principais hidrovias do Brasil

Bacias	Rios Principais	Extensão (Km)
Amazonas	Amazonas, Negro, Madeira, Purus, Jurus, Branco e Juruá	18.300
Tocantins	Tocantins, Araguaia	3.000
Atlântico Sul	Jacuí, Taquari, Lagoa dos Patos e Mirim	1.300
Atlântico Leste	Doce, Paraíba do Sul	1.000
		(potencial)
Atlântico Norte/Nordeste	Mearim, Pindaré, Itapecuru e Parnaíba	3.000
São Francisco	São Francisco e Grande	4.100
Paraná	Paraná, Tietê	4.800
Paraguai	Paraguai e Cuiabá	2.800
Uruguai	Uruguai e Ibicui	1.200
		(potencial)
Total		38.200

I.5. Desenvolvimento Sustentável

O conceito de Desenvolvimento Sustentável, segundo o Relatório Brundtland, (designação com que ficou conhecido o Relatório produzido pela Comissão Nosso Futuro Comum), implica em um “desenvolvimento que satisfaça as necessidades do presente sem comprometer as habilidades das gerações futuras para satisfazer suas próprias necessidades” (WCED, 1987). A Terra entrou num período de mudanças hidrográficas, climáticas e biológicas que diferem dos episódios anteriores de mudança global, uma vez que é uma série de mudanças antropogênicas (STERN *et al.*, 1993). Segundo SPANGENBERG & BONNIOT (1998), a degradação ambiental pode ser vista através de crescimento populacional, crescimento econômico, mudança tecnológica, Instituições político-econômicas, atitudes e convicções. A dinâmica do crescimento demográfico exerce pressão no planeta por necessidades de alimentação, água, moradia, bens e serviços. O crescimento econômico necessariamente submete o meio ambiente a pressão. Alguns argumentam que o crescimento econômico é necessário para fornecer os recursos para pagar a proteção ambiental e reverter a deterioração ambiental. Em contrapartida, BOOTH (1998) argumenta que o crescimento econômico é contrário a qualquer noção de sustentabilidade e que os indicadores econômicos não refletem a exploração dos recursos naturais e a conseqüente redução dos estoques para as gerações futuras, nem tão pouca os resíduos gerados neste crescimento.

I.6. O uso racional do recurso água: Conceito geral

O intuito de se atingir o conceito da conservação de água passa obrigatoriamente pela idéia do uso racional da água, que por sua vez abrange as concepções de uso eficiente e reuso da água. Tomando-se por base a economia de água, a idéia imediata é a de promoção de economia nos domicílios, nas redes de distribuição e em outras partes do sistema. Contudo, poucas vezes é aplicada a noção da conservação de água nos mananciais,

através da criação de áreas de preservação e do combate à poluição na origem e ao desmatamento.

Assim, a conservação de água deve ser abordada sob um enfoque multidimensional, sendo que um dos pontos a ser discutido é uso eficiente da água, que visa a implementação de metas específicas de otimização da utilização da água de abastecimento urbano, apresentando como objetivos principais a redução dos consumos de água, que conseqüentemente resultam na diminuição da necessidade de captação nos mananciais e dos correspondentes volumes de águas residuais geradas. As intervenções a serem realizadas devem cingir-se em especial a adequação de procedimentos com vistas a redução do consumo de água, através da utilização de equipamentos e dispositivos economizadores, redução das perdas por vazamentos e da adoção de sistemas de recirculação e/ou reutilização de águas de qualidade inferior. Contudo, para desenvolver tais intervenções são necessários dados e informações de base, a serem obtidas através de atividades de medição e registro de consumos de água nas micro e macro-medições.

O reaproveitamento ou **reuso da água** é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outro fim. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrentes de ações planejadas ou não.

I.6.1. Reuso indireto não planejado da água

Ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Caminhando até o ponto de captação para o novo usuário, a mesma está sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração).

I.6.2. Reuso indireto planejado da água

Ocorre quando os efluentes depois de tratados são descarregados de forma planejada nos corpos de águas superficiais ou subterrâneas, para serem utilizadas à jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico.

O reuso indireto planejado da água pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam aos requisitos de qualidade do reuso objetivado.

I.6.3. Reuso direto planejado da água

Ocorre quando os efluentes, após tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência na indústria e na irrigação.

I.6.3.1. Reciclagem de água

É o reuso interno da água, antes de sua descarga em um sistema geral de tratamento ou outro local de disposição. Essa torna-se, assim, fonte suplementar de abastecimento do uso original. Este é um caso particular do reuso direto planejado.

I.7. Eficiência no uso da água

Atualmente, o problema não é a falta d'água pura e simplesmente, mas falta da água com qualidade para consumo humano e para os demais usos

como agropecuária e processos industriais. Assim, o reúso e as utilizações eficientes da água encontram-se diretamente ligados ao conceito do desenvolvimento sustentável uma vez que é forma de garantir para as gerações atual e futura o suprimento necessário de água. Contudo, atualmente nem toda água captada e tratada é efetivamente aproveitada, haja vista que há uma grande parcela associada a ineficiência de uso e as perdas. Trata-se, portanto, de uma componente que tem custos para a sociedade, mas não lhe traz benefícios. Estes elevados índices apontam para uma fragilidade nos sistemas de abastecimento, cuja correção tem potencial para gerar importantes benefícios ambientais e econômicos.

Em termos de critérios de utilização da água, verifica-se que os maiores potenciais de economia nos usos urbanos se encontram na redução dos consumos nas descargas sanitárias e nos chuveiros e nas perdas nos sistemas públicos de adução e distribuição.

I.8. Necessidade de aumento da eficiência do uso da água

Atualmente, a população mundial está em torno de 6 bilhões de habitantes, sendo que as previsões da ONU (ONU, 1997) são de que em 2050 seja atingida a saturação populacional com uma média de 9 a 10 bilhões de pessoas (**FIGURA I.4**). Creio, porém, que antes mesmo dessa data, já se tenha esgotado a sustentabilidade dos recursos hídricos, a menos que, sejam abandonadas, de forma radical, as atuais práticas de desperdício desse bem.

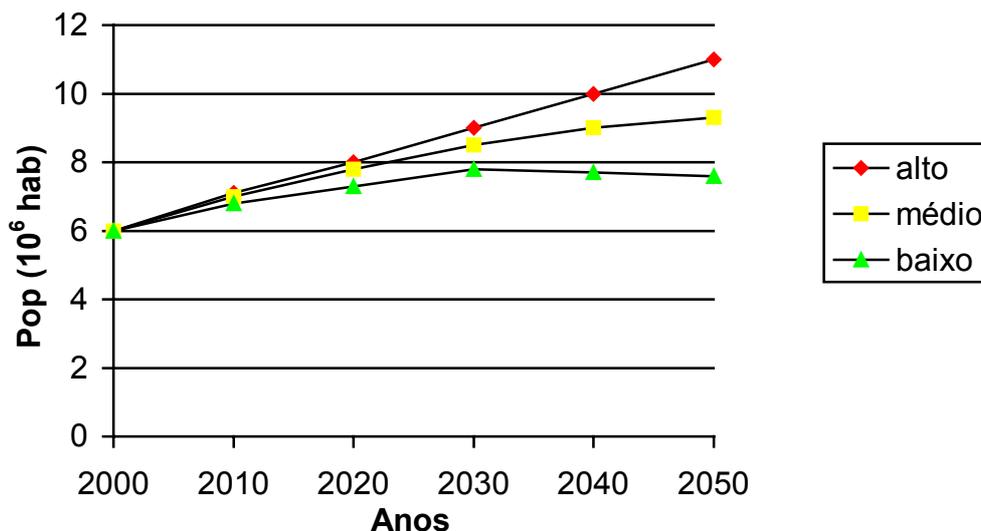


Figura I.4. Evolução da população mundial

Assim, sendo a água um fator essencial para o desenvolvimento sócio-econômico do país, esta deve ser considerada como um recurso estratégico e estrutural, tendo necessariamente que se garantir uma elevada eficiência em seu uso, o que deve corresponder a um firme propósito da Política Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, nos seguintes termos:

- Corresponde a um imperativo ambiental, pela necessidade de uma crescente conscientização da sociedade de que os recursos hídricos não são ilimitados e que, portanto, é necessário protegê-los e conservá-los. Um esforço de aumento da eficiência traduz-se evidentemente numa redução de vazões captadas e, portanto, de maior salvaguarda dos recursos;
- Corresponde a uma necessidade estratégica ligada as disponibilidades e reservas de água no País, na medida em que, embora em escala nacional o Brasil possua uma das maiores reservas de água doce do mundo, podem ocorrer situações críticas de seca, sazonais ou localizadas, tais como:
 - ✓ Ecossistemas das Caatingas e Florestas Deciduais do Nordeste;

✓ Ecossistemas da Região das Florestas Estacionais Semidecíduais.

Estas situações podem ser de caráter quantitativo, resultante, por exemplo, de períodos de maior escassez hídrica, ou de caráter qualitativo, com redução das disponibilidades de água com os requisitos mínimos de qualidade para tratamentos economicamente viáveis. Um esforço de aumento da eficiência traduz-se, evidentemente, numa redução de vazões captadas e de poluição provocada, contribuindo para não dilapidar as disponibilidade e reservas estratégicas de recursos.

- Corresponde a um interesse econômico a nível nacional, na medida em que as reduções potenciais no consumo de água correspondem a um montante extremamente relevante;
- Corresponde a um interesse econômico empresarial, na medida em que a água é um importante fator de produção em numerosos setores de atividade econômica e a minimização dos encargos – através da maior eficiência da sua utilização - aumenta naturalmente a competitividade das empresas nos mercados nacional e internacional (tanto no sentido de redução de custos, quanto no sentido de ser uma propaganda ambiental);
- Corresponde a um interesse econômico das empresas que prestam serviços de saneamento, através de uma maior racionalidade dos investimentos, na medida em que permite um melhor aproveitamento das infra-estruturas existentes, minimizando ou mesmo evitando em alguns casos a necessidade de ampliação e expansão dos sistemas de captação de água para abastecimento e de transporte e tratamento de águas residuais, para acompanharem os desenvolvimentos urbanos, agrícolas e industriais, com a única preocupação de se garantir a procura pelos usuários. Deve-se destacar que as previsíveis perdas diretas das arrecadações, por parte das entidades gestoras, resultantes da diminuição esperada no fornecimento de água podem, a princípio,

serem minimizadas através da redução de perdas nos sistemas públicos, que atingem valores preocupantes;

- Corresponde a um interesse econômico urbano, amplamente diagnosticado por algumas empresas, tais como: CEDAE, SABESP, SANEPAR, CAGECE, na medida em que permite uma redução dos encargos com a utilização da água sem prejuízo da qualidade de vida do seu agregado familiar e da salvaguarda da saúde pública.

Assim, através de uma discussão com bases técnicas e científicas, pretende-se indicar diretrizes para a sustentabilidade dos sistemas urbanos de água, abordando parâmetros tais como: aspectos da sustentabilidade, viabilidade econômica, aspectos sanitários e de saúde ambiental.

CAPÍTULO II

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A escassez natural da água doce no mundo, agravada pela poluição devido ao desordenado uso dos recursos naturais e crescimento demográfico, faz dela um bem econômico cada dia mais valioso. Entretanto, sua disponibilidade limitada impede o desenvolvimento de diversas regiões, pois as alternativas para aumentar sua oferta são, em geral, economicamente inviáveis.

O homem requer água fundamentalmente para sete necessidades básicas: para beber e manter a hidratação e o funcionamento de seu organismo; para o asseio pessoal, de sua moradia e de seus utensílios; para a preparação de alimentos. Esses três usos, em conjunto, requerem diariamente 120 litros por pessoas, ou, no mínimo, 60 litros. Outros usos são: a eliminação de excrementos ou águas de esgoto e a produção de energia hidroelétrica, pois geradores de energia são movidos com a força da queda d'água. O homem necessita de água também para processos industriais, como fabricar papel, extrair açúcar de cana, resfriar motores, gerar pressão de vapor, etc. (BEGOSSI, 1997).

A idéia de que a água é o recurso mais abundante no Planeta Terra não é incorreta, porém, pouco destaque dava-se ao fato de que deste grande volume, apenas 0,29% está disponível ao consumo humano nos rios, lagos e lençóis subterrâneos, o restante é constituído por águas salgadas e geleiras. A escassez de água potável é hoje um problema crônico em diversas regiões do mundo, tornando-se uma barreira ao desenvolvimento econômico e social. Ao longo do século XX, o crescimento demográfico e as atividades humanas reduziram gravemente a oferta de água desse bem no mundo. Neste período, a captação de água cresceu em ritmo muito maior do que o crescimento da população, multiplicando-se, por isso, os riscos de escassez deste recurso. Como exemplo dessa problemática, tem-se o fato de que a falta de água em

alguns países do oriente médio é tão grave, que os mantém em constante estado de guerra os obrigando a trocar petróleo por água e alimentos.

Os especialistas consideravam que o crescimento da oferta de água era um problema técnico, que poderia ser resolvido com a construção de barragens, reservatórios, etc. Porém, no início do século XXI verifica-se que as soluções técnicas para aumentar a oferta do bem, estão tornando-se inviáveis, devido a crescente dificuldade de exploração de novas reservas de água doce. Surgem, então, propostas para a redução da demanda de água doce, como a reutilização da água e a tarifação do uso do recurso natural (CONSTANZA, 1995).

O importante é que o homem possa satisfazer suas necessidades de água em harmonia com as necessidades dos ambientes naturais, devendo, para tanto, utilizá-la com eficiência e cuidado. Deve devolver a água a Natureza nas mesmas condições de pureza em que esta se encontra num ambiente não degradado pelo homem. Dessa forma, a água poderá ser utilizada tanto para o funcionamento dos ecossistemas naturais como pelo próprio homem, já que todos os seres vivos são parte de um só grande sistema chamado Ecosfera. Só um ambiente bem preservado, uma natureza com seus ecossistemas funcionando normalmente podem nos proporcionar a água na quantidade e na qualidade de que necessitamos. Contudo, isso não é possível quando não devolvemos água limpa ao ambiente.

A água é considerada um bem econômico porque é finita e essencial para a conservação da vida e do meio ambiente e, conseqüentemente, sua escassez impede o desenvolvimento de diversas regiões, na medida em que, além da necessidade humana, a água é essencial no processo produtivo de muitas empresas. Por outro lado, é tida também como um recurso ambiental, pois a alteração adversa desse recurso pode contribuir para a degradação da qualidade ambiental. Já a degradação ambiental afeta, direta ou indiretamente, a saúde, a segurança e o bem-estar da população; as atividades sociais e econômicas; a fauna e a flora; as condições estéticas e sanitárias do meio; e a qualidade dos recursos ambientais (FRACALANZA, 1996).

Dentre os inúmeros recursos que o sistema econômico utiliza em seus processos produtivos, as reservas naturais, que são constituídas pelo conjunto dos elementos da natureza utilizados no processo da produção, são os de maior importância, devido a sua escassez. O assim denominado, fator terra, não inclui apenas a disponibilidade total de terras potencialmente apropriadas para a agricultura e a produção animal, mas também o conjunto dos elementos naturais que se encontram no solo e no subsolo; os lençóis de água subterrâneos, os mananciais, riachos, ribeirões, rios e quedas de água; os lagos, os mares e os oceanos, a vegetação e os recursos da flora; a fauna, o clima, a pluviosidade e recursos extraplanetários, como o sol e o próprio espaço sideral. O fator terra, em concepção abrangente, engloba assim, todos os recursos e condições existentes na natureza. É do complexo conjunto de elementos que o constitui que o homem extrai os bens econômicos com os quais procura saciar suas ilimitáveis necessidades individuais e sociais (ALVES, 1997).

Conforme HOWE (2001), embora o fator terra seja constituído por um conjunto determinado e finito de macrodisponibilidades, sua significação econômica tem variado, de um lado, sob a ação de condições expansivas e, de outro lado, sob a ação de condições restritivas. Entre as expansivas, o estágio do conhecimento humano e o desenvolvimento de mais avançadas tecnologias de extração, renovação, reposição e reciclagem têm sido destacadas como as de maior relevância. Entre as restritivas, a crescente consciência sobre o equilíbrio global homem-natureza.

Segundo BEGOSSI (1997), embora o uso de recursos ambientais não tenha seu preço reconhecido no mercado, seu valor econômico existe na medida que seu uso altera o nível de produção e consumo da sociedade. O uso descontrolado de água pelo homem nas bacias hidrográficas leva a alterações no ciclo hidrológico. No entanto, salvo no caso de grandes empreendimentos de irrigação ou hidroelétricos, este poderia satisfazer suas necessidades sem produção de mudanças severas no ciclo natural. Essas alterações devem-se também a outras ações do homem, como o desmatamento, o uso da terra sem técnicas eficientes de controle de erosão e

captações para irrigação mal feitas e sem planejamento, que perturbam a infiltração da água no solo e diminuem severamente a armazenagem de água e a recarga de aquíferos. Nas regiões urbanas, devido a impermeabilização do solo, durante as chuvas, o escoamento superficial torna-se maior, com um tempo de concentração menor, fato que aumenta a capacidade de carreamento de sedimentos, provocando a contaminação e o assoreamento dos cursos d'água, inundações e grandes períodos de seca.

Até o final do século XIX, a economia brasileira era essencialmente agrícola e, o uso da água, principalmente local. No início do século 20 apareceram as usinas hidrelétricas de maior porte (da Light), que suscitaram um debate sobre o regime jurídico das águas. Foi assim que, após 27 anos de tramitação no Congresso, foi promulgado em 1934 o Código das Águas, pelo qual as concessões hidrelétricas, antes feitas nos níveis estadual e municipal, passaram para a esfera da União.

Com o tempo, as legislações ficaram cada vez mais dissonantes. Assim, por exemplo, nos anos 1970, a gestão quantitativa dependia do Código das Águas, enquanto a gestão qualitativa das águas dependia da legislação ambiental. Depois de muita discussão, foram formuladas recomendações para o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, previsto pela Constituição Federal de 1988 (artigo 21, inciso XIX) e retomado pelas Constituições Estaduais em 1989.

A Constituição Federal definiu diversos condicionantes para as futuras leis, em particular, com respeito ao domínio das águas (por exemplo, os mananciais que cortam mais de um Estado são da União); a competência para legislar sobre água (estritamente da União); aos critérios de outorga de direitos de uso das águas e assim por diante. Nesse emaranhado de leis, podemos destacar o artigo 22 inciso XVIII, que interessa diretamente a população do semi-árido: “Compete à União planejar e promover a defesa permanente contra as calamidades públicas, especialmente as secas e as inundações”.

O próximo marco importante foi a criação efetiva do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos através da Lei Federal 9433, de 8 de janeiro de 1997. Após nada menos que sete anos de tramitação no Congresso, essa lei instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. A água passou então a ser considerada legalmente como um bem de domínio público, dotado de valor econômico e cujo uso prioritário, em situações de escassez, deve ser o consumo humano e animal. Essa nova lei contemplou, também, uma concepção avançada da gestão da água, levando em consideração as suas múltiplas finalidades, bem como a definição da bacia hidrográfica como unidade de planejamento e gestão, entre outros aspectos. Ela introduziu, ainda, conceitos novos no Brasil, como o de poluidor-pagador.

Muitos estados não esperaram o fim da discussão dessa lei federal para promulgar suas próprias leis. O primeiro a ter uma lei estadual de gerenciamento de recursos hídricos foi o estado de São Paulo (1991), seguido pelo Ceará (1992). No Nordeste, vieram em seguida Sergipe e Bahia (1995), Rio Grande do Norte e Paraíba (1996) e Pernambuco (1997). Essas leis variam um pouco de um estado para outro. Em todas constam Comitês de Bacias com participação dos usuários, mas a lei baiana não prevê a instalação de um Conselho Estadual de Recursos Hídricos. Todas incluem a cobrança pelo uso da água, mas apenas algumas prevêem um fundo financeiro estadual. Cabe ao Sistema Nacional articular as estruturas federais e estaduais – articular, por exemplo, um Comitê de Bacia para um rio de domínio da União com os Comitês Estaduais da mesma bacia.

A última etapa foi a criação, em 17 de julho de 2000, da Agência Nacional das Águas, a ANA, oficialmente a “entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos e de coordenação do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos”. A ANA foi criada enquanto autarquia vinculada ao Ministério do Meio Ambiente com, porém, autonomia administrativa e financeira. Entre as suas várias atribuições figuram autorizar o uso dos recursos hídricos de domínio da União, bem como definir e fiscalizar as condições de operação para garantir o uso múltiplo das águas. É também a ANA que está encarregada de “planejar e promover ações

destinadas a prevenir ou minimizar os efeitos das secas e inundações...” em apoio aos Estados e Municípios, em articulação com a Defesa Civil.

A criação da ANA foi bastante polêmica. Foi destacado por alguns senadores como ponto negativo a aprovação em regime de urgência dessa lei que merecia ser discutida com a sociedade. Outro ponto negativo foi a rejeição de todas as emendas apresentadas. Entre estas figurava uma emenda tornando obrigatória a aprovação dos dirigentes da ANA pelo Senado, enquanto a lei prevê a nomeação direta dos cinco diretores pelo Presidente da República (o que ocorreu de fato em outubro de 2000). Mais grave ainda: as decisões desses diretores nomeados não serão submetidas aos sessenta membros do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (essa foi outra emenda rejeitada). Por fim, a transposição de um rio de domínio da União, como é o caso do São Francisco, pode ser decidida no âmbito da ANA, não dependendo da aprovação pelo Congresso Nacional (mais uma emenda rejeitada). Segundo o gabinete da senadora Marina da Silva, pela maneira como foi criada, a ANA contraria toda a lógica estabelecida na lei de 1997.

Todos os aspectos assinalados afetam a oferta, a disponibilidade e a qualidade da água. Sem dúvida, o uso ordenado e planejado, com a eliminação prudente da cobertura vegetal, como emprego de técnicas eficientes de cultivos e uso da água pode contribuir para satisfazer a demanda humana sem alterar gravemente o ciclo hidrológico.

Quando a injustiça social afeta um grupo, às vezes este, ante sua angústia, declara-se em greve de fome e não ingere alimentos. Há também quem o faça por razões religiosas. Entretanto, dificilmente alguém poderia fazer uma greve de sede, isto é, não beber, pois não conseguiria ver a solução de seus problemas, já que morreria rapidamente. O homem pode perder até 40% de seu peso e não morrer, mas, se perder mais de 20% da água de seu organismo, pode não sobreviver.

Em relação a origem do conceito de desenvolvimento sustentável é ressaltada uma série de desequilíbrios que foram causados pelo modelo de

desenvolvimento neoliberal dinamizado pela Revolução Industrial. Contudo, em 1962, com a publicação do trabalho da bióloga Rachel Carson, intitulado “Silent Spring”, percebeu-se, efetivamente, que os problemas eram bem graves. Esse trabalho forneceu informações e dados mais qualificados sobre o grande perigo representado pela utilização de agrotóxicos nas lavouras, e deu origem a uma grande discussão a respeito da preservação dos recursos naturais do planeta Terra. O Clube de Roma, entidade formada por intelectuais e empresários, que não eram militantes ecologistas, foi uma iniciativa que surgiu dessas discussões (CONSTANZA, 1995).

O Clube de Roma produziu os primeiros estudos científicos a respeito da preservação ambiental, que foram apresentados entre 1972 e 1974, e que relacionavam quatro grandes questões que deveriam ser solucionadas para que se alcançasse a sustentabilidade, como por exemplo: o controle do crescimento populacional, o controle do crescimento industrial, a insuficiência da produção de alimentos e o esgotamento dos recursos naturais. Essas discussões se ampliaram e o movimento ambientalista foi se formando e ganhando importância ao nível internacional, sendo que em 1972 foi realizada a Primeira Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente, em Estocolmo (Suécia), onde foram elaborados 27 princípios norteadores da relação homem-natureza. Este conjunto de princípios denunciava, em grande parte, a responsabilidade do subdesenvolvimento pela degradação ambiental e estabeleceu a base teórica para o termo Desenvolvimento Sustentável.

Em 1987, a Comissão Mundial para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ONU), presidida pela Senhora Gro Harlem Brundtland, primeira ministra da Noruega, elaborou um documento denominado ‘Nosso Futuro Comum’, onde os governos signatários se comprometiam a promover o desenvolvimento econômico e social em conformidade com a preservação ambiental. Neste documento, que também ficou conhecido como ‘Relatório Brundtland’, foi apresentada a definição oficial do conceito de Desenvolvimento Sustentável e os métodos para enfrentar a crise pelo qual o mundo passava. A proposta de Desenvolvimento Sustentável teve a vantagem de denunciar como

inviáveis os atuais modelos de desenvolvimento, tanto no hemisfério Norte como no Sul, que seguem padrões de crescimento econômico não-sustentáveis em longo prazo. Além disso, este conceito prevê que o crescimento econômico não pode ocorrer sem a superação da pobreza e o respeito aos limites ecológicos. São esses quatro parâmetros - preservação da natureza, eliminação da pobreza, crescimento econômico e garantia de existência das gerações futuras - concebidos em conjunto que conferem a possibilidade de alcançar uma sustentabilidade que seja global.

As organizações não governamentais (ONGs) dos países em desenvolvimento têm feito muitas críticas ao Relatório Brundtland, por considerar que ele ignora as disparidades nas relações Norte-Sul, impondo aos países em desenvolvimento os custos sociais e ambientais do crescimento dos países desenvolvidos, em razão do mesmo estar permeado pela crença de que as forças de mercado são suficientes para resolver os problemas ambientais. Tanto o Relatório Brundtland quanto os demais documentos produzidos pelo Clube de Roma, sobre o Desenvolvimento Sustentado, foram fortemente criticados porque creditaram a situação de insustentabilidade do planeta, principalmente, a condição de descontrole da população e a miséria dos países do Terceiro Mundo, efetuando uma crítica muito branda a poluição ocasionada durante os últimos séculos pelos países do Primeiro Mundo (GALLO, 1995). A polêmica foi grande e muitas discussões aconteceram, possibilitando a difusão do conceito de Desenvolvimento Sustentável e a conseqüente proliferação de diversos trabalhos a respeito da sustentabilidade. Integrando esse movimento, em 1992, foi realizada na cidade do Rio de Janeiro uma conferência, conhecida como Rio/92 ou Eco/92, que elaborou um documento denominado Agenda 21, contendo a estratégia de ação, com os princípios básicos para a construção de uma sociedade sustentável. Entre estes princípios estavam a preservação e o respeito a todos os seres vivos; a preservação da diversidade e vitalidade dos sistemas ecológicos; a preservação dos recursos não-renováveis; e a melhoria da qualidade de vida do homem.

De uma forma global, os recursos hídricos são limitados e têm um papel significativo no desenvolvimento econômico e social. O crescimento

populacional e econômico desse século levou a explorar de forma predatória os recursos naturais em geral e os recursos hídricos em específico. O período após a segunda guerra mundial foi marcado por investimentos que resultaram num importante crescimento econômico que envolvia, principalmente, energia, abastecimento doméstico e industrial, aumento de produção agrícola por irrigação, transporte fluvial e marítimo, recreação com lagos artificiais e modificações costeiras como marinas (GONÇALVES, 1995). Contudo, talvez o grande vilão da degradação tenha sido o aumento das aglomerações urbanas, provocando impactos ambientais devido a despejos domésticos e industriais nos rios e da impermeabilização do solo, criando condições sanitárias extremamente desfavoráveis e redução nos volumes disponíveis.

Segundo LEAL (1995), na década de 70, iniciou a pressão ambientalista na busca de inibir o desenvolvimento de utilizações dos recursos hídricos sem cuidados com a preservação ambiental. A população, principalmente, dos países desenvolvidos, criou mecanismos de controle de impacto ambiental na aprovação de projetos, na fiscalização de sua execução e na operação. As principais preocupações centraram-se na qualidade dos rios e reservatórios, contaminação de aquíferos, carga difusa de áreas agrícolas, desmatamento de florestas e no final do período no impacto global climático. A crescente globalização impõe uma ruptura no tipo clássico de delimitação geográfica, uma vez que a formação de blocos econômicos com interesses hegemônicos em nível mundial e a crescente escassez dos recursos naturais, estabelecem uma nova dinâmica no uso dos recursos energéticos e em especial no uso da água, que passa a ser gradativamente transformada em uma “commoditie” a ser comercializada a partir dos interesses desse “mercado global” (HIGGINS *et al.*, 2002).

Segundo o IBGE (1998), os investimentos têm mudado de prioridade, dando ênfase a preservação ambiental, operando através de bancos de fomento e desenvolvimento. Como a população e o desenvolvimento dos países do terceiro mundo encontrava-se num estágio anterior (deslocada de cerca de 10 a 15 anos) a pressão sobre o meio ambiente dos órgãos

financiadores internacionais e a consciência pública têm inibido o investimento e o uso dos recursos hídricos sem práticas conservacionistas. Na década de 80, foram aprovadas as primeiras legislações sobre controle ambiental e iniciada a pressão sobre as indústrias privadas quanto ao controle de seus efluentes. No entanto, tem sido muito difícil o controle sobre o efluente doméstico, responsabilidade do setor público. Na segunda parte da década foram reduzidos os investimentos (praticamente eliminados) dos bancos de fomento internacionais para aproveitamentos hidrelétricos na Amazônia e, em outras regiões brasileiras. Esse processo foi iniciado em consequência do debate internacional sobre o efeito do desmatamento da Amazônia sobre o clima do Globo e a tendência internacional de limitar o investimento de novos reservatórios que criassem impactos ambientais. Atualmente, o investimento internacional está concentrado na melhoria do entendimento, quantificação e preservação dos recursos naturais, gerenciamento de projeto e obras de controle ambiental das regiões metropolitanas. Exemplos desses projetos são: Projeto de despoluição do rio Tietê, Controle Ambiental do Guaíba, despoluição da baía da Guanabara e Controle de Cheias no rio Iguaçu na baixada fluminense, Programa Ambiental da Região Metropolitana de Curitiba e o Plano de Conservação da bacia do Alto Paraguai.

A década de 1990 foi marcada por grandes desafios como a definição dos aspectos institucionais do gerenciamento dos recursos hídricos, o controle dos recursos hídricos nas grandes metrópoles brasileiras, a preservação ambiental, o uso e controle do solo rural e o impacto da poluição difusa dentro de uma visão racional de aproveitamento e preservação ambiental.

O conceito de capacidade de suporte humano está presente na literatura acadêmica desde 1679, quando o holandês Antoni Van Leeuwenhoek escreveu o que poderia ter sido a primeira tentativa de estimar o número máximo de indivíduos que o planeta Terra poderia suportar. Segundo ele, se toda a terra habitável no mundo tivesse a mesma densidade populacional da Holanda (na época, cerca de 120 pessoas por km²), o mundo poderia suporta, no máximo, 13,4 bilhões de pessoas. Por volta de 1697, Gregory King, utilizando essa mesma metodologia de Leeuwenhoek, estimou que a capacidade de suporte

da terra estava limitada em 12,5 bilhões. Em 1765, outros estudiosos utilizaram-se desse conceito para fazer as mesmas especulações. O alemão Johnn Peter Sussmilch estimou que o máximo que a Terra poderia suportar era 13,9 bilhões de pessoas, seguido pelo inglês Thomas Templeman que estimou em 11,5 bilhões e do francês Sebastian Le Preste Vauban que apontou 5,5 bilhões (COHEN,1995).

Conforme se observa, essas estimativas foram feitas antes da revolução industrial e do enorme incremento do uso de energia de baixa entropia, possibilitado pelos combustíveis fósseis. Naquela época, os padrões de consumo eram, pois, ínfimos comparados com os de hoje, incorrendo, portanto, em impacto *per capita* menor sobre o meio ambiente.

Nas décadas mais recentes, o termo capacidade de suporte voltou a aparecer com mais freqüência. Sob a rubrica “carrying capacity”, há uma série de discussões e debates que envolvem problemas ambientais em relatórios das Nações Unidas e em documentos de acadêmicos das áreas de ecologia, economia, sociologia, geografia, agronomia. Observou-se, no decorrer dessas discussões, a ausência dos pontos-de-vista dos demógrafos, por um longo período de tempo. Isto fica claro porque entre 1992 e 1993, uma série de debates foi organizada pela *Population Association of America* e, em nenhuma sessão tratou-se de definir ou de medir a capacidade de suporte humano em qualquer região do planeta. Ao contrário, os profissionais da área de demografia tenderam a enfocar a composição do crescimento de populações, restringindo-se a predições condicionais do tipo: se a taxa de nascimento, morte e migração parar x, y e z, então o tamanho e a distribuição da população será w (MacKELLAR,1996).

Tais predições condicionais, apesar de apresentarem viés especulativo, podem ser uma poderosa ferramenta no processo de tomada de decisão. Projeções das Nações Unidas mostraram que se a população humana continuasse a crescer às mesmas taxas da década de 1990, ela aumentaria

vertiginosamente, passando de aproximadamente 5,3 bilhões de pessoas, em 1990, para cerca de 9 a 10 bilhões no ano de 2050. Mas os próprios demógrafos da ONU projetaram uma queda continuada da taxa de crescimento humano, prevendo que ela estaria próxima do zero no fim do século XXI.

Diante disso, a capacidade de suporte é discutida, em uma escala mais abrangente, por POSTEL (1994). Com a utilização de dados estatísticos, a autora procurou relacionar proteção ambiental, desenvolvimento econômico sustentável, recursos naturais, impactos ambientais, crescimento econômico e mudanças tecnológicas. A autora reitera a idéia de que há uma espécie de esforço, às vezes até irônico, no sentido de fazer com que o rendimento da Terra seja direcionado mais para a espécie humana do que para beneficiar sustentavelmente as outras formas de vida existentes no planeta. Se a população humana for tratada de forma diferenciada das outras espécies de vida do ecossistema e, sendo os recursos naturais escassos, o resultado do processo contínuo do crescimento populacional, de seu padrão de consumo e das escolhas tecnológicas poderão ultrapassar a capacidade de suporte do planeta no futuro.

Os tempos de “dávila naturais gratuitas” em que os recursos naturais eram abundantes e estavam disponíveis para impulsionar o crescimento econômico e os padrões de vida, já terminaram. Começaria uma era em que a prosperidade crescente do globo dependeria, cada vez mais, do uso eficiente dos recursos naturais, de sua distribuição eqüitativa e da racionalização do consumo global, constituindo, desse modo, um novo redirecionamento do uso alternativo desses recursos. Esse redirecionamento deveria passar pelo estabelecimento de um preço que deveria vir, ou pela utilização da persuasão de políticas de comando e controle, ou pelo o uso dos instrumentos econômicos de controle ambiental. Isso seria necessário, porque com as inovações tecnológicas, o homem, como agente de mudanças de proporções geológicas, falhou com a sociedade ao acreditar que os recursos naturais fossem fontes inesgotáveis de matérias-primas (TEIXEIRA, 1994).

Essa idéia, também, levou RUBENSTEIN (1994) a discutir o assunto. Ele analisou o conceito de capacidade de suporte como uma variável assombrosa quando discutida com a população humana no ecossistema. Sugere, então, modificações nos métodos estatísticos de projeções populacionais, por acreditar que os utilizados atualmente superestimam o número de habitantes que existiriam no planeta. Essa discussão ganhou um adepto em 1995, quando COHEN (1995) fez uma revisão e uma adaptação de modelos matemáticos para medir a relação entre crescimento populacional e o limite dos recursos naturais. Para ele, a capacidade de suporte é determinada por constrangimentos naturais e por escolhas humanas relativas à economia, meio ambiente e demografia.

Essa mesma metodologia foi utilizada em um relatório denominado Cadeia de Capacidade de Suporte, escrito por HOWE (2001). Nesse relatório, são discutidos com a população, o uso da terra e o consumo de carne. Ele chega à conclusão de que a sociedade americana será vítima de uma dieta basicamente vegetariana pelo ano 2050, em virtude dos problemas de crescimento populacional, perda ou encolhimento de áreas para a produção desse tipo de alimento. Questionamentos nessa mesma linha são feitos por BROWN (1995) em que inclui o planejamento familiar no modelo. Para ele, informações sobre o conceito de capacidade de suporte de áreas e sistemas de alimentação devem ser repensados, uma vez que constituem a base necessária para o planejamento familiar e a manutenção de gerações presente e futura.

ARROW *et al.* (1995) tratam do mesmo assunto em desenvolvimento econômico, proteção ambiental, ecossistema e política ambiental. Para eles, há uma forte correlação entre crescimento econômico e qualidade de vida ambiental. Acreditam que o vínculo existente entre a atividade econômica e a capacidade de suporte dos recursos naturais deve ser discutido com certa cautela, porque o poder de recuperação do meio ambiente não é ilimitado. Essa idéia foi reforçada por BOONE & VAN (1995) ao analisarem o desenvolvimento de organizações, teoria de organização e teoria econômica.

Segundo esses autores, estudos de organização de população que se tornaram conhecidos, nomeados inicialmente de ecologia da população e de ecologia organizacional, já entraram na fase de maturidade. Essa nova fase de estudos da população e organizações produtivas pode aumentar a capacidade de suporte do ecossistema. Isso pode ser conseguido com base em aspirações da administração estratégica do crescimento populacional e da utilização racional dos recursos naturais no presente e no futuro.

A religião também é adicionada a essa discussão por MONTAVALLI & ERLICH (1996) em um debate com os professores da Universidade de Stanford (EUA), Paul Ehrlich e Anne Ehrlich. Para ele, a religião tem papel significativo em questões que estão relacionadas a taxa de crescimento da população e a atividade econômica, no que diz respeito à utilização dos recursos naturais. O conceito de capacidade de suporte da ecologia permanece a base fundamental da contabilidade demográfica. SILVA (2000) avalia ações importantes no processo de conexão do desenvolvimento econômico, população, ecologia e demografia, como indicadores básicos para o desenvolvimento sustentável. Segundo ele, os fluxos físicos de recursos produtivos e ecossistemas correspondentes requerem apoio tanto da Economia como da Ecologia. Assim, os efeitos do crescimento populacional desordenado deveriam ser tratados pela sociedade de forma mais cuidadosa, considerando que o crescimento econômico, o uso dos recursos naturais e a demografia devem ocorrer de forma sincronizada.

Discute-se o rápido crescimento populacional como um fenômeno moderno e determinante que tem preocupado não só pesquisadores como a população de modo geral. Neste sentido, questões como: quantas pessoas a Terra pode suportar, estão sendo sempre trazidas para a discussão. Observa-se que nos últimos 350 anos a capacidade de suporte da Terra foi calculada mais de 65 vezes (COHEN,1995). Ressalta-se, ainda, que o limite da capacidade de suporte da Terra para a população humana, de forma que houvesse um desenvolvimento sustentável, não poderia ultrapassar

determinado número de pessoas. A grande problemática de toda essa discussão é: como determinar o número exato que a Terra pode suportar.

Todas essas discussões deixam uma mensagem clara: as pessoas não podem continuar a ter, em média, mais filhos do que o estabelecido para a manutenção da taxa de substituição de nascimento e morte, a fim de que o nível de bem-estar social não seja comprometido. A atividade econômica convencional não pode produzir o suficiente necessário para atender ao consumo de infinito número de pessoas. Há uma espécie de teto que limita o número máximo de indivíduo que determinada área pode suportar sem comprometer o nível de bem-estar coletivo ou individual (CONSTANZA, 1995).

Alguns estudiosos acreditam que qualquer limite para o número de seres humanos está tão distante que é irrelevante sua existência para apresentar preocupações de curto e médio e prazos (ARROW *et al.*, 1995). Outros acreditam que a terra já excedeu sua capacidade de suporte no que diz respeito à população humana. Há ainda outros que acreditam que tais limites podem existir, mas não haverá problemas de escassez de alimentos, porque a tecnologia, as instituições e os valores serão adaptados de tal maneira que podem empurrar esses tetos progressivamente de modo que eles jamais serão alcançados (COHEN, 1995).

A história vem demonstrando que a sobrevivência tem sido bastante difícil tanto para indivíduos como para os grupos, por várias culturas e várias gerações, tendo em vista o acelerado crescimento populacional e a procura pela melhoria do nível de bem-estar. Embora tenha havido muitas ações para a limitação de nascimentos e para o melhoramento da qualidade de vida social, com a utilização da tecnologia e outros meios de racionalização dos recursos, a verdade é que o nível do bem-estar social tem declinado no decorrer da história (CONSTANZA, 1995).

CAPÍTULO III METODOLOGIA

III.1. Introdução

O uso racional da água se apresenta sobre várias perspectivas, como, por exemplo, captar água de chuva para usos domésticos, recarregar aquíferos, implementar bases tarifárias com o objetivo de valorar a água como um bem econômico, reduzir as perdas no tratamento e na distribuição, mudanças de hábitos pessoais com o objetivo de reduzir o consumo individual, reutilizar águas residuais para fins menos nobres, entre outras. De uma forma mais abrangente, pode-se dizer que o uso eficiente significa aproveitar melhor a água e assegurar maior eficiência em seu uso (WALKER *et al.*, 1991).

Ainda, segundo GLOSS (1991), abordar a eficiência sob várias perspectivas é mostrar que existe uma eficiência absoluta que relaciona um uso determinado com a menor quantidade possível de água para satisfazê-lo; uma eficiência econômica que pretende aproveitar a água com os máximos benefícios econômicos; uma eficiência social que vise estender seus benefícios a maior parte de suas demandas na comunidade; uma eficiência ecológica que deve, antes de tudo, garantir a conservação dos recursos naturais; e uma eficiência institucional que qualifica o funcionamento de uma instituição em relação a suas atribuições relacionadas com a água. Essas definições não são excludentes e podem operar simultaneamente, dependendo das condições particulares de cada sistema usuário. Uma outra forma de encarar a problemática relacionada com o uso eficiente da água é considerá-la como uma *commodity* e submetê-la à lei da oferta e da procura, contudo essa forma de tratar o recurso água é segregacionista e desumana.

Assim, nessa dissertação, são apresentadas algumas medidas que se considera poderem contribuir para a adoção do uso eficiente da água, ao nível dos setores doméstico e industrial, de forma a garantir a sustentabilidade do abastecimento urbano. Nos usos domésticos incluem-se medidas ao nível dos

sistemas públicos de abastecimento, dos sistemas prediais, dos dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares e dos usos exteriores.

Nos usos industriais consideram-se medidas ao nível geral, ao nível do processo fabril (destinadas especialmente aos usos da água para incorporação em produtos alimentares, em processos de extração física de produtos, em processos de transformação química, em processos de lavagem de produtos alimentares, na lavagem de embalagens e vasilhame de produtos alimentares, em processos de lavagem de produtos não alimentares, em processos de transporte de materiais e em processos de arrefecimento de equipamento industrial), ao nível dos sistemas de transferência de calor (dos circuitos de arrefecimento industrial e dos sistemas de aquecimento industrial) e ao nível da limpeza de instalações e de equipamentos.

As águas residuais geradas devem também ser objeto de medição das respectivas vazões totais e setoriais. Estes dados, preferencialmente, agregados sob a forma de balanços hídricos, apresentam especial importância para o fomento e planeamento de um uso mais racional da água, bem como para a avaliação da eficácia das medidas implementadas nesse campo. A implementação de um programa estratégico específico de otimização do ciclo da água na entidade gestora traduz-se em benefícios claros e diretos oriundos das reduções do consumo de água de abastecimento e dos volumes de águas residuais a descarregar, resultando em poupanças económicas que podem assumir, em alguns casos, importância significativa.

III.2. Aspectos Metodológicos

III.2.1. Avaliação Estratégica Ambiental

Para o ajuste estrutural, sustentabilidade da água e ambiente há uma necessidade de uma metodologia analítica que embase e fundamente tais abordagens. A Avaliação Estratégica Ambiental foi uma das primeiras ferramentas de uso nos processos de identificação, predição, avaliação e mitigação de efeitos biofísicos, sociais e outros efeitos relevantes na sustentabilidade ambiental (KESSLER & DORP, 1997). Todavia, devido a variados níveis estratégicos setoriais e programas sistemáticos, sobretudo em países subdesenvolvidos tal procedimento ainda tem uso incipiente. A **FIGURA IV.1** esboça diferentes tipos de parâmetros nos processos estratégicos de planejamento e avaliação ambiental.

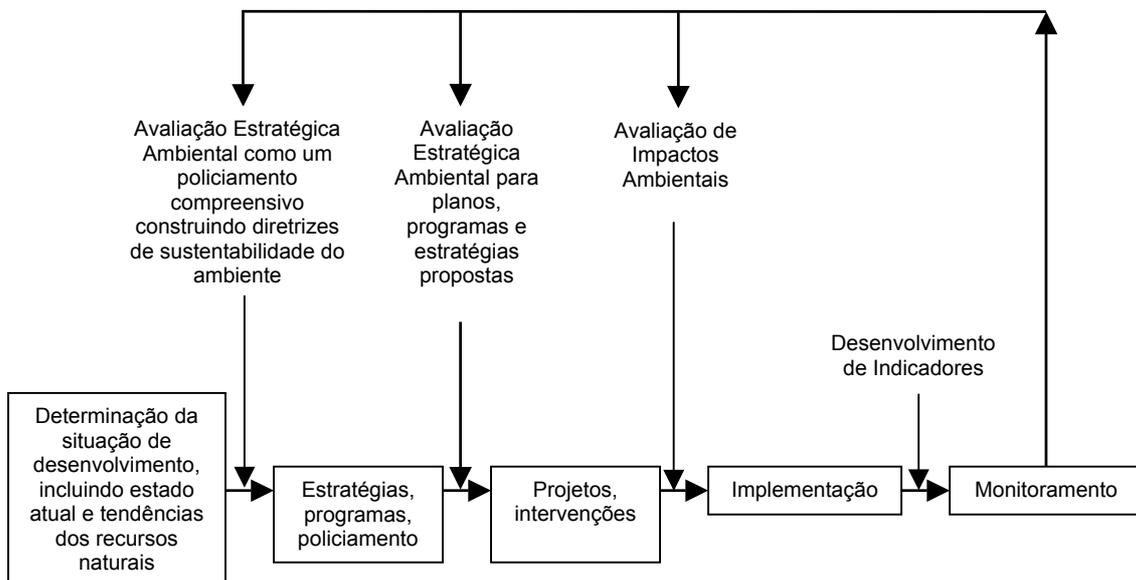


Figura IV.1. Parâmetros estratégicos de planejamento e avaliação ambiental

III.2.2. Avaliação do Impacto Ambiental

Também serão abordadas as questões do impacto ambiental, que se define como qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causado por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que direta ou indiretamente, afetem a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; a biota e a qualidade dos recursos ambientais.

A avaliação de impactos ambientais é um instrumento de política ambiental, formado por um conjunto de procedimentos, capaz de assegurar, desde o início do processo, que se faça um exame sistemático dos impactos ambientais de uma ação proposta e de suas alternativas. Esta definição evidencia que a avaliação de impactos ambientais subsidia o processo de tomada de decisão e se atém a ação proposta – políticas, planos, programas, novas tecnologias. A **FIGURA IV.2** aborda metodologias analíticas usadas na avaliação do impacto (KESLLER *et al.*, 1996).

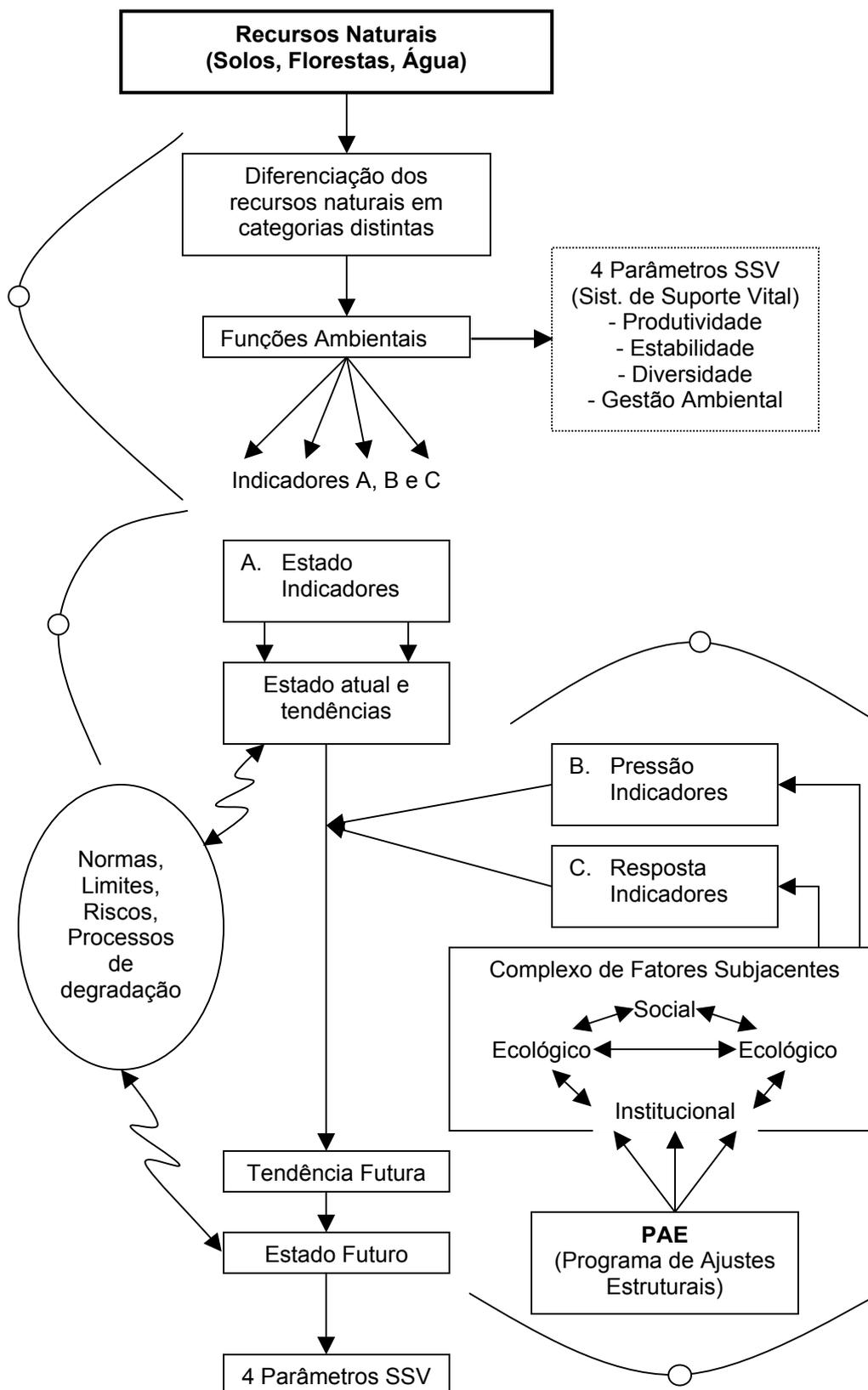


Figura IV.2. Metodologias analíticas usadas para avaliação do Impacto Ambiental

III.2.3. Detecção de perdas na distribuição pública e nos sistemas prediais

Um outro ponto de grande relevância, que, também, será tratado de forma específica nesta dissertação, é a detecção e correção de perdas por vazamento nas redes públicas de abastecimento e nos ramais internos de distribuição de água. Segundo COELHO (2001), o índice médio de perdas nas empresas estaduais é de 40% (entendendo-se como perdas a diferença entre o volume produzido e o volume faturado). Além disso, nos ramais de distribuição interna, um grande volume é desperdiçado diariamente devido as perdas a vazamentos e ao uso inadequado da água. Essa situação esdrúxula de desperdício no consumidor final, deve ter tratamento especial, pois sua correção depende, exclusivamente do esclarecimento e da conscientização da população em relação a problemática da escassez de água.

III.2.4. Avaliação de tecnologias disponíveis para o uso eficiente da água

Esta medida apresenta como vantagens a redução dos consumos de água e, em consequência, a redução das descargas de águas residuais geradas e da necessidade do seu tratamento, bem como dos consumos energéticos associados. Apresenta como inconveniente relevante o fato de implicar, em geral, a realização de um investimento financeiro significativo que está naturalmente dependente da capacidade da entidade gestora e dos usuários finais.

III.2.5. Tecnologias de reuso urbano

Para que se possa pensar em reuso urbano, devem-se fazer estimativas de crescimento populacional e de cobertura de coleta e tratamento a fim de estimar a capacidade de reutilização (KOLOKYTHA *et al.*, 2002). Assim, para a

sistematizar o reuso urbano de forma integrada, as seguintes etapas serão discutidas:

- ✓ Caracterização do mercado no entorno de ETEs e ETAs, visando à avaliação das futuras demandas;
- ✓ Definição de requisitos urbanos (sanitários e ambientais);
- ✓ Concepção do sistema de produção e distribuição;
- ✓ Verificação das alternativas de tratamento;
- ✓ Revisão do consumo “per capita”;
- ✓ Viabilidade técnica, econômica e financeira.

As medidas relativas ao uso urbano apresentam-se agrupadas nos seguintes níveis: sistemas públicos; sistemas prediais e instalações coletivas; dispositivos em instalações residenciais, coletivas e similares; e usos exteriores.

Nos sistemas públicos incluem-se, por um lado, medidas associadas ao sistema de abastecimento e, por outro, de forma mais indireta, medidas associadas ao sistema público de águas residuais incluindo transporte e tratamento. Estes sistemas de propriedade pública são geridos diretamente por municípios, serviços municipalizados, empresas municipais e empresas públicas ou através de concessões a empresas privadas, que no contexto deste trabalho se designam por entidades gestoras.

Por sistemas prediais e de instalações coletivas entendem-se os sistemas através dos quais se efetua a distribuição de água aos edifícios ou instalações, a partir de um ramal de ligação à rede de distribuição pública de água potável, e os sistemas de drenagem de águas residuais domésticas e

pluviais. Por dispositivos em instalações residenciais entendem-se chuveiros, torneiras (em lavatórios, bidês, banheiras e lava-louças), máquinas de lavar roupa, máquinas de lavar louça e sistemas de aquecimento e refrigeração de ar.

Por instalações coletivas e similares entendem-se aquelas em que é possível utilizar dispositivos idênticos aos das instalações residenciais, tais como escritórios, edifícios públicos, centros comerciais, hotéis, restaurantes e similares, lavanderias, universidades, escolas e creches, instalações desportivas (ginásios, piscinas, estádios, etc.), hospitais e outros centros de saúde, terminais aéreos, rodoviários e ferroviários e postos de gasolina e serviços. Pelas suas características, as instalações de uso coletivo apresentam frequentemente grande ineficiência no uso da água. Por usos exteriores entendem-se os associados à lavagem de pavimentos, à lavagem de veículos, à rega de jardins e similares, ao uso de piscinas, lagos e espelhos de água e à rega em campos desportivos.

Os sistemas públicos correspondem, habitualmente, às unidades de captação, elevação, tratamento, adução, armazenamento e distribuição de água. A motivação das entidades gestoras para promover o uso eficiente da água pode em geral passar por dois aspectos distintos:

- interesse claro e direto na redução das perdas reais no sistema (tratamento, adução, distribuição, armazenamento e ramais), bem como na redução dos usos não autorizados e erros de medição, que contribuem diretamente para uma maior rentabilização da atividade;
- redução dos consumos dos consumidores finais, que permitem reduzir gastos de exploração (energia, tratamento, etc.) e eventualmente adiar investimentos em diferentes componentes do sistema, embora tenha naturalmente, na perspectiva específica das entidades gestoras, o possível inconveniente de redução de faturamento.

III.2.6. Aspectos econômicos e financeiros

Em termos econômicos, a implementação do uso racional da água pode implicar na realização de um investimento significativo. Este investimento é compensado, de alguma forma, pela redução nos consumos de água para a atividade e pela minimização do volume de águas residuais geradas com conseqüente poupança econômica ao nível dos consumos energéticos e do tratamento necessário.

A viabilidade econômica desta medida é variável dada a multiplicidade de casos em que é aplicável e os distintos potenciais de redução que pode proporcionar. Prevê-se, em geral, que esta medida apresente uma viabilidade econômica média à elevada. Adicionalmente, pode considerar-se que ao uso eficiente da água está aliada uma imagem de elevada *ecoeficiência* ou adequado desempenho ambiental, constituindo assim uma mais valia para a entidade gestora ou para o consumidor final.

Outro ponto que pode incentivar tanto o setor industrial quanto o doméstico a lançar mão do combate ao desperdício através do uso racional e do reuso da água é o rápido retorno do investimento (“pay back” de curto prazo). No estado de São Paulo, por exemplo, a SABESP, com o objetivo de combater o desperdício e racionalizar o uso da água através de ações normativas, implantou, em 1995, o PURA (Programa de Uso Racional da Água), inicialmente na própria empresa, sendo que, posteriormente, o projeto serviu de modelo para outras instituições. Com base em tais medidas, serão abordados os aspectos positivos e negativos de um sistema de uso eficiente da água.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

IV.1. Introdução

No seu estado puro, sem cor e sem cheiro, a água é um solvente universal, isto é, um líquido capaz de dissolver quase todas as substâncias químicas. Em função disso, a água é, também, um dos principais veículos de transmissão de doenças. A depender do grau de concentração dos elementos químicos e biológicos, a água pode ser nociva ou não para o ser humano e o ambiente.

A poluição das águas representa um dos aspectos mais preocupantes da civilização industrial. Além das perdas, do desperdício e da falta de investimentos nas redes de distribuição de água potável, a poluição tem gerado situações críticas quando a conjuntura natural é desfavorável. Os maiores responsáveis são os esgotos domésticos, os efluentes industriais e o uso intensivo de insumos químicos na produção agrícola. Em média, basta um litro de água poluída num rio para inutilizar 10 litros da sua água. Na realidade, apenas 10% dos países sofrem de escassez quantitativa. Nos demais, dos quais o Brasil faz parte, o maior problema é a qualidade da água. A situação fica, muitas vezes, insustentável, na medida em que se retira mais água ou se polui mais rápido do que a capacidade natural de recuperação dos mananciais. Ou seja, a natureza não acompanha a velocidade com a qual as ações antrópicas agredem o ambiente natural, assim, o volume de água potável por habitante torna-se cada vez menor.

Devido a essa escassez, em diversos países já existem sistemas capazes de tratar a água para a reutilização. No Arizona (EUA), 80% dos esgotos domésticos são reciclados. É o que acontece também no Japão, com quase 80% da água industrial sendo tratada para posterior reutilização. Nos condomínios, hotéis e hospitais japoneses a água usada nos chuveiros é sistematicamente reaproveitada nos vasos sanitários. No Brasil, o setor privado, com destaque para a indústria paulista, trata cada vez mais seus

efluentes. Mas a reutilização de águas em grande escala (para irrigar jardins públicos, por exemplo) ainda não foi colocada em prática. Além de poluir muito, o povo brasileiro ainda usa água potável para todas as finalidades, inclusive as menos nobres, contrariando o que preconiza o conceito de uso racional da água.

Ao se falar de reuso, não se leva em conta que, na natureza, esse fenômeno ocorre de forma espontânea, no ciclo hidrológico. Assim, bons projetos de uso racional da água devem incluir sistemas de reuso planejado, que podem objetivar usos potáveis ou não, tais como recreacional, recarga de aquíferos, geração de energia, irrigação, industrial e reabilitação de corpos d'água, contribuindo de forma fundamental com a Estratégia Global para a Administração da Qualidade da Água proposta pelas Nações Unidas para o Meio Ambiente e pela OMS.

IV.2. Avaliação Estratégica Ambiental

A crise da água no Brasil é causada, sobretudo, pela ineficiência dos serviços de saneamento, gerando graves conseqüências para a saúde da população, uma vez que, ainda hoje, os esgotos não tratados são lançados de forma indiscriminada nos corpos hídricos. Segundo um relatório técnico publicado pela Organização Pan Americana de Saúde (2001), a falta ou a má qualidade da água é responsável por 70% a 80% das internações hospitalares. Vale notar que, segundo um estudo do BNDES, publicado em 1996, para cada R\$ 4,00 investidos em saneamento, seriam economizados cerca de R\$ 10,00 na rede hospitalar.

IV.2.1. Determinação da situação de desenvolvimento, incluindo estado atual e tendências dos recursos naturais

No semi-árido brasileiro, os problemas com a qualidade da água são, ora parecidos com os do resto do Brasil, ora específicos à região. O rio São Francisco e seus afluentes, por exemplo, não escapam à regra e se encontram, hoje, quantitativa e qualitativamente degradados. O rio das Velhas, maior afluente em extensão do São Francisco, recebe os esgotos da região metropolitana de Belo Horizonte e de mais de cinquenta municípios mineiros. Recebe, também, diversos tipos de efluentes industriais e atravessa um imenso distrito mineral. Daí a presença em suas águas de metais pesados como o zinco, o cromo ou o arsênio, extremamente perigosos para a saúde humana. Em toda a bacia do São Francisco, onde vivem 15 milhões de pessoas, o mesmo descuido se repete. Animais mortos, lixo, esgotos, plásticos e todo tipo de substâncias químicas jogadas pelas indústrias, curtumes, garimpos e empreendimentos agrícolas têm como destino os corpos hídricos (BLOCH, 2002).

Nas regiões agricultáveis do Brasil, as grandes fazendas irrigadas despejam nos rios suas águas drenadas, carregadas de adubos e defensivos químicos. Na maioria das comunidades ribeirinhas, na ausência de saneamento, o fundo das casas despeja os esgotos diretamente nos rios. Uma das raras exceções é a cidade de Petrolina, que tem a maior taxa de esgotamento sanitário do estado de Pernambuco (cerca de 90%). Ali, os esgotos são tratados graças a um eficiente sistema de lagoas, que se tornaram até áreas de lazer (BLOCH, 2002).

A Organização Mundial de Saúde (WHO, 2000) e o Unicef divulgaram, recentemente, um relatório sobre a situação do suprimento de água e do saneamento no mundo. Os números mostram que a falta de higiene e de tratamento da água provoca um número considerável de mortes e enfermidades. Alguns desses dados estão resumidos a seguir:

- 2,4 bilhões de pessoas no mundo não têm esgoto;

- 1,1 bilhão de pessoas não recebem água;
- Ocorrem quatro bilhões de casos de diarreia por ano, com 2,2 milhões de mortes;
- 600 milhões de pessoas (10% da população mundial) têm parasitas intestinais;
- 6 milhões de pessoas são cegas em consequência de doenças infecciosas;
- 200 milhões de pessoas sofrem de esquistossomose.

O Banco Mundial, por sua vez, calcula que 3,3 bilhões de pessoas nos 127 países em desenvolvimento sofrem de doenças relacionadas à água (diarreia, esquistossomose, dengue, verminose, malária, cegueira, tracoma etc.). Ainda, outras fontes das Nações Unidas indicam que:

- Todo ano, mais de 5 milhões de pessoas morrem no mundo por questões relacionadas ao gerenciamento de recursos hídricos;
- Providenciar água segura custa U\$50,00 por pessoa nas áreas rurais e U\$100,00 nas áreas urbanas;
- Custaria, no mínimo, U\$25 bilhões para levar saneamento e água para todos os que precisam;
- O atual investimento mundial em projetos de desenvolvimento ligados à água é de U\$8 bilhões;
- Faltam U\$17 bilhões, valor mais ou menos equivalente às despesas com a alimentação dos animais domésticos na Europa e nos Estados Unidos.

Pode-se concluir que, em função do lucro gerado, as políticas de desenvolvimento criadas pelos países ricos dão maior importância aos animais

domésticos do que aos milhares de crianças que morrem diariamente ao redor do mundo, devido à falta de condições básicas de higiene.

Nas décadas de 60 e 70, a maioria dos projetos de abastecimento de água estavam voltados para melhorar a qualidade da água. Esperava-se, dessa forma, eliminar muitas das doenças mais comuns e debilitantes do mundo. Apesar de ter logrado algum êxito, a experiência começou a sugerir que a aplicação de medidas puramente técnicas era insuficiente. Por exemplo, a disponibilidade de uma fonte de água não garantia de maneira automática a redução esperada de 50% da taxa de diarreia – que é uma das principais causas da mortalidade infantil no mundo inteiro. Dessa forma, ressaltam-se os seguintes pontos:

- As intervenções isoladas em matéria de abastecimento de água não são eficazes para prevenir doenças;
- A educação para a higiene, junto com o saneamento, exerce mais influência na redução da diarreia do que a simples disponibilidade de água;
- A melhoria da qualidade e o aumento da quantidade de água nas comunidades continuam sendo fatores importantes de saúde pública se forem acompanhados por um saneamento eficaz e programas de educação para a higiene.

Fica, então, evidenciado que, não somente a água é fundamental para o bem estar do ser humano, mas, também, o cuidado com os esgotos gerados, pois a problemática do comprometimento dos recursos hídricos, principalmente, nas grandes cidades, continua crescendo. As pressões devidas ao crescimento urbano vêm impondo sobre estes recursos um ritmo de destruição que tem se difundido em áreas cada vez mais isoladas comprometendo mais e mais a saúde pública.

Neste padrão de ocupação urbana, na Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, as áreas mais pressionadas são as áreas de proteção aos

mananciais, que mal providas quanto a infra-estrutura necessária para conter, ou mesmo absorver este aporte demográfico têm seus recursos hídricos suprimidos a cada dia.

De um ponto de vista utópico, diríamos que o ideal para estas áreas seria a não ocupação antrópica, mantendo-se intactas as condições físicas necessárias a plena conservação da quantidade e qualidade dos recursos hídricos aí existentes. Porém, por motivos óbvios, seria impossível a retirada dessa complexa massa humana, depois delas já estabelecidas. As razões dessas ocupações têm sido amplamente analisadas e discutidas por inúmeros autores, estando estas razões em parte relacionadas historicamente à política habitacional, ao desenvolvimento industrial e, em parte relacionadas a mercantilização de uma nova concepção de qualidade de vida. Neste sentido, os déficits habitacionais gerados ao longo do tempo, o aumento demográfico gerado pela oferta de empregos na indústria e mais atualmente pelas novas tecnologias de telecomunicações, que criam a possibilidade de uma maior independência de locação do trabalho, têm estimulado a ocupação urbana difusa nestas áreas, restando a sociedade e aos seus poderes públicos a eterna busca da “recuperação”.

No processo de expansão urbana rápida, não houve tempo, recursos suficientes, nem vontade política para solucionar problemas que passaram a ser comuns na maioria das regiões metropolitanas do país: a contaminação dos cursos d'água por esgotos (domésticos e industriais), além de outros problemas relacionados com a falta de infra-estrutura urbana.

A demanda por recursos hídricos reflete essa realidade sócio-econômica. A maior demanda é para abastecimento público (doméstico e industrial), com o impacto urbano ocorrendo de duas formas: captação de água para consumo e uso dos cursos d'água para o carreamento de esgotos. Essa dupla utilização compromete a qualidade das águas e faz com que as comunidades a jusante tenham seu abastecimento dificultado pela necessidade de tratamentos onerosos para que a água tenha condições de ser consumida.

Ou seja, a qualidade da água tem impactos cada vez mais importantes sobre o volume de água disponível para consumo.

Em suma, percebe-se que os três setores demandantes de água estão em expansão. O aumento da demanda de água começa a se configurar claramente como uma arena de conflito entre os setores. O contexto atual, em que há uma certa preocupação pela criação de empregos, principalmente empregos industriais, ressuscitam uma perspectiva bastante comum nos anos 70: o desenvolvimento a qualquer custo. Assim, muitos prefeitos ávidos pela criação de empregos – que em linguagem política pode ser entendida como “votos” – e aumento da circulação de divisas no seu município, acabam não levando em consideração os possíveis impactos negativos de empreendimentos industriais intensivos sobre o uso dos recursos hídricos. Os instrumentos de controle ambiental, como o EIA-RIMA, revelam-se frágeis diante das pressões políticas. É a volta do conflito entre desenvolvimento econômico e preservação ambiental, manifesto agora na luta entre expansão industrial e preservação dos recursos hídricos.

A legislação sobre recursos hídricos estabelece claramente a primazia do consumo para abastecimento humano, em caso de escassez de água. Assim, quais seriam os impactos econômicos em uma situação em que a escassez determinasse a diminuição, ou o corte, do abastecimento da indústria e da irrigação, para atendimento do abastecimento público? Qual seria o resultado de uma situação de conflito direto entre os três setores consumidores (abastecimento, irrigação e indústria)? São questões que começam a ganhar importância, em função do aumento da demanda.

Há que se considerar que existem outros fatores. Um destes é a exportação compulsória de água para o abastecimento de outras regiões (transposição de bacias), como é o caso do Sistema Guandu, no , no Rio de Janeiro. E esse enorme volume exportado gera desequilíbrios no ciclo hidrológico e nos microclimas, fazendo com que haja um questionamento cada vez mais intenso sobre a utilização desse processo. A necessidade de buscar água em bacias hidrográficas vizinhas para compensar a escassez local levanta o questionamento do valor da água como limitante do desenvolvimento,

pois para o petróleo já se pensa em alternativas, mas e para a água? Será que a água é o limite? Assim, a crescente demanda por água em áreas adjacentes torna-se elemento potencial de conflitos regionais.

Ainda, segundo o Instituto de Gerenciamento da Água, cerca de 1/3 da população mundial vai experimentar os efeitos da escassez de água nos próximos 25 anos. Esse estudo, o primeiro a analisar o ciclo completo de uso e reuso da água, apontou para o desaparecimento de mananciais como poços, lagos e rios. O trabalho, baseado na projeção da capacidade de suprimento e na demanda por água em 188 países no período 1990-2025, concluiu que, a escassez pode ser um fator de instabilidade, segundo os especialistas, principalmente dentro dos próprios países, porque diferentes setores da economia estão competindo pela água.

Como as previsões da ONU são de que, embora declinantes, as taxas de crescimento populacional serão positivas nos primeiros 50 anos do século XXI (população entre 9 e 10 bilhões de habitantes), a demanda por água crescerá em taxas superiores à demanda de alimentos, pois para produzir alimentos requererá ainda mais água. Outro fator importante diz respeito às perdas de água. São muito significativas as perdas. Em alguns municípios do Brasil metade da água captada não chega ao consumidor final. Várias entidades gestoras têm priorizado o investimento na redução das perdas, através do financiamento de obras de troca de sistemas adutores, mas o volume de investimento ainda é insuficiente. Na indústria os investimentos em aprimoramento dos processos, para diminuição e otimização do uso dos recursos hídricos, de um modo geral, ainda são tímidos.

No Brasil, o setor de abastecimento deveria receber a mesma atenção dada ao setor energético porque, em última instância, água e energia partem do mesmo sistema. As regiões mais populosas do país, Sudeste (43% da população) e Nordeste (29%), são as que possuem menos recursos hídricos: 7% e 3%, respectivamente, em contrapartida, a região Norte, com apenas 7% da população, possui 68% da água do país. Há um potencial de recursos que, através da diminuição das perdas, podem vir a se constituir como recursos hídricos capazes de sustentar o aumento da demanda nas regiões

metropolitanas, principalmente, considerando que a cobrança pelo uso da água, previsto na legislação, pode vir a ter um impacto em termos de diminuição dessas perdas, ao mesmo tempo em que pode prover recursos financeiros para a realização das obras necessárias.

A única forma de se evitar uma crise de água se houver solução, passa inevitavelmente pela conscientização. Enquanto as pessoas não encararem o problema como sendo algo individual, qualquer solução será um mero paliativo. Deve-se ter em mente que é importante investir em saneamento, mas que, além disso, a impermeabilização do solo nos grandes centros urbanos é outro problema, uma vez que dificulta a infiltração da água de chuva.

A agricultura é responsável por 2/3 do uso e por quase 90% do consumo de água. Em contra partida, a indústria usa 1/4 e consome menos de 5% da água, embora, normalmente a devolva ao ambiente, via de regra, totalmente poluída. Assim, uma infra-estrutura sanitária de qualidade é fundamental para a preservação dos recursos hídricos nas regiões urbanas, haja vista que a maior parte da água utilizada pelo homem volta para a natureza degradada, o que dificulta sua reutilização.

Assim, caso não sejam criados mecanismos eficientes de gestão de recursos hídricos, que objetivem preservar a quantidade e a qualidade desse bem fundamental para a existência de todos os seres vivos, eliminado de forma radical as atuais técnicas poluidoras e de desperdício, antes do que se imagina, haverá um colapso no abastecimento, gerando conflitos inter-regionais e internacionais.

IV.2.2. Desenvolvimento de indicadores

Cerca de 81% da população Brasileira vive em cidades e esta tendência deve se acentuar (IBGE, 2000). Encontrar soluções para problemas de poluição urbana que afetam a qualidade do meio ambiente é, portanto, fundamental para o desenvolvimento sustentável das cidades e a qualidade de

vida de seus habitantes. Compreender as dinâmicas e processos urbanos, avaliar o meio ambiente urbano e suas políticas tornam-se, assim, elementos prioritários dos processos decisórios voltados à sustentabilidade.

A Conferência Rio-92 e a agenda 21 mostraram a necessidade do desenvolvimento de indicadores ambientais em um novo patamar de integração as demais dimensões do desenvolvimento sustentável. O Capítulo 40 da agenda 21 recomendou ao sistema das Nações Unidas que trabalhassem junto a outras organizações internacionais no sentido de desenvolver um conjunto harmonizado de indicadores de desenvolvimento sustentável. Dessa forma, a categoria de indicadores ambientais urbanos insere-se no universo mais amplo dos indicadores ambientais desenvolvidos para avaliar o grau de degradação do ambiente e, mais recentemente, o progresso rumo ao desenvolvimento sustentável. Entretanto, não existe uma definição rígida de sustentabilidade, o que gera uma falta de procedimentos claros de medição, abrindo espaço para decisões puramente políticas, não levando em consideração os reais aspectos técnicos.

O que se vê hoje são sistemas de água e de tratamento de esgotos urbanos que visam apenas alcançar os padrões mínimos de qualidade de água estipulados pela legislação, sem que haja, com isso, um comprometimento com o uso racional dos recursos hídricos, limitando-se apenas a tecnologias de tratamento de fim de linha para a retirada de poluentes, não levando em consideração os impactos sobre os ambientes aquáticos e a sustentabilidade ambiental do sistema. Segundo NIEMEZYNOWICZ (1993), essa falta de abordagem em relação aos problemas ambientais dificulta uma transição em direção a sistemas urbanos de água mais sustentáveis onde a exigência do reuso de água ou uma destinação adequada dos nutrientes deveriam estar presentes. Durante a última década, houve um crescente e intensivo desejo de se medir e descrever os diferentes aspectos da sustentabilidade, com o foco geralmente sobre os aspectos ambientais, sendo que, uma dessas abordagens é o uso de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental – ISA (HARGER & MEYER, 1996). Contudo, os atuais ISA não foram desenvolvidos sobre uma base estruturada para a obtenção de indicadores, de modo que pode haver o

risco deles serem ineficientes, ou pior, de provocarem problemas futuros ao invés de alcançar os objetivos da sustentabilidade.

Uma das formas de abordar o problema é a utilização da Avaliação do Ciclo de Vida de um produto (ACV). A ACV de um produto é um estudo que avalia e, onde possível, reduz o impacto ambiental em todo o ciclo de vida de um produto, processo ou serviço (ISO 14040, 1997). A grande vantagem da aplicação dessa metodologia é que ela já está em uma fase mais madura, tendo princípios bem estabelecidos e padronizados, que também incluem uma fase de avaliação de impacto, onde “impactos potenciais são agregados e quantificados” (ISO 14040, 1997; ISO 14042, 2000). De certa forma, parte desse procedimento já é aplicado para avaliar a pressão que sistemas de tratamento de esgotos municipais exercem sobre o ambiente. Em alguns casos, essa abordagem tem mostrado a importância da reciclagem de nutrientes e da recuperação de energia (TILLMAN *et al.*, 1998; LUNDING *et al.*, 2000), quando, de um modo geral, a discussão desses aspectos é negligenciada na avaliação da sustentabilidade ambiental de sistemas de água urbana. Uma das desvantagens desse processo é a sua complexidade, e conseqüente gasto de tempo. Assim, surge a necessidade da utilização de metodologias mais simples, que, de forma menos trabalhosa, possibilitem a elaboração de Indicadores de Sustentabilidade Ambiental. Levando-se em conta que uma das aplicações da ACV é selecionar indicadores de performance ambiental, pelo menos em parte, a base para o desenvolvimento de ISA já existe.

O desenvolvimento da Avaliação de Impacto Ambiental, com vistas a determinar Indicadores de Sustentabilidade, é um processo iterativo que se inicia com a especificação de uma proposta geral (**FIGURA IV.1**), que, no caso em questão, é a avaliação da sustentabilidade dos sistemas de água urbana no sentido de gerar suportes para melhorar as tomadas de decisão relacionadas ao assunto. Como, geralmente, a tentativa de direcionar a avaliação da sustentabilidade ambiental exclusivamente para sistemas de água urbana é muito difícil, deve-se restringi-la aos principais impactos ambientais ao longo do ciclo de vida.

De acordo com TILLMAN *et al.*(1998) e LUNDIN *et al.* (2000), a sustentabilidade se reporta a perspectivas de longo prazo, logo, os limites temporais devem ser selecionados adequadamente. No planejamento e construção de um sistema urbano de água normalmente se considera uma perspectiva de tempo de algumas décadas. Todavia, quando o assunto é a sustentabilidade da tecnologia dos sistemas urbanos de água, torna-se necessário considerar uma perspectiva de 50 a 100 anos. Além disso, normalmente os limites geográficos dos sistemas urbanos de água incluem apenas as fronteiras do município ou da bacia hidrográfica, embora a opção por limites relacionados ao ciclo de vida venha se mostrando como um assunto crítico na avaliação dos impactos ambientais de tais sistemas.

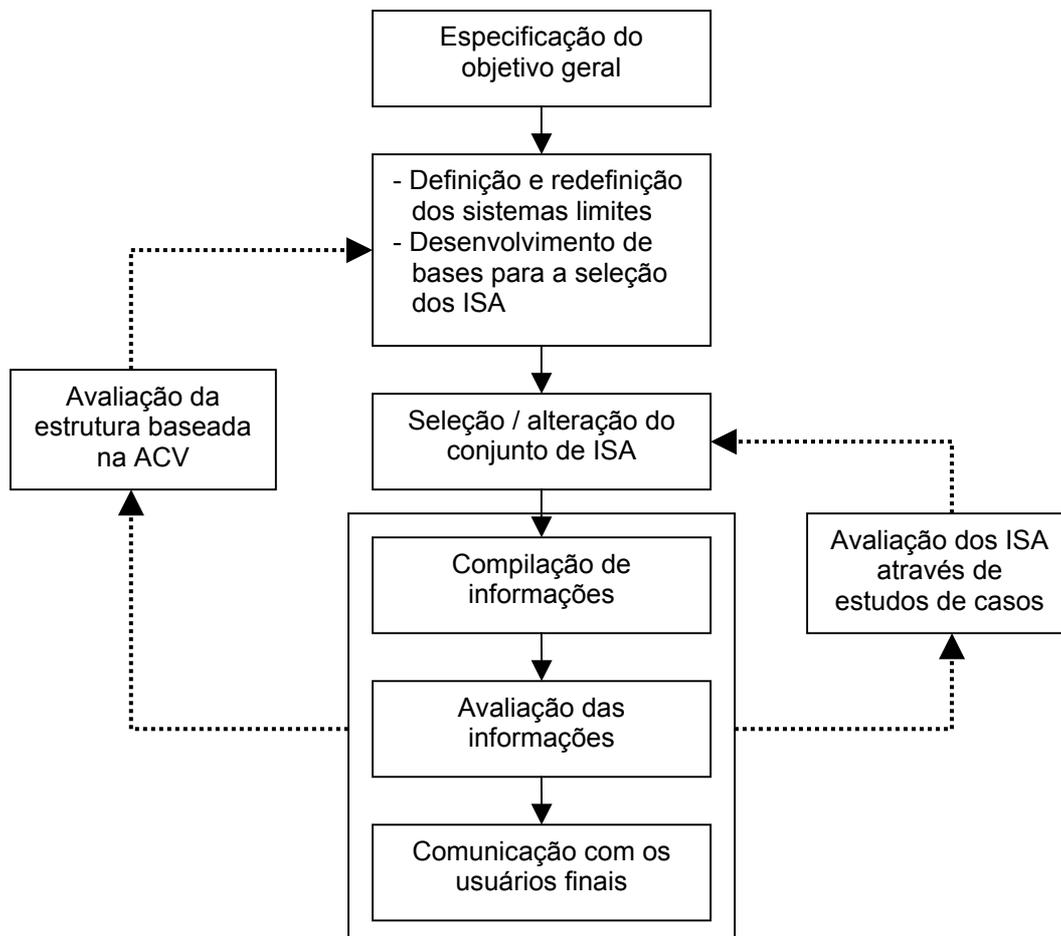


Figura IV.1. Processo iterativo para a avaliação da sustentabilidade ambiental dos sistemas de água urbana.

No caso dos sistemas urbanos de água, a linha mestra do ciclo de vida se inicia com a retirada da água dos mananciais (**FIGURA IV.2**), passando pela potabilização, distribuição e uso da água, posteriormente, pelo transporte e tratamento de esgotos, terminando com a descarga das águas pluviais e esgotos tratados e a incineração ou disposição do lodo em aterros sanitários ou sua utilização na agricultura. Contudo, essa avaliação do ciclo de vida do “produto água” deve também contemplar um sistema de reuso de esgoto e de água, no sentido de alcançar a desejada sustentabilidade ambiental. Assim, os sistemas urbanos de água ficam divididos em cinco sistemas técnico-ambientais ao longo de seu ciclo de vida. Para cada um desses sistemas são formulados Indicadores de Sustentabilidade Ambiental para avaliar a performance e a pressão sobre o ambiente, tais como consumo de produtos químicos e energia, eficiência dos tratamentos, descargas nos ecossistemas aquáticos e a reciclagem de nutrientes e água.

Diferentes modelos de vários pesquisadores foram sugeridos anteriormente, sendo que, geralmente, as bases para o desenvolvimento dos indicadores de sustentabilidade são variantes de uma cadeia causal ou modelos de pressão / resposta. Como, por exemplo, o modelo Pressão – Estado – Resposta desenvolvido pela OECD (OECD, 1998). Uma outra forma de ver o problema é uma tentativa de se fazer um balanço dos diferentes aspectos da sustentabilidade através da abordagem das dimensões sociais, econômicas e ambientais (UNCSD, 1996). A diretriz baseada na avaliação do ciclo de vida é semelhante às outras, porém inclui em sua avaliação todos os impactos significantes (ou benefícios) sobre o ambiente que ocorrem ao longo do ciclo de vida dos serviços gerados pelos sistemas urbanos de água e os relaciona em unidades funcionais, tais como consumo per capita ou anual.

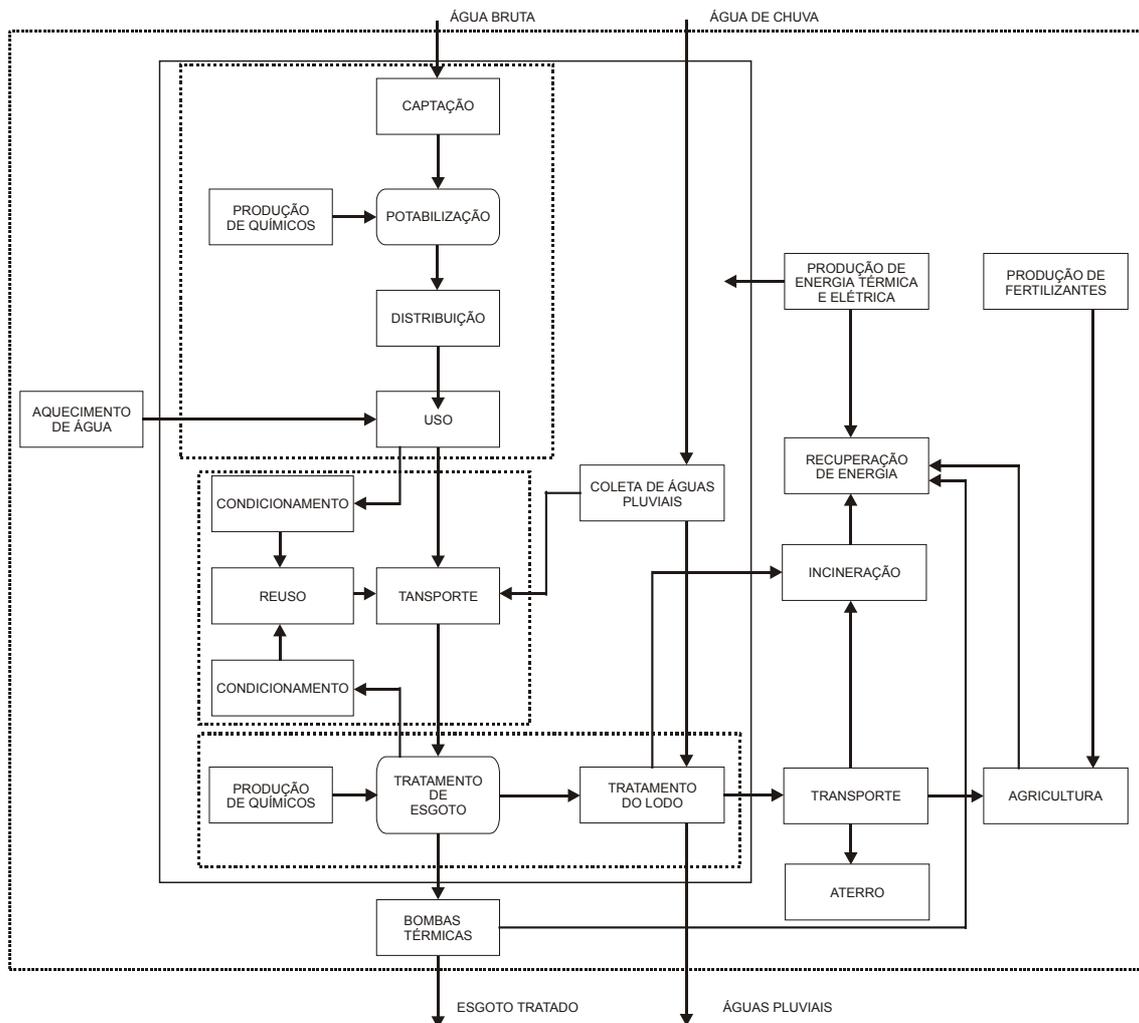


Figura IV.2. Visão geral dos limites dos sistemas urbanos de água usados no desenvolvimento de indicadores de sustentabilidade ambiental através da ACV.

Para o desenvolvimento das diretrizes, pode-se selecionar indicadores de sustentabilidade ambiental a partir de diferentes estudos de caso. Tais indicadores devem ser elementos que sejam capazes de avaliar a variação quantitativa e qualitativa dos corpos d'água, suas causas, conseqüências e quais as respostas dadas pela sociedade. Além disso, devem proporcionar alto grau de agregação e simplicidade de entendimento das informações relevantes, permitindo comparações, sempre que possível, através da utilização de unidades funcionais de forma que as decisões necessárias possam ser tomadas com um maior grau de confiabilidade. Contudo, é imprescindível que cada caso seja analisado de forma específica, permitindo, assim, a escolha adequada dos indicadores de sustentabilidade ambiental dos sistemas urbanos de água, baseados na capacidade de predição de potenciais

problemas e a disponibilidade e qualidade das informações. Na **TABELA IV.1** são apresentados, como exemplo, uma lista de ISA avaliados em um estudo de caso que teve como objetivo comparar a sustentabilidade dos sistemas urbanos de água de uma região em desenvolvimento e uma desenvolvida, através da avaliação do ciclo de vida da água de abastecimento urbano.

TABELA IV.1. Indicadores de Sustentabilidade Ambiental.

Dimensão	ISA	Informação disponível	
		Goteborg	KWT
Captação	Captação anual de água / volume disponível anual	sim	Sim
Consumo de água	Uso per capita por dia	sim	Sim
Tratamento	Consumo de produtos químicos e energia para o suprimento de água	sim	Sim
Distribuição	Perdas (água não contabilizada / produção de água)	sim	Não
Reuso de água	Volume de água reutilizada	não	Sim
Produção	Produção diária de água	sim	Sim
Eficiência do tratamento	Remoção de DBO ₅ , P e N	sim	Sim
Cargas afluentes	Carga de DBO ₅ , P e N	sim	Sim
Fontes de uso	Produtos químicos e energia utilizada para o tratamento do esgoto	sim	Sim
Reciclagem de nutrientes	Quantidade de P e N reciclada	sim	Não
Qualidade do lodo	Concentração de Cádmium no lodo	sim	Não
Recuperação de energia	Energia recuperada, aquecimento e energia	sim	Não

Os resultados da avaliação baseada em indicadores de sustentabilidade ambiental podem classificar as situações encontradas em quatro níveis, descritos no **ANEXO I**. No mais baixo nível (D), os objetivos básicos de garantia de saúde pública e ambiental não são alcançados. Mesmo que existam sistemas de tratamento de esgotos, estes são sub-dimensionados ou inadequados e encontram-se abandonados devido ao mal gerenciamento do sistema (VARIS & SOMLYODY, 1997). No nível “C”, são mantidos os padrões mínimos de proteção ambiental e de saúde pública. Ao nível “B”, as entidades gestoras são capazes de satisfazer as necessidades dos consumidores e os padrões de qualidade de água são, geralmente, melhores do que os estabelecidos pela legislação. Contudo, o foco ainda é a concordância com os padrões legais e as soluções não se encontram no processo global de produção e consumo da água, mas tecnologias de tratamento de fim de linha. No mais alto nível (A), não apenas os objetivos de proteção da saúde pública e

do ambiente são alcançados, mas também os requerimentos necessário para um uso eficiente dos recursos e o gerenciamento do esgoto incluindo a reciclagem de nutrientes e o uso racional da água.

IV.2.3. Avaliação do Impacto Ambiental

A partir de uma visão global, o impacto das ações do homem sobre os recursos hídricos pode ser analisado sob dois pontos de influência: a retirada excessiva de água dos mananciais e a posterior devolução de parte desta, normalmente, com uma alta carga poluidora. Assim, a prática atual de contínua expansão dos suprimentos de água e das infra-estruturas de esgoto no sentido de atender às crescentes demandas é insustentável tanto do ponto de vista econômico quanto do ponto de vista de proteção dos recursos hídricos. Além disso, há a necessidade de se dar uma resposta mais eficaz ao problema do impacto ambiental das ações antrópicas, o que conduz à priorização de ações que visem à minimização da geração de resíduos, ao invés de apenas procurar tratá-los para posterior disposição no meio ambiente. Nesse contexto, os usos racionais da água, incluindo nesse conceito o reuso, surge como palavra chave da sustentabilidade do abastecimento de água urbano.

Ao se iniciar a análise do impacto ambiental pelo processo convencional de tratamento de água, deve-se ressaltar que são gerados basicamente dois tipos de despejos, a saber, (FILHO & SOBRINHO, 1998):

- Despejos gerados nos decantadores (ou, eventualmente, em flotores com ar dissolvido);
- Despejos gerados em operações de lavagem de filtros.

De um modo geral, as ETA's em operação no Brasil não possuem sistemas de remoção de sólidos por via mecanizada ou hidráulica e, em geral, a sua remoção é efetuada em batelada. Assim, a operação de descarga é efetuada com a paralisação da unidade após um certo período de tempo de

operação (20 a 40 dias) para, somente então, ser dada a descarga (FILHO & SOBRINHO, 1998). Infelizmente, em sistemas dessa natureza, o despejo é descarregado nos corpos d'água sem nenhum tipo de tratamento, além disso, nesses casos, a concepção de sistemas de tratamento da fase sólida é, via de regra, a mais difícil. Isso porque, em muitos decantadores convencionais, é difícil a instalação de sistemas de remoção de despejo, quer seja pelo preço dos equipamentos e tubulações, quer seja por problemas de ordem construtiva ou operacional.

Com relação ao sistema de recuperação de água de lavagem deve-se notar que este é profundamente dependente do sistema de filtração, do tipo de pré-tratamento no qual a água afluenta aos filtros é submetida e das características exigidas para a água recuperada. Assim, podem ser consideradas diferentes abordagens no tocante à água de lavagem. Uma delas é a imposição, por motivos de ordem sanitária, do reciclo da água de lavagem com menor teor de sólidos e microorganismos possível. O principal motivo para sua limitação é que, caso a água bruta apresente qualidade microbiológica não satisfatória ou presença de ferro e manganês, pelo fato do processo da filtração ser uma operação de pré-concentração de sólidos e microorganismos, quando do reciclo integral da água de lavagem, esta pode prejudicar o processo de tratamento da fase líquida (SOUZA & LIMA, 1996).

Historicamente, no Brasil, o tratamento de despejos gerados durante o processo de lavagem de filtros e seu posterior reaproveitamento é o que tem recebido maior atenção. Como exemplos de ETA's que realizam com sucesso o reaproveitamento de 100% de suas águas de lavagem, podem ser citadas as ETA's do Guaraú e Alto da Boa Vista, ambas responsáveis pelo abastecimento de água de parte da região Metropolitana de São Paulo, com capacidade para 30,0 m³/s e 14,0 m³/s, respectivamente. Os benefícios auferidos no reaproveitamento das águas de lavagem dos filtros de ambas as ETA's é significativo, representando cerca de 880 l/s, o que permite o abastecimento de, aproximadamente, 300.000 habitantes (FILHO & SOBRINHO, 1998)

Na busca da sustentabilidade, as indústrias e a sociedade têm considerado formas de reduzir os custos e os impactos ambientais. Assim, o

uso eficiente da água é um dos tópicos que têm merecido uma grande atenção, especialmente por parte daquelas comunidades que se defrontam com a necessidade de expansão, ou de novas redes de infra-estrutura de abastecimento de água e de coleta e tratamento de esgotos. Ainda assim, os impactos das estratégias de reuso sobre os recursos hídricos, particularmente em períodos de seca, são pouco compreendidos, apesar de serem cruciais para as políticas de gerenciamento de recursos para o desenvolvimento sustentável.

Segundo CARTER *et al.* (1999), nos países em desenvolvimento, um significativo número de projetos, incluindo aqueles do setor de água e saneamento falham em distribuir os benefícios para a sociedade a longo prazo. Parte da causa dessa falha está na parca compreensão dos impactos e da sustentabilidade de tais projetos. Os autores ressaltam os seguintes pontos como sendo fundamentais na eliminação de tais falhas:

- uma clara compreensão dos atuais problemas de água e saneamento enfrentados pelas comunidades;
- identificação dos benefícios potenciais que podem ser alcançados através da implementação de um sistema de medidas de uso racional da água;
- observação dos reais benefícios experimentados pelos usuários e consumidores, e;
- quantificação da magnitude dos impactos benéficos alcançados na prática.

Somente a partir de uma real compreensão de quais os impactos podem ser alcançados, e de como eles podem ser conduzidos sobre o prisma da sustentabilidade, é que sólidas estratégias de planejamento e gerenciamento de projetos de desenvolvimento sustentável podem ser desenvolvidas

(CARTER *et al.*, 1999). Ainda, visando alcançar a sustentabilidade, dois pontos são de fundamental importância:

- uma definição pragmática do conceito de sustentabilidade, e;
- uma compreensão profunda dos elementos que compõem as estratégias de sustentabilidade.

Na análise de problemas de grande porte, é normal desmembrá-lo em seus vários componentes. Contudo, deve-se ter em conta que, apesar da problemática do suprimento de água e da infra-estrutura sanitária serem abordadas separadamente, na realidade são problemas conjugados. Desse modo, deve-se levar em conta que o conhecimento, por parte das entidades gestoras, sobre a problemática do abastecimento de água e a tecnologia de saneamento, junto com a educação sanitária formam os três pilares fundamentais dos bons projetos de água e saneamento. Creio que a chave da sustentabilidade esteja no fato de que todos os envolvidos no consumo / uso, manutenção e no gerenciamento dos recursos hídricos devem atentar para uma aplicação de serviços de alta qualidade em interesse próprio, ou seja, todos os atores da sociedade devem encarar a problemática como um objetivo pessoal.

Sob a ótica dos grandes consumidores industriais, vale observar que o sistema de abastecimento de água da indústria utiliza conjuntos moto-bomba (equipamento eletro-mecânico) em praticamente todas as unidades, sendo importante determinar o volume necessário e as características requeridas para a água utilizada no processo industrial, já que essa é uma das primeiras medidas para reduzir os custos com energia elétrica, produtos químicos e mão-de-obra, bem como, para evitar desperdícios e perdas (vazamentos) de água. Independente do tipo de fornecimento, é preciso incentivar a utilização racional da água nas unidades de processamento, pois a redução no consumo de água resulta em menor geração de efluentes líquidos industriais, sendo essa uma das formas de reduzir os custos operacionais e minimizar ou eliminar a poluição / contaminação ambiental. A geração e controle de resíduos em tais empreendimentos desperta grande interesse de técnicos, ambientalistas e da

sociedade em geral, pois é diretamente relacionada com a segurança e proteção do meio ambiente. Por esse motivo, a expansão do setor industrial precisa ser acompanhada de medidas que garantam qualidade e segurança aos corpos d'água, a ser conseguido com a elaboração de estudos e a implementação de medidas que evitem qualquer tipo de poluição / contaminação no meio ambiente.

Por outro lado, a atual crise de energia elétrica no Brasil exige medidas e procedimentos que reduzam o consumo e os custos das atividades industriais. Assim, a reciclagem dos resíduos sólidos e o reuso de água aparecem como procedimentos promissores para redução dos custos operacionais (energia elétrica, matéria-prima e mão-de-obra), além de ter a vantagem de diminuir os volumes de resíduos industriais que precisam ser dispostos no meio ambiente. Para tanto, é preciso que sejam implementadas ações para quantificar e caracterizar os resíduos industriais, de modo a definir os sistemas de tratamento ou condicionamento mais adequados. Com isso, o setor industrial terá segurança de que a destinação final dos resíduos não ocasionará problemas de poluição / contaminação ambiental, estará cumprindo a legislação específica vigente, atenderá a expectativa da sociedade e evitará futuros transtornos com passíveis ambientais.

Entre as diversas atividades para a estruturação e implementação de sistemas de controle de resíduos estão o treinamento de funcionários, a realização de auditorias ambientais e a implantação de programas e procedimentos para obtenção dos certificados ISO 9.000 e ISO 14.000. Assim, é importante que as indústrias se estruturam para atender aos anseios sociais e às exigências ambientais do novo milênio, o que não depende de uma simples decisão de diretores, mas sim, da conscientização coletiva de funcionários, fornecedores, clientes, acionistas e usuários, pois somente aliando avanço tecnológico com segurança ambiental é que o setor industrial poderá colaborar com o tão esperado e propalado desenvolvimento sustentável. De um modo geral, nota-se que a quantidade de água disponível para abastecimento está diminuindo quantitativa e qualitativamente, logo um programa de uso eficiente da água vem ao encontro do objetivo de proteger os

mananciais para garantir a sustentabilidade, tendo em vista que a retirada de água dos mananciais pode afetá-lo das seguintes formas:

- diminuição da capacidade de diluição para descargas de efluentes industriais e domésticos tratados;
- redução da capacidade de arraste dos cursos d'água e conseqüente assoreamento;
- indisponibilidade do volume necessário para a manutenção de pântanos, alagados, biota, vida selvagem e recarga de aquíferos;
- intrusão salina devido ao bombeamento excessivo das águas subterrâneas;
- alteração da qualidade de água para recreação aquática, tais como: natação, rafting, canoagem, etc;
- perturbação estética, e;
- redução dos volumes para os usuários de jusante.

Em suma, pode-se concluir que um programa de uso racional da água deve estar bem estruturado e ter uma ampla abrangência em sua área de atuação, pois segundo simulações realizadas por OXLEY (2002), baixas taxas de reuso (<30%) não proporcionam impactos significantes no balanço hídrico das bacias.

IV.3. Detecção de perdas na distribuição pública e nos sistemas prediais

O problema das perdas afeta profundamente a sustentabilidade do abastecimento, uma vez que exerce uma forte pressão sobre o meio ambiente quando da necessidade de aumento do volume retirado dos mananciais. Por esse motivo, o combate às perdas deve ser encarado como um dos principais focos de ação de um programa de uso racional da água. Além disso, há hoje no mercado uma necessidade cada vez maior de que as empresas apresentem uma preocupação com a ecoeficiência no uso dos recursos naturais de forma a garantir o desenvolvimento sustentável.

As perdas na rede de distribuição podem ocorrer em vários pontos do sistema, sendo que, dependendo de onde ocorram, estas apresentam características muito específicas, que permitem identificar a origem do problema. Algumas delas são de carácter eminentemente técnico, podendo ser resolvidas com ações de operação e manutenção otimizadas. Outras, porém, ocorrem no usuário final e dependem de uma ação de fiscalização comercial e da conscientização da população. Segundo COELHO (2001), os pontos onde podem ocorrer as perdas em um sistema de abastecimento são os seguintes:

- a. Perdas no manancial (barragem)
- b. Perdas na adução
 - Efeito do tráfego;
 - Acomodação do terreno;
 - Golpe de Aríete;
 - Choques na tubulação;
 - Baixa qualidade dos equipamentos;
 - Assentamento com mão de obra desqualificada;
 - Corrosividade da água;
 - Corrosividade do solo;
 - Manutenção ineficiente da linha;
 - Falhas de concepção do projeto.

c. Perdas na adução

- Mão de obra desqualificada ou sem o devido treinamento;
- Deficiência do leito filtrante dos filtros;
- Rachaduras e/ou permeabilidade nas paredes das unidades da ETA;
- Equipamentos inadequados;
- Falhas no projeto;
- Deficiência de comunicação entre a ETA e a estação elevatória;
- Manutenção deficiente dos equipamentos e unidades componentes da ETA.

d. Perdas nos reservatórios de distribuição

- Extravasamento devido à operação deficiente;
- Rachaduras e/ou permeabilidade das paredes do reservatório;
- Mão de obra ineficiente.

e. Perdas na rede de distribuição e nos ramais prediais

- Projetos inadequados da rede de distribuição;
- Falha na especificação e controle de qualidade dos materiais utilizados nos ramais prediais de água;
- Falha na especificação e controle de qualidade dos materiais utilizados na rede de distribuição de água;
- Alta pressão;
- Efeito do tráfego;
- Corrosividade da água;
- Corrosividade do solo;
- Mão de obra não capacitada para a execução dos serviços em redes;
- Mão de obra não qualificada para a execução dos serviços em ramais prediais de água;
- Intermitência no abastecimento;
- Falta de setorização;
- Falta de um sistema de controle operacional.

f. Perdas no usuário final

- Ligações clandestinas;
- Desvio fraudulento do hidrômetro;
- Hidrômetro invertido;
- Ligação cortada e religada a revelia;
- Submedição do hidrômetro;
- Reservatórios com vazamento;
- Válvulas com vazamento;
- Caixas de descarga com vazamento;
- Torneiras com vazamento;
- Coluna de alimentação com problemas;
- Projeto inadequado;
- Usuário sem hidrômetro;
- Falta de educação sobre o uso eficiente da água.

Junto com os vazamentos nas redes públicas de abastecimento, o desperdício nas residências é um dos principais fatores de pressão sobre a demanda por água potável. Um dos componentes dos sistemas residenciais que mais contribui para tal situação é a válvula de descarga convencional que consome uma vazão média de 2 L/s a cada fluxo. Segundo COELHO (2001), nas residências até 63% do consumo ocorre nos banheiros, além disso, de um modo geral, o desperdício no Brasil chega a 70%. No combate ao desperdício, muitos países viram-se obrigados a baixar leis rigorosas. Nos Estados Unidos, por exemplo, todas as casas construídas a partir de 1995 são obrigadas a ter descargas com caixas de 6 litros, muito mais econômicas. Além disso, foi proibida a venda e/ou o transporte de peças de descarga convencional, sendo que a desobediência a tal determinação pode ser punida com voz de prisão.

Outro exemplo de combate ao desperdício encontra-se no Japão onde já existem programas de reciclagem doméstica. Nessas residências, além das tubulações de água potável, foram instalados sistemas de coleta e tratamento de água para reuso. Deve-se levar em conta que um ponto fundamental na problemática das perdas é a extinção da cultura do desperdício já institucionalizada no Brasil devido a aparente abundância de água em nosso

país. Hábitos como banhos demorados, a utilização de válvulas de descarga tipo hidra, ao invés de bacias sanitárias que necessitem um menor volume da água para sifonagem, a utilização da mangueira como “vassoura hidráulica”, entre outras, são práticas que ao longo de todos esses anos vêm contribuindo para a dilapidação desse patrimônio tão valioso. Assim, por ser a água essencial para a vida, tais exemplos devem ser banidos da sociedade, caso se queira alcançar o objetivo da sustentabilidade ambiental do abastecimento urbano.

IV.4. Avaliação de equipamentos disponíveis para o uso eficiente da água

No passado, o problema da água não afetava de forma tão intensa as grandes cidades. Devido a proximidade e a abundância dos recursos hídricos, os custos de captação e transporte não eram tão elevados, e em função disso, pensava-se não haver a necessidade de se usar a água de forma eficiente. Essa mentalidade era refletida na tecnologia aplicada aos equipamentos hidro-sanitários utilizados nos prédios residenciais, comerciais, industriais e públicos. Um exemplo disso é que eram utilizadas bacias sanitárias cujos dispositivos de evacuação usados (caixa de descarga, válvula de descarga) consumiam de 10 a 12 litros por fluxo (COÊLHO, 2001).

Hoje a água torna-se mais e mais escassa, sendo necessário grandes investimentos para buscá-la a distâncias cada vez maiores. Assim, economia de água, além de gerar um alívio na pressão sobre os recursos hídricos, traz como benefícios a redução da necessidade de investimentos para garantir a demanda, além de gerar uma economia de energia. Ao nível do usuário brasileiro, a economia também é refletida nas taxas pagas, haja vista que os serviços de coleta e tratamento de esgotos são cobrados com base no volume de água consumido. Devido a crescente necessidade de economia de água, as indústrias de materiais hidro-sanitários têm

desenvolvido equipamentos mais econômicos. Dentre os principais, estão os novos dispositivos de limpeza de bacias sanitárias capazes de economizar até 50% da água consumida por um equipamento convencional e torneiras, chuveiros e sistemas de irrigação de jardim que reduzem o volume necessário, normalmente entre 20% e 40%, sem perdas de conforto e/ou eficiência. Deve ser dada uma atenção especial ao conjunto bacia sanitária / válvula de descarga devido a sua importância no consumo final de um domicílio, e também porque a primeira é utilizada na quase totalidade das residências e a segunda está presente em 80% dos domicílios de classe média e alta (COÊLHO, 2001). Contudo, não se deve perder de vista o fato de que para se atingir um bom resultado em um programa de uso racional, é imprescindível atacar todos os pontos de consumo ineficiente de água.

Torna-se extremamente importante ter claro o conceito de que a limpeza satisfatória de uma bacia sanitária não é dada por um grande volume de água, mas sim pelo volume ideal correspondente ao ponto de sifonamento (COÊLHO, 2001). A **FIGURA IV.3** mostra, graficamente, a relação entre o volume consumido e a vazão necessária para que seja atingido o ponto de sifonamento.

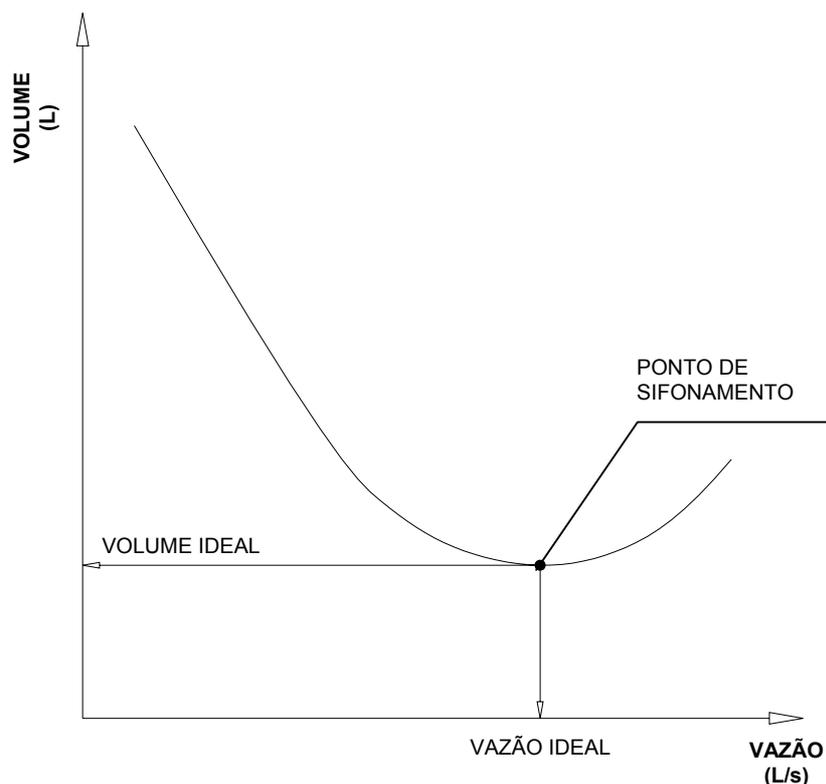


FIGURA IV.3. Ponto ideal de funcionamento de uma bacia sanitária

Desse modo, o dispositivo de descarga e a bacia sanitária devem fazer um conjunto único, pois são projetados e fabricados de forma integrada. As curvas de fluxo de esgotamento sifônico de uma bacia sanitária determinam o ponto de sifonamento desejado no projeto e o dispositivo de descarga é, então, projetado para atender a esse volume. De forma integrada, todos os dispositivos convencionais devem ser substituídos por equipamentos economizadores de água. Nos Estados Unidos, por exemplo, a vazão máxima permitida para os chuveiros (segundo ponto de maior consumo em um banheiro) não deve exceder três galões por minuto (11,36 L/min) (COÊLHO, 2001).

Conforme demonstrado no **QUADRO IV.1**, há a viabilidade técnica da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água, pois tais produtos já se encontram disponíveis nos mercados de várias regiões do país.

Quadro I.1. Equipamentos economizadores de água.

Equipamento	Descrição	Nível de economia (*)
Bacia sanitária com dispositivo de descarga de dois estágios	Esse equipamento permite uma descarga completa de 6 litros ou uma parcial de 3 litros que permite a remoção perfeita dos líquidos.	50 a 75%
Bacia sanitária com dispositivo de interrupção	Esse equipamento é dotado de um dispositivo de descarga que permite interromper o fluxo ao segundo toque.	(**)
Chuveiros de acionamento hidromecânico	Equipamento dotado de dispositivo de acionamento manual e fechamento hidromecânico automático.	32 a 62% (***)
Chuveiros de acionamento hidromecânico com controle de vazão para ajuste de temperatura	Semelhante ao anterior, sendo acrescido um dispositivo que regula a vazão de água para ajuste de temperatura.	32 a 62% (***)
Chuveiro tipo ducha	Permite a lavagem localizada de cada parte do corpo, reduzindo o desperdício (largamente utilizado na Europa).	(**)
Chuveiro com acionamento de pedal	Nesse equipamento, o fluxo é iniciado e mantido através de pressão sobre um pedal e é automaticamente cortado Quando cessa a pressão sobre o pedal.	(**)
Disco redutor de vazão	Através da introdução dessa peça na tubulação, gera-se uma forte perda de carga, reduzindo, assim, o volume consumido.	-
Torneira com saída spray	A saída spray é um pequeno chuveiro que espalha a água de forma a aumentar a eficiência durante a lavagem da louça.	-
Torneira com arejadores simples	Os aeradores têm como função promover uma mistura entre a água e o ar de forma a gerar uma perda de carga que reduza a vazão.	-
Torneira com arejador e spray combinados	É uma combinação dos dois últimos dispositivos citados.	-
Torneiras com arejadores de fluxo constante	Esse equipamento permite a passagem de uma vazão determinada, independentemente da pressão no ponto.	50%
Torneira de fechamento hidromecânico automático	Equipamento dotado de dispositivo de acionamento manual e fechamento hidromecânico automático.	-
Torneira com acionamento eletrônico automático	Esse equipamento é dotado de sensores eletrônicos de aproximação que acionam ou interrompem o fluxo.	70%

(*) Em relação aos equipamentos convencionais;

(**) Depende do nível de educação e atenção do usuário;

(***) 32% até 6m.c.a. e 62% de 15 a 20 m.c.a..

Finalmente, no intuito único de ilustrar a economia gerada com a simples substituição dos equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água (não levando em conta as perdas devido a vazamentos), apresenta-se a seguir, uma simulação em um domicílio simples composto por um banheiro (01 chuveiro, 01 lavatório e 01 vaso sanitário), uma lavanderia (01 tanque e 01 máquina de lavar roupas) e uma cozinha (01 pia e uma máquina de lavar louças), onde residem supostamente 5 pessoas, cujo consumo per capita é de 200L/hab.dia. Segundo dados apresentados pela SABESP em parceria com USP, o consumo em uma residência é distribuído da seguinte forma (COÊLHO, 2001):

- Banheiro 63%;
- Cozinha 22%;
- Área de serviço 15%.

Computando-se o número de moradores e o consumo per capita, o volume total gasto diariamente é de: $200 \times 5 = 1000$ L/dia, distribuídos conforme descrito acima, quando da utilização de equipamentos convencionais. O **QUADRO IV.2** apresenta um resumo dos consumos antes e depois da suposta alteração.

Quadro IV.2. Resumo da substituição de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água

Cômodo	Equipamentos substituídos / % de redução	Peso no consumo (%)	Consumo antes (L/dia)	Consumo depois (L/dia)
Banheiro	Bacia sanitária com dispositivo de descarga de dois estágios (50%)	29	290	145
	Chuveiro de acionamento hidromecânico com controle de vazão para ajuste de temperatura (32%)	28	280	190,4
	Torneira com arejador de fluxo constante (50%)	6	60	30
Cozinha	Torneira com arejador de fluxo constante (50%)	17	170	85
	Lava louças (NS)	5	50	50
Lavanderia	Torneira com arejador de fluxo constante (50%)	6	60	30
	Lava roupas (NS)	9	90	90
Total		100	1000	620,4

Pode-se observar que medidas simples, disponíveis no mercado, podem reduzir de forma substancial o consumo em uma residência. No caso de uma cidade como a do Rio de Janeiro, na hipótese utópica de que todas as residências abastecidas pelo sistema Guandu viessem a optar por uma ação semelhante a do exemplo acima, tal atitude representaria um alívio significativo para o sistema, conseqüentemente para o manancial, da ordem de vários metros cúbicos por segundo, o que garantiria, ainda por algum tempo, o abastecimento, mesmo com uma possível pressão na demanda devido ao aumento populacional.

IV.5. Tecnologias de reuso

No Capítulo 21 da Agenda 21 – “Gestão ambientalmente adequada de resíduos líquidos e sólidos”, Área Programática B – “maximizando o reuso e a reciclagem ambientalmente adequada”, estabeleceu-se, como objetivos básicos: “vitalizar e ampliar os sistemas nacionais de reuso e reciclagem de resíduos” e “tornar disponível informações, tecnologia e instrumentos de gestão apropriados para encorajar e tornar operacional, sistemas de reciclagem e uso de águas residuárias”. Nesse cenário, o conceito de "substituição de fontes" aparece como a alternativa mais plausível para atender a demandas menos restritivas, liberando águas de melhor qualidade para fins mais nobres, como o abastecimento doméstico. Dentro da visão do reuso de água, o homem desenvolveu uma metodologia de imitação grosseira, porém efetiva do ciclo hidrológico, tratando efluentes domésticos e industriais para serem reutilizados, de maneira benéfica, na irrigação, em processos industriais e para múltiplas finalidades urbanas, particularmente, aquelas classificadas como não potáveis. Embora os sistemas de purificação, engendrados pelo gênio humano não contenham a dimensão ecológica e a sustentabilidade do ciclo hidrológico, eles permitiram o desenvolvimento de uma nova fonte de recursos hídricos, atribuindo uma dimensão ecoeficiente à água, a "commodity" do século XXI.

A **FIGURA IV.3** apresenta, esquematicamente, os tipos básicos de usos potenciais de esgotos tratados, que podem ser implementados, tanto em áreas urbanas como em áreas rurais (HESPANHOL, 2000)

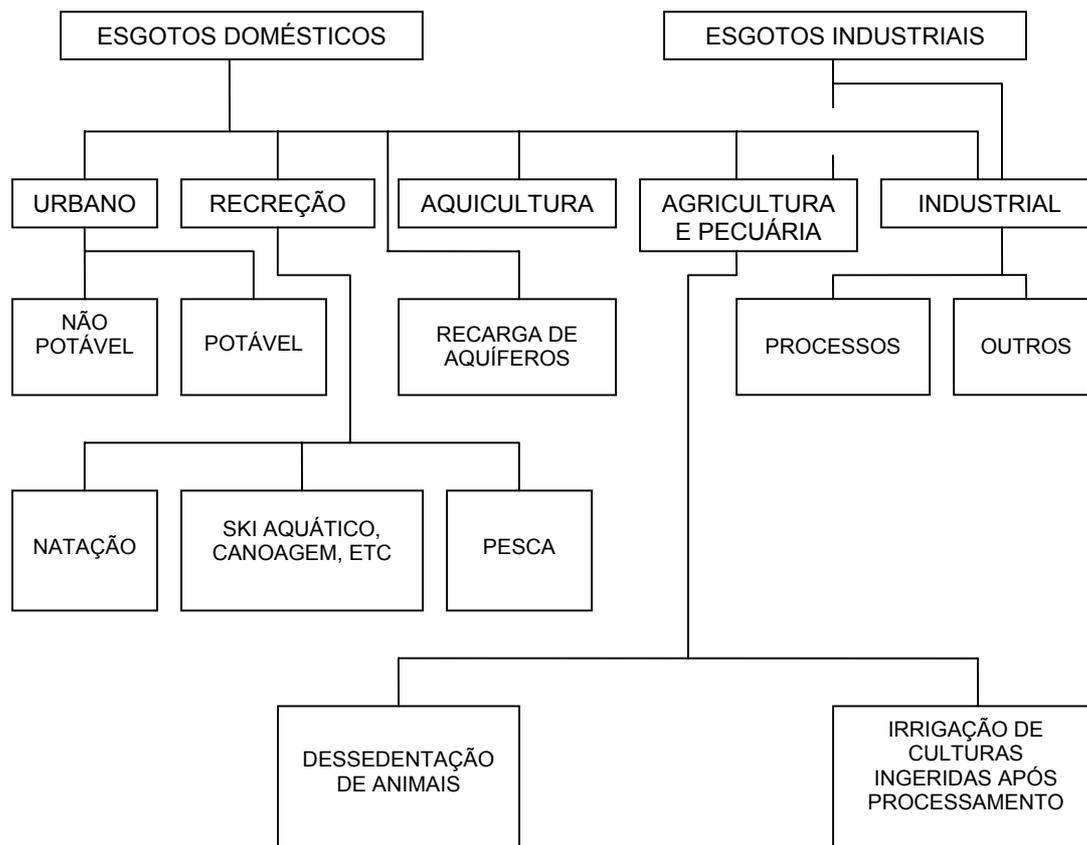


Figura IV.3. Potenciais áreas de reuso de esgotos domésticos e industriais

IV.5.1. Usos urbanos

No setor urbano, o potencial de reuso de efluentes é muito amplo e diversificado. Entretanto, usos que demandam água com qualidade elevada, requerem sistemas de tratamento e de controle avançados, podendo levar a custos incompatíveis com os benefícios correspondentes. Contudo, de uma maneira geral, esgotos tratados podem, no contexto urbano, serem utilizados para fins potáveis e não potáveis. No entanto, os principais problemas associados ao reuso urbano não potável são, os custos elevados de sistemas duplos de distribuição, dificuldades operacionais e riscos potenciais de ocorrência de conexões cruzadas. Os custos, entretanto, devem ser considerados em relação aos benefícios de conservar água potável e de, eventualmente, adiar ou eliminar a necessidade de desenvolvimento de novos mananciais, para abastecimento público.

IV.5.2. Usos urbanos para fins potáveis

A presença de organismos patogênicos e de compostos orgânicos sintéticos na grande maioria dos efluentes disponíveis para reuso, principalmente naqueles oriundos de estações de tratamento de esgotos de grandes conturbações com pólos industriais expressivos, classifica o reuso potável como uma alternativa associada a riscos muito elevados, tornando-o praticamente inaceitável. Além disso, os custos dos sistemas de tratamento avançados que seriam necessários, levariam à inviabilidade econômico-financeira do abastecimento público, não havendo, ainda, garantia de proteção adequada para saúde pública dos consumidores.

Entretanto, caso seja imprescindível implementar reuso urbano para fins potáveis, devem ser obedecidos os seguintes critérios básicos (HESPANHOL, 2000):

- ***Utilizar apenas sistemas de reuso indireto***

A Organização Mundial da Saúde não recomenda o reuso direto, ou seja, a conexão direta dos efluentes de uma estação de tratamento de esgotos a uma estação de tratamento de águas e, em seguida, ao sistema de distribuição.

Como reuso indireto, se compreende a diluição dos esgotos, após tratamento, em um corpo hídrico (lago, reservatório ou aquífero subterrâneo), no qual, após tempos de detenção relativamente longos, é efetuada a captação, seguida de tratamento adequado e posterior distribuição. O conceito de reuso indireto implica, evidentemente, que o corpo receptor intermediário, seja um corpo hídrico não poluído, para, através de diluição adequada, reduzir a carga poluidora a níveis aceitáveis.

- ***Utilizar exclusivamente esgotos domésticos***

Devido à impossibilidade de identificar adequadamente a enorme quantidade de compostos de alto risco, particularmente micro-poluentes orgânicos, presentes em efluentes líquidos industriais, mananciais que recebem, ou receberam, durante períodos prolongados, esses efluentes, são,

"a priori", desqualificados para a prática de reuso para fins potáveis. O reuso, para fins potáveis, só pode ser praticado, tendo como matéria prima básico esgoto exclusivamente doméstico.

Na República da Namíbia, por exemplo, que vem tratando esgotos exclusivamente domésticos para fins potáveis, os esgotos industriais são coletados em rede separada e tratados independentemente. Além disso, um controle intensivo é efetuado pela municipalidade, para evitar a descarga, mesmo que acidental, de efluentes industriais ou compostos químicos de qualquer espécie, no sistema de coleta de esgotos domésticos (HESPANHOL, 2001).

- ***Empregar barreiras múltiplas nos sistemas de tratamento***

Os elevados riscos associados à utilização de esgotos, mesmo domésticos, para fins potáveis, exigem cuidados extremos para assegurar proteção efetiva e permanente dos consumidores. Os sistemas de tratamento a serem implementados, devem ter unidades de tratamento suplementares, além daquelas teoricamente necessárias. É recomendável, quando possível, reter os esgotos já tratados, em aquíferos subterrâneos, por períodos prolongados, antes de se encaminhar a água para abastecimento público.

No caso da República da Namíbia, esgotos exclusivamente domésticos, coletados na cidade de Windhoek, são inicialmente tratados na “Gammams Sewage Treatment” Works, que consta de grades, caixas de areia, decantadores primários e sistema de lodos ativados, seguido de lagoas de maturação. O efluente da estação de Gammams é, então, encaminhado à “Goreangab Reclamation Plant”, para a fase de potabilização dos efluentes domésticos tratados. Esta estação consta de pré-ozonização, coagulação-floculação em primeiro estágio, flotação com ar dissolvido, adsorção em carvão ativado em pó, coagulação-floculação em segundo estágio, sedimentação, filtros rápidos de areia, ozonização, de-aeração e reciclagem de ozona, adsorção em carvão ativado granular, cloração ao “breakpoint”, correção de pH com cal e armazenamento da água potável em lençol freático, por longos períodos, de onde é, posteriormente, removida através de poços e introduzida no sistema de abastecimento público de Windhoek (HESPANHOL, 2001).

Esse sistema vem operando desde outubro de 1968 e os estudos epidemiológicos realizados até o presente, demonstraram que as doenças transmissíveis prevalentes no país (doenças diarréicas e Hepatite A) não são associadas à água reciclada, que abastece a cidade (HESPANHOL, 2001).

- ***Adquirir aceitação pública e assumir as responsabilidades pelo empreendimento***

Os programas de reuso para fins potáveis devem ser, desde a fase de planejamento, motivo de ampla divulgação e discussão com todos os setores da população concernente. Para a implementação, deve haver aceitação pública da proposta de reuso. Por outro lado, as responsabilidades técnica, financeira e moral, que cabem as entidades encarregadas do planejamento, implementação e gestão do sistema de reuso, devem ser explicitamente reconhecidas e assumidas.

IV.5.3. Usos urbanos para fins não potáveis

Os usos urbanos não potáveis envolvem riscos menores e devem ser considerados como a primeira opção de reuso na área urbana. Entretanto, cuidados especiais devem ser tomados quando ocorre contato direto do público com gramados de parques, jardins, hotéis, áreas turísticas e campos de esporte. Os maiores potenciais de reuso são os que empregam esgotos tratados para (HESPANHOL, 2000):

- Irrigação de parques e jardins públicos, centros esportivos, campos de futebol, quadras de golfe, jardins de escolas e universidades, gramados, árvores e arbustos decorativos ao longo de avenidas e rodovias;
- Irrigação de áreas ajardinadas ao redor de edifícios públicos, residenciais e industriais;
- Reserva de proteção contra incêndios;

- Controle de poeira em movimentos de terra, etc;
- Sistemas decorativos aquáticos tais como fontes e chafarizes, espelhos e quedas d'água;
- Descarga sanitária em banheiros públicos e em edifícios comerciais e industriais;
- Lavagem de trens e outros veículos.

IV.5.4. Usos Industriais

Os custos elevados da água industriais associados às demandas crescentes têm levado indústrias a avaliar as possibilidades internas de reuso e a considerar ofertas da companhia de saneamento para a compra de efluentes tratados a preços inferiores aos da água potável dos sistemas públicos de abastecimento. A “água de utilidade”, produzida através de tratamento de efluentes secundários e distribuída por adutoras que servem um agrupamento significativo de indústrias, se constitui, atualmente, em um grande atrativo para abastecimento industrial a custos razoáveis. Em algumas áreas da região metropolitana de São Paulo o custo da água posta à disposição da indústria está em torno de oito reais por metro cúbico, enquanto que a água de utilidades apresenta um custo marginal por metro cúbico pouco superior a quatro reais. Este custo varia, evidentemente, com as condições locais, tanto em termo dos níveis de tratamento adicionais necessários, como aqueles relativos aos sistemas de distribuição. A proximidade de estações de tratamento de esgotos às áreas de grande concentração industrial contribui para a viabilização de programas de reuso industrial, uma vez que permite adutoras e custos unitários de tratamento menores (HESPANHOL, 2000).

Os usos industriais que apresentam possibilidade de serem viabilizados em áreas de concentração industrial significativa são basicamente os seguintes:

- Torres de resfriamento como água de "make-up";
- Caldeiras;
- Construção civil, incluindo preparação e cura de concreto, e para compactação do solo;
- Irrigação de áreas verdes de instalações industriais, lavagens de pisos e alguns tipos de peças, principalmente na indústria mecânica;
- Processos industriais.

Dentro do critério de estabelecer prioridades para usos que já possuam demanda imediata e que não exijam níveis elevados de tratamento, é recomendável concentrar a fase inicial do programa de reuso industrial, em torres de resfriamento. Assim, esgotos domésticos tratados têm sido amplamente utilizados como água de resfriamento em sistemas com e sem recirculação. Contudo, esses efluentes apresentam uma pequena desvantagem em relação às águas naturais, pelo fato de possuírem temperatura um pouco mais elevada. Em compensação, a oscilação de temperatura é muito menor nos esgotos domésticos do que em águas naturais.

Os sistemas de tratamento para reuso em unidades de refrigeração semi-abertos, por exemplo, são relativamente simples, devendo, apenas, serem capazes de evitar corrosão ou formação de depósitos, crescimento de microorganismos, formação excessiva de espuma e deslignificação de torres de refrigeração, construídas em madeira. Outras formas de reuso que podem ser consideradas nas fases posteriores na implementação de um programa metropolitano de reuso, incluem água para produção de vapor, para lavagem de gases de chaminés, e para processos industriais específicos, tais como manufatura de papel e papelão, indústria têxtil, de material plástico e produtos

químicos, petroquímicas, curtumes, construção civil, etc. Essas modalidades de reuso, envolvem sistemas de tratamento avançados e demandam, conseqüentemente, níveis de investimento mais elevados. O reuso e a conservação devem, também, ser estimulados nas próprias indústrias, através de utilização de processos industriais e de sistemas de lavagem com baixo consumo de água, assim como em estações de tratamento de água para abastecimento público, através da recuperação e reuso das águas de lavagem de filtros e de decantadores (HESPANHOL, 2000).

Como um exemplo de mercado potencial de um sistema de reuso de efluentes das estações de tratamento de esgotos em operação para fins industriais tem-se a Região Metropolitana de São Paulo. A estação de tratamento de esgotos de Barueri poderia abastecer, com efluentes tratados, uma área industrial relativamente importante, distribuída entre Barueri, Carapicuíba, Osasco, e o setor industrial, ao longo do Rio Cotia, nas imediações da rodovia Raposo Tavares. Da mesma maneira, a estação de Suzano poderia abastecer indústrias concentradas nas regiões de Poá, Suzano e, eventualmente, de Itaquaquecetuba e Mogi das Cruzes (HESPANHOL, 2000).

IV.6. Aspectos econômicos-financeiros

Além do óbvio benefício ao meio ambiente, o reuso planejado da água representa, ainda, a possibilidade de ganhos pela economia de investimentos e pela comercialização de efluentes.

Face a grande vazão envolvida (chegando a até 80% do uso consuntivo, em alguns países), especial atenção deve ser atribuída ao reuso para fins agrícolas, pois a agricultura depende, atualmente, de suprimento de água a um nível tal que a sustentabilidade da produção de alimentos não poderá ser mantida, sem o desenvolvimento de novas fontes de suprimento e a gestão adequada dos recursos hídricos convencionais.

Em 1976, no seminário promovido pela Comissão Econômica para a Europa, da ONU, os diversos artigos tratando do que foi chamado “tecnologia e produção sem resíduos” continham idéias semelhantes às discutidas hoje na Produção Mais Limpa e na Ecologia Industrial. A ONU convidou a empresa 3M para apresentar neste seminário, os resultados do seu programa 3P. Isto é, a Prevenção da Poluição se Paga. Esta empresa sustentava, já na época que, além de ganhos ambientais, um programa de prevenção da poluição trazia também ganhos econômicos (SHEN, 1995).

Nas regiões áridas e semi-áridas, a água se tornou um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos, procuram, continuamente, novas fontes de recursos para complementar a pequena disponibilidade hídrica ainda disponível. No polígono das secas do nosso nordeste, a dimensão do problema é ressaltada por um anseio, que já existe há 75 anos, para a transposição do Rio São Francisco, visando o atendimento da demanda dos estados não riparianos, da região semi-árida, situados ao norte e a leste de sua bacia de drenagem. Diversos países do oriente médio, onde a precipitação média oscila entre 100 e 200 mm por ano, dependem de alguns poucos rios perenes e pequenos reservatórios de água subterrânea, geralmente localizados em regiões montanhosas, de difícil acesso. A água potável é proporcionada através de sistemas de desalinação da água do mar e, devido à impossibilidade de manter uma agricultura irrigada, mais de 50% da demanda de alimentos é satisfeita através da importação de produtos alimentícios básicos (HESPANHOL, 2002).

O fenômeno da escassez não é, entretanto, atributo exclusivo das regiões áridas e semi-áridas. Muitas regiões com recursos hídricos abundantes, mas insuficientes para atender a demandas excessivamente elevadas, também experimentam conflitos de usos e sofrem restrições de consumo, que afetam o desenvolvimento econômico e a qualidade de vida. A Bacia do Alto Tietê, que abriga uma população superior a 15 milhões de habitantes e um dos maiores complexos industriais do mundo, dispõe, pela sua condição característica de manancial de cabeceira, vazões insuficientes para a demanda da Região Metropolitana de São Paulo e municípios circunvizinhos.

Esta condição tem levado à busca incessante de recursos hídricos complementares de bacias vizinhas, que trazem, como conseqüência direta, aumentos consideráveis de custo, além dos evidentes problemas legais e político-institucionais associados. Esta prática tende a se tornar cada vez mais restritiva, face à conscientização popular, arregimentação de entidades de classe e ao desenvolvimento institucional dos comitês de bacias afetadas pela perda de recursos hídricos valiosos (HESPANHOL, 2002).

A crescente demanda por água de abastecimento urbano significa um aumento das despesas. Os custos incluem construção e manutenção das infra-estruturas, custos de bombeamento, tratamento e monitoramento, tanto para a água tratada, quanto para o esgoto gerado. As entidades gestoras devem, assim, arcar com essas despesas.

Pode-se dizer que o uso não racional da água apresenta prejuízos identificados em quatro áreas:

- Baixas leituras de medição, que resultam em usuários pagando menos do que consomem;
- Vazamentos nos sistemas de distribuição, resultando em custos adicionais de operação e tratamento de uma água não utilizada;
- Ligações clandestinas, e;
- Baixas taxas para usuários comerciais e industriais de grande porte.

Assim, os potenciais benefícios da implementação de um programa de uso eficiente da água podem ser resumidos em:

- Redução de vazamentos nos sistemas de distribuição resulta na diminuição dos custos marginais de tratamento e bombeamento;

- Redução de reparos emergenciais de vazamentos resulta na redução das horas extras e outros custos correlatos;
- Regularização do reparo ou troca de equipamentos de medição, gerando um aumento de renda;
- Melhoria das estimativas para consumos não medidos resultando em melhores dados de consumo para o planejamento das entidades gestoras;
- Redução no consumo de água resultando em menores custos com bombeamento e tratamento tanto de esgotos, quanto de água tratada;
- Redução no consumo retardando a necessidade de expansão das unidades de tratamento.

Pode-se, assim, verificar que projetos de uso racional de água têm profundos impactos sobre qualidade dos ativos ambientais, mais especificamente sobre a capacidade dos sistemas hídricos de proverem vários bens e serviços para a sociedade, além de, também se configurarem como alternativas mais baratas de fontes de abastecimento para fins menos nobres (**ANEXO I**).

CAPÍTULO V

CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Dispor de uma boa oferta, captar e armazenar água são condições necessárias, porém não suficientes para garantir que essa água chegue ao consumidor, pois a ineficiência na distribuição e no uso da água tende a gerar desequilíbrios na quantidade e na qualidade dos recursos hídricos, principalmente, devido às pressões exercidas pelo crescimento demográfico, tornando os sistemas urbanos de abastecimentos insustentáveis em longo prazo, caso sejam mantidos os atuais padrões de consumo.

Tendo-se em vista que a avaliação estratégica ambiental dos sistemas urbanos de água é essencialmente uma análise dos recursos naturais, seus valores, dinâmicas, pressões e fatores relevantes, seguidos por uma avaliação das ligações deste com os fatores de sustentabilidade, o sucesso dos planos de uso eficiente e reuso, dependem da maneira e profundidade com que algumas ações sejam implementadas, podendo-se destacar entre estas:

- Critérios adotados para avaliar as alternativas de reuso propostas;
- Escolha de estratégias de uso único ou uso múltiplo dos esgotos;
- Provisões gerenciais e organizacionais estabelecidas, para administrar os esgotos, e para selecionar e implementar o plano de reuso, e;
- Importância dada às considerações de saúde pública, e os riscos correspondentes.

A adoção de uma mistura de estratégias para o uso dos esgotos traz a vantagem de permitir maior flexibilidade e segurança econômica e melhor

eficiência no uso dos esgotos disponíveis ao longo do ano, enquanto que a estratégia de uso único, pode levar a sobras sazonais, que são, normalmente, condenadas à disposição improdutiva. Assim, em uma avaliação estratégica a nível global, deve-se fazer um balanço de custos e benefícios da implantação de um sistema de reuso da água, verificando qual o saldo entre a economia de energia em tratamento e distribuição de água potável devido à diminuição do volume bombeado, contra a energia gasta para condicionar e aduzir os esgotos municipais e quais os impactos positivos no ambiente, inclusive em função da preservação da qualidade da água, porque isso significa tratamentos menos onerosos para as captações de jusante. Além de que, deve-se fazer uma análise econômica financeira da possibilidade da implantação de sistemas de reuso que satisfaçam os padrões de qualidade estabelecidos pelos potenciais clientes, verificando, também, a logística de distribuição, pois os sistemas duplos de distribuição englobam aportes financeiros que podem tornar os investimentos não atrativos financeiramente.

Infelizmente, são os custos elevados da água para a indústria, associados às demandas crescentes, que têm levado as empresas a avaliar as possibilidades internas de reuso e a considerar ofertas das companhias de saneamento para a compra de efluentes tratados (água de utilidade) e não a consciência da necessidade de se promover sistemas urbanos de água sustentáveis.

Tendo-se em vista que cada linha geradora de despejos apresenta características distintas em termos de vazão e concentração de poluentes, razão pela qual diferentes concepções de tratamento devem ser consideradas, o aproveitamento mais imediato do reuso na indústria é o resfriamento, pois não exige, a princípio, grandes sofisticções de tratamento, além da vantagem de que nos esgotos domésticos há uma menor oscilação de temperatura. Embora corresponda a apenas 17% da demanda de água não potável pelas indústrias, o uso de efluentes secundários tratados, em sistemas de refrigeração, tem o benefício de requerer qualidade independente do tipo de indústria, e a de atender,

ainda, a outros usos menos restritivos, tais como lavagem de pisos e equipamentos, e como água de processo em indústrias mecânicas e metalúrgicas. Outro ponto de vantagem é que a qualidade de água adequada para refrigeração de sistemas semi-abertos é compatível com outros usos urbanos, não potáveis, tais como irrigação de parques e jardins, lavagem de vias públicas, construção civil, formação de lagos para algumas modalidades de recreação e para efeitos paisagísticos.

Outra forma de reuso não potável é a reutilização da chamada água cinza. Contudo, esta tem uma aplicação restrita no âmbito do gerenciamento racional da água, uma vez que essas águas devem ser reaproveitadas de forma isolada nas residências, por não serem economicamente intercambiáveis em sistemas duplos de distribuição, não sendo por isso, uma abordagem factível para o suprimento das necessidades gerais de uma municipalidade.

A princípio, o reuso para fins potáveis não é aconselhável, devendo ser evitado. Contudo, o controle de qualidade da água para consumo humano retirado de mananciais altamente poluídos se utilizam parâmetros que não levam em conta a diversidade de resíduos de novos produtos que foram sintetizados artificialmente. Nesse caso, creio que tal situação se enquadre na condição de reuso potável não planejado da água, pois, tais parâmetros não são questionados e nem são realizadas caracterizações mais abrangentes da água desses mananciais. Assim, torna-se indispensável uma reavaliação dos indicadores de qualidade de água para fins de captação para potabilidade, pois a questão do reuso potável da água passa necessariamente por uma melhor caracterização dos efluentes lançados, conseqüentemente da qualidade dos mananciais.

À luz do uso eficiente da água, com o foco nas instalações prediais, deve-se levar em conta que o segundo ponto de maior consumo em uma residência é o chuveiro, logo, junto aos sistemas de descarga, este deve receber atenção especial. Equipamentos que se utilizam o aquecimento a gás, de um modo geral,

têm uma vazão maior do que os equipamentos cujo sistema de aquecimento é elétrico. Contudo, em última análise, a energia elétrica é água. Assim, dentro de uma avaliação estratégica ambiental, torna-se imprescindível fazer um balanço de qual equipamento gera menor impacto no ambiente: se é o chuveiro à gás, com sua alta vazão e a emissão de composto poluentes devido à queima do gás, ou se é a ducha elétrica, com sua vazão menor, mas que, em contrapartida se utiliza da energia hidrelétrica, que também tem suas conseqüências ambientais.

Há de se ter em mente que a redução das perdas e o reuso são, potencialmente, novas fontes de recursos hídricos capazes de sustentar o aumento da demanda nas regiões metropolitanas. Contudo, inicialmente, é extremamente mais viável financeiramente, a adoção do uso eficiente da água, pois as mudanças, em um primeiro estágio, passariam apenas pela conscientização, instalação de equipamentos economizadores e redução das perdas, logo, um investimento de menor custo e de retorno rápido. O montante economizado poderia ser aplicado em tecnologias de reuso e no aperfeiçoamento das atuais técnicas de tratamento de efluentes, para que se possam readaptar as estações existentes para as novas cargas advindas dos sistemas de reuso, que provavelmente serão maiores, pois tendo-se em vista que o esgoto tratado pode afetar o corpo receptor, dependendo da quantidade e da qualidade dos lançamentos, em função do nível de tratamento, uma estação de tratamento que trabalha sobrecarregada, obviamente, não terá condições de tratar o esgoto adequadamente. Outro ponto a ser atacado com os recursos advindos da economia gerada pelo uso eficiente da água é o desenvolvimento de processos produtivos menos impactantes ao meio ambiente, e não apenas de tecnologias de tratamento de ponta de linha. Somente, então, com essas bases consolidadas deve-se, em um segundo estágio, desenvolver sistemas integrados de reuso, que se utilizem redes duplas de distribuição.

Além das vantagens internas, o reuso de água também é uma forma de reduzir sua captação de mananciais e diminuir o volume de efluentes líquidos

destinado ao meio ambiente. Representa, assim, um instrumento excelente de promoção da imagem da empresa junto à comunidade e consumidores. Outros pontos de relevância são o atendimento às legislações ambientais e a de adaptação da indústria para as mudanças na gestão dos recursos hídricos decorrentes da recém-criada Agência Nacional de Águas (ANA), que pretende, entre outros objetivos, controlar a poluição / contaminação dos corpos d'água no território brasileiro.

O desenvolvimento sustentável implica em uma visão holística sobre o bem estar humano com uma perspectiva de longo prazo das conseqüências das atividades antrópicas atuais e uma cooperação global no sentido de se impetrar soluções viáveis. Nesse contexto, a ferramenta mais adequada para se alcançar tais objetivos é a Avaliação Estratégica Ambiental. Creio, porém, que apesar dessa metodologia ser tecnicamente mais eficiente, em países como o Brasil, interesses políticos e financeiros, além da falta de esclarecimento e consciência por parte da população sobre a gravidade do problema da escassez quantitativa e qualitativa da água impedem seu pleno desenvolvimento.

Alcançar objetivos de sustentabilidade no consumo de água dependerá fundamentalmente de mudanças na estimativa e no gerenciamento da demanda e suprimento de água. Os governos estaduais e federais devem iniciar, imediatamente, processos de gestão para estabelecer bases técnicas, políticas, legais e institucionais para o uso eficiente da água, tanto em relação aos aspectos associados diretamente ao reuso de efluentes, como aos planos estaduais ou nacionais de recursos hídricos. Linhas de responsabilidade e princípios de alocação de custos devem ser estabelecidos entre os diversos setores envolvidos, ou seja, companhias responsáveis pela coleta e tratamento de esgotos, os usuários que se beneficiarão dos sistemas de reuso, e o Estado, ao qual compete o suprimento adequado de água, a proteção do meio ambiente e da saúde pública.

Apesar da existência de inúmeros estudos sobre impacto ambiental, creio ser necessário o desenvolvimento de novos trabalhos que avaliem a influência dos sistemas de reuso de águas servidas urbanas, pois os impactos das estratégias de reuso sobre os recursos hídricos, particularmente em períodos de seca, são pouco compreendidos, apesar de serem cruciais para as políticas de gerenciamento de recursos para o desenvolvimento sustentável. Assim, é imprescindível o desenvolvimento de indicadores através uma base de dados sólida e confiável de longo prazo.

De um modo geral, a aplicação dos indicadores de impacto ambiental limitam-se aos contornos geográficos da bacia em questão, quando muito às fronteiras políticas das localidades. Contudo, nota-se sob a abordagem do ciclo de vida do produto água, que esses limites são insuficientes, pois os produtos químicos utilizados no tratamento da água potável e do esgoto gerado, são via de regra, produzidos em outras regiões, e também geram impacto ambiental. Além disso, o lodo proveniente das estações de tratamentos, nem sempre são dispostos no próprio município. Assim, a geração de unidades funcionais como consumo per capita ou anual são indispensáveis para que se possam fazer comparações entre cidades e sistemas mais desenvolvidos no âmbito da sustentabilidade ambiental do abastecimento urbano, para que estes sirvam de “bench marking”.

Os indicadores devem ser elementos que sejam capazes de avaliar a variação quantitativa e qualitativa dos copos d'água, suas causas, conseqüências e quais as respostas dadas pela sociedade. Além disso, devem proporcionar alto grau de agregação e simplicidade de entendimento das informações relevantes, permitindo comparações, sempre que possível. Contudo, é imprescindível que cada caso seja analisado de forma específica, permitindo, assim, a escolha adequada dos indicadores de sustentabilidade ambiental dos sistemas urbanos de água, baseados na capacidade de predição de potenciais problemas e a disponibilidade e qualidade das informações. Por exemplo, em uma bacia situada na Região Amazônica onde o volume de água em função da demanda não é o

principal problema, indicadores que avaliem quantidade de água disponível são menos relevantes, por outro lado, na região Sudeste, onde a água não é tão abundante, além da preocupação da constante avaliação do uso racional do recurso, deve-se prestar atenção na manutenção da qualidade dos recursos hídricos.

O gerenciamento racional da água tem grande impacto na economia. Entre esses impactos estão: retardamento da necessidade de investimentos para a ampliação da captação e tratamento de água para abastecimento e a possibilidade de ganhos com a venda de efluentes tratados para diversos fins menos nobres. Assim, as águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras, devem, sempre que possível, serem consideradas como fontes alternativas para usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes, se constitui hoje, em conjunção com a melhoria da eficiência do uso e o controle da demanda, na estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

Apesar do reuso e da conservação da água se constituírem, hoje, nas palavras chave de maior importância, em termos de gestão de recursos hídricos, a prática do reuso, ainda é incipiente no Brasil e espera para ser institucionalizada e integrada aos planos de proteção e desenvolvimento de bacias hidrográficas, porque a maioria dos consumidores domésticos e até industriais não se dão conta do consumo excessivo e ineficiente que fazem da água e não associam a geração de seus próprios resíduos com os problemas ambientais. Por isso, o conceito tradicional de saneamento básico deve evoluir para o conceito de saneamento ambiental associando-se à política de recursos hídricos, com o objetivo básico de articular as ações das companhias estaduais de saneamento com os planos dos comitês de bacias hidrográficas. Trata-se, não apenas de executar obras, mas também de integrar a função de sanear com o objetivo de preservação da qualidade ambiental. Além disso, para que o reuso seja aceito e realizado no país,

é necessária a aceitação institucional e da sociedade civil; difusão e ênfase da prática no seu valor social ambiental e econômico; definição das responsabilidades das instituições de controle e vigilância, educação e fomentação dos recursos humanos e, por fim, desenvolvimento de projetos pilotos. Contudo, para isso, é necessário, antes de qualquer coisa, o passo fundamental que restringe a grande maioria dos processos de modernização nacional - vontade política, na esfera mais elevada dos tomadores de decisão.

Note-se que a melhoria da eficiência da utilização da água não significa necessariamente uma redução generalizada da procura em todas as regiões do País, na medida em que haverá ainda, naturalmente, um aumento das captações devido a necessidade de cobertura em áreas carentes de infra-estrutura sanitária. Devemos ainda ter claro que a política de privatização, no atual período, pode significar a intensificação da ação de interesses corporativistas, que estão cada vez mais inseridos numa lógica econômica que busca a lucratividade na escala mundial e, portanto, exigindo uma exploração cada vez maior de grande parcela da sociedade e, também, do meio ambiente. Configura-se um quadro cuja prioridade é a lucratividade, e em serviços considerados essenciais, os moldes empresariais caminham, via de regra, na contra mão da equidade do atendimento. Assim, os sistemas de uso racional e reuso de água não devem ser encarados simplesmente como um negócio a mais para as empresas, pois caso a água potável e as águas de serviço venham a ser considerada como mercadoria, estarão sujeitas às oscilações do mercado e, se por algum motivo, deixarem de ser extremamente lucrativos, certamente serão abandonados. Logo a solução é a conscientização por parte de todos os atores sociais. Recordemos, finalmente, que, sem água, não há vida, e, com águas “enfermas”, somente haverá vida “enferma”.

Referências Bibliográficas

ALVES, H.P.F., 1997. *Bacias do Piracicaba e Capivari: análise de sub-regiões e aplicabilidade dos "conceitos" de desenvolvimento sustentável e capacidade de suporte (hídrica)*. Dissertação de Mestrado, Campinas, São Paulo, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

ARROW, K., BOLIN B., CONSTANZA, R., DASCUPA, P., FOLKE, C., HOLING, C. S., JANSSON, B. O., LEWIN, S., MALLER K.G., PERRINGS, C & PIMENTEL, D., 1995. Economic growth, carrying capacity, and the environment. *Science.*, 268:520-521.

BEGOSSI, A., 1997. *Escalas, Economia ecológica e a conservação da biodiversidade*. In: CALVALCANTI, C. Meio Ambiente, Desenvolvimento sustentável e políticas públicas, São Paulo: Cortez.

BISWAS, A. K., 1992. *Sustainable Water Development: a Global Perspective*. Water International, International Water Resources Association, 17(2), USA.

BLOCH, D., 2002. Água: Direito à Vida.
<<http://www.ircsa.org.br/semana/aguavida.htm>>

BOONE, C. & VAN, W., 1995. A Industrial organization and organizational ecology: potentials for cross- fertilization. *Organization Studies*, 16:265-298.

BOOTH, D. E., 1998. *The Environmental Consequences of Growth*. London: Routledge.

BRASIL, 1986. Resolução CONAMA nº 20, 18 de junho de 1986. Resolve estabelecer a seguinte classificação das águas, doces, salobras e salinas do território nacional.

BRASIL, 1998. Constituição (1998). *Constituição [da] República Federativa do Brasil*. Brasília, DF: Senado Federal.

BROWN, L. R., 1995. Reassessing the Earth's population. *Society. Socio/Environmental*, 32:7-10.

CABRAL, 1995. *O papel das Hidrovias no Desenvolvimento Sustentável da Região Amazônica Brasileira*. Senado Federal.

CARTER, R. C.; SEAN, F. T.; HOWSAM, P., 1999. Impact and sustainability of community water supply and sanitation programmes in developing countries. *Journal of the Chartered Institution of Water and Environmental Management*, 13: 292-296.

COÊLHO, A. C., 2001. *Manual de Economia de Água: Conservação de Água*. Olinda: Editora do Autor.

COHEN, J. E., 1995. How many people can the Earth support?. *Population Today. Socio/Environmental*, 24:4-5.

CONSTANZA, R., 1995. *Goals, agenda and policy recommendations for ecological economics*. In: SAGOFF, M. *Carrying Capacity and Ecological Limits*. Bioscience, 45:610-614.

CRISTOFIDIS, D. 1999. *Recursos Hídricos e Irrigação no Brasil*. Brasília: CDS - UNB.

FILHO, S. S. F. & SOBRINHO, P. A., 1998. Considerações sobre o tratamento de despejos líquidos gerados em estações de tratamento de água. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 3:128-136.

FRACALANZA, A. P., 1996. *Programa de Despoluição do Rio Tietê: uma análise de concepções no tratamento de recursos hídricos e da participação de diferentes atores*. Dissertação de Mestrado, Campinas, São Paulo, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

GALLO, Z., 1995. *A proteção das águas, um compromisso do presente com o futuro: o caso da bacia do rio Piracicaba*. Dissertação de Mestrado, Campinas, São Paulo, Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas.

GLOSS, S., 1991. *El Enigma Legal e Institucional del Uso Eficiente del Agua en el Oeste de los Estados Unidos*. Memorias del Seminario Internacional sobre Uso Eficiente del Agua, 523-530, México.

GONÇALVES, P. M., 1995. *Bases Metodológicas para Racionalização do Uso de Água e Energia no Abastecimento Público de Água em São Paulo*. Dissertação de Mestrado, São Paulo, Escola Politécnica, Universidade de São Paulo.

HARGER, J. R. E. & MEYER, F. M., 1996. Definition of indicators for environmentally sustainable development. *Chemosphere*, 33: 1749-1775.

HESPANHOL, I., 1999. Água e saneamento básico – Uma visão realista. In: *Águas Doces no Brasil*. (Rebouças, A. et al., org.), São Paulo: Instituto de Estudos Avançados da USP.

HESPANHOL, I. & MIERZWA, J. C., 2000. Programa para o gerenciamento de águas e efluentes nas indústrias visando o uso racional e o reuso. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, 4(1/2):11 - 15.

HESPANHOL, I., 2001. Potencial de Reuso de Água no Brasil - Agricultura, Industria, Municípios, Recarga De Aquíferos. III Encuentro de las Águas, 26 october 2001, December 2002 <http://www.aguabolivia.org/situacionaguaX/IIIEncAguas/contenido/trabajos_verde/TC-158.htm>

HESPANHOL, I., 2002. Reuso da água é incipiente no Brasil. <<http://www.estadao.com.br/ext/ciencia/sosagua/not14.htm>>

HIGGINS, J., WARNKEN, J., SHERMAN, P. P. & TEASDALE, P. R., 2002. Survey of users and providers of recycled water: quality concerns and directions for applied research. *Water Research*, 36:5045-5056.

HOGAN, D.J., 1993. Crescimento populacional e desenvolvimento sustentável. *Revista de Ciência e Cultura*, 31:13-17.

HOGAN, D.J., 1997. Mudança ambiental e o novo regime democrático. In: CALVALCANTI, C. (org.), *Meio Ambiente, Desenvolvimento sustentável e Políticas públicas*, São Paulo: Cortez.

HOWE, C. W. 2001. The Impact of Price on Residential Water Demand. *Water Resources Research*, 33(14):44-57.

IBGE, 1998. *Anuário Estatístico do Brasil – 1997*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

IBGE, 2000. *CENSO DEMOGRÁFICO - 2000*, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro.

ISO 14040, 1997. *Environmental management – life cycle assessment – principles and framework*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

ISO 14042, 1997. *Environmental management – life cycle assessment – life cycle impact assessment*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

JAMES, L. D. & LEE, R. R. 2000. *Economics of Water Resources Planning*. McGraw-Hill. 615-661.

KESSLER, J. J., TOORNSTRA, F., OFFERMANS, D., VERKUYL, H. & VAN DORP, M., 1996. *Structural and Natural Resources: The Life Support System under Pressure*. AID Environment, p. 167.

KESSLER, J.J. & VAN DORP, M., 1997. Structural adjustment and the environment: the need for an analytical methodology. *Ecological Economics*, 27: 267-281.

KOLOKYTHA, E.G., MYLOPOULOS, A.K. & MENTES, A.K., 2002. Evaluating demand management aspects of urban water policy—A field survey in the city of Thessaloniki, Greece. *Urban Water*, 4:391–400.

LEAL, A.C., 1995. *Meio ambiente e urbanização na microbacia do Areia Branca*. Dissertação de Mestrado, Rio Claro, São Paulo, Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

LIMA, J. E. F. W.; FERREIRA, R. S. A; CRISTOFIDIS, D., 1999. O uso da Irrigação no Brasil. In: *O Estado das Águas no Brasil* (Freitas, M. A V.), pp. ,73-101, Ministério do Meio Ambiente / Secretaria de Recursos Hídricos.

LUNDIN, M. & MORRISON, G. M., 2002. A life cycle assessment based procedure for development of environmental sustainability indicators for urban water systems. *Urban Water*, 4:145-152.

LUNDING, M.; BENGTSSON, M. & MOLANDER S., 2000. Life cycle assessment of wastewater systems: influence of system boundaries and scale on calculated environmental loads. *Environmental Science and Technology* 34:180–186.

MackELLAR, L., 1996. How Many Peoply Can the Earth Suport. *Population and Development Review*, 22:455-476.

McCONNELL, R. L., 1995. The human population carrying capacity of the Chesapeake. *Population & Environmental.Socio/Environmental*, 16:335-351.

MOTA, J. A., 2000. A valoração de ativos ambientais como subsídio à decisão pública. Tese Doutorado, Brasília, UnB.

MOTAVALLI, J. P. & EHRLICH, A., 1996. The countdown continues on the population bomb. *The Evironmental Magazine. Socio/Environmental*, 7:720.

NIEMEZYNOWICZ, J., 1993. New aspects of sewerage and water tenology. *Ambio*, 11(7): 449-455.

O ESTADO DE SÃO PAULO, 2000. Plano de saneamento deve ser anunciado em dois meses. *O Estado de São Paulo*, São Paulo, 20 mar., Geral.

OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), 1993. OECD Core set of indicators for environmental performance reviews. A synthesis report by the group on the state of the environments. Environment Monographs N° 83. Paris: OECD.

ONU (Organização da Nações Unidas), 1992. *Agenda 21 – Conferência das Nações Unidas sobre o meio ambiente e desenvolvimento*. Senado Federal: Brasília.

OPAS (Organização Pan Americana de Saúde), 2001. *Programa de Saneamento Básico e Cidadania*. OPAS Divisão de Saúde e Ambiente. Washington: OPAS.

OXLEY, T. & JEFFREY, P., 2002. *Modelling the impact of water reuse strategies on hydrologic flows in the Blackwater & Chelmer catchments, UK*. January, 2003 <http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/pdf/volume%20uno/105_jeffrey.pdf>.

PARANÁ (Estado), 1989. Lei nº 8935, 07 de março de 1989. Dispõe sobre requisitos mínimos para as águas provenientes de bacias mananciais destinadas ao abastecimento público e adota outras providencias.

POSTEL, S., 1994. Carrying capacity: earth's bottom line. *Challenge*, 37:4-12.

PROUST, M., 1998. Introdução.

<<http://www.eps.ufsc.br/disserta98/moreira/cap1.html>>

REES, W. E., 1996. Revisiting carrying capacity: Area- based indicators of sustainability. *Population & Environmental. Socio/Environmental*, 17:195-215.

RUBENSTEIN, E. 1994. Malthus does Cairo. *National Review*, 46:18.

SHEN, T. T., 1995. *Industrial pollution prevention*. Berlin: Springer.

SILVA, A. N., 2000. *Ensaio sobre o crescimento populacional e a capacidade de suporte dos recursos naturais*. Dissertação de mestrado, Brasília, UNB.

SOUZA, J. L.; LIMA, J. M. A., 1996. Uso do quiabo como auxiliar de floculação. In: XXV Congresso Interamericano de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Cidade do México.

SPANGENBERG, J. H. & BONNIOT, O., 1998. *Sustainability Indicators – A Compass on the Road Towards Sustainability*. Wuppertal Paper, 81.

STERN, P. C. *et al.*, 1993. *Mudanças e Agressões ao Meio Ambiente*. São Paulo: Makron Books.

TEIXEIRA, A. C., 1994. *A análise da tomada de decisões em Recursos Hídricos: a abordagem multicriterial e o paradigma analítico-racional*. Dissertação de Mestrado, Campinas, São Paulo, Faculdade de Engenharia Civil, UNICAMP.

TILLMAN, A. M., LUNDSTRÖM H. & SVINGBY, M., 1998. Life cycle assessment of municipal waste water systems. *International Journal of LCA*, 3(3):145–157.

TUCCI, C. E. M., HESPANMHOL, I. & CORDEIRO, O., 2000. Relatório Nacional sobre o Gerenciamento da Água no Brasil. Rio Grande do Sul: Instituto de Pesquisas Hidráulicas – Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

International Journal of LCA, 3(3):145–157.

UNCSD (United Nations Commission on Sustainable Development), 1996. Indicators of sustainable development framework and methodologies. New York: United Nations.

UNITED NATIONS (ONU), 1997. *Critical Trends, Global Change and Sustainable Development*, New York, USA.

VARIS, O. & SOMLYÓDY, L., 1997. Global urbanization and urban water: can sustainability be afforded?. *Water Science and Technology*, 35(9):21–32.

VON SPERLING, M., 1995. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. In: *Princípios do tratamento biológico de águas residuárias*, v. 1, p. 240, Belo Horizonte, Universidade Federal de Minas Gerais.

WALKER, W., RICHARDSON, S. & SEVEBECK, K., 1991. A comprehensive approach to water conservation. *Proceedings of the International Seminar on Efficient Water Use*, 763-769.

WCED (World Commission for the Environment and Development), 1987. *Our Common Future*, Oxford, Oxford University Press.

WHO (World Health Organization), 2000. *Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report*. Report of The WHO and UNICEF Joint Monitoring Programme for Water Supply and Sanitation, WHO Water supply and sanitation sector monitoring. Washington: WHO.

ANEXO I

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
Cozinha Industrial (Sede SABESP)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos; · Instalação de equipamentos economizadores (01 torneira de acionamento com pedal, 05 arejadores tipo econômico, 02 chuveirinhos dispersantes); · Campanha educacional. 	R\$ 500,00	320 m ³ /mês R\$ 1.405,70	133 m ³ /mês R\$ 472,00	58,44 %	16 dias
Cozinha Industrial (Ford Ipiranga)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos; · Instalação de equipamentos economizadores (01 torneira de acionamento com pedal, 05 arejadores tipo econômico, 02 chuveirinhos dispersantes); · Campanha educacional. 	R\$ 6.935,57	2.374 m ³ /mês R\$ 24.406,26	1.129 m ³ /mês R\$ 11.532,96	52,44 %	16 dias

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água – Continuação (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
Condomínio Jardim Cidade (Moema - SP)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e correção de vazamentos na rede de distribuição, reservatórios e pontos de consumo; · Substituições dos equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água. 	R\$ 4.000,00	1.460 m ³ /mês R\$ 7.013,54	1.045 m ³ /mês R\$ 4.996,64	28,50 %	2 meses
CEAGESP (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Troca parcial de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água; · Campanha educacional; 	R\$ 212.000,00	65.000 m ³ /mês	44.540 m ³ /mês	31,48 % (**)	(**)

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água – Continuação (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
USP Campus Cidade Universitária – 27 Unidades (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Troca parcial de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água; · Campanha educacional; · Estudo para reaproveitamento de água. 	R\$ 2.000.000,00	142.247 m ³ /mês R\$ 1.470.693,08	105.377 m ³ /mês R\$ 825.423,77	31,10 %	1,3 meses
USP 7 Unidades (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Troca parcial de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água; · Campanha educacional; · Estudo para reaproveitamento de água. 	R\$ 1.000.000,00	83.219 m ³ /mês	50.204 m ³ /mês	39,67 %	06 meses

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água – Continuação (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
USP 20 Unidades (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Troca parcial de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água; · Campanha educacional; · Estudo para reaproveitamento de água. 	R\$ 1.000.000,00	59.028 m ³ /mês	49.000 m ³ /mês	8,62 %	08 meses
Sede SABESP (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Instalações de arejadores; · Substituição de torneiras e bacias sanitárias; · Eliminação dos vazamentos; · Campanha educativa; · Regulagem dos equipamentos. 	R\$ 15.811,14	1.330 m ³ /mês R\$ 11.753,88	512 m ³ /mês R\$ 4.389,00	61,50 %	2,3 meses

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água – Continuação (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
Palácio dos Bandeirantes (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Campanha educativa e ambiental; · Sistema de gerenciamento de consumo setorizado. 	R\$ 164.000,00	4.292 m ³ /mês R\$ 50.014,41	2.774 m ³ /mês R\$ 24.201,68	35,37 %	6,3 meses (***)
IPT Auditoria da Água (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> · Detecção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; · Trocas de reparos de registros, castelos e vedantes; 	R\$ 3.000,00	305.000 m ³ /mês R\$ 1.372.465,70	142.000 m ³ /mês R\$ 638.965,70	35,37 %	(***)

Anexo I. Exemplos da aplicação de projetos de uso racional da água – Continuação (*)

Local	Ações Realizadas	Custo do Investimento	Consumo Médio Antes da Intervenção	Consumo Médio Após a Intervenção	Impacto da Intervenção (redução do consumo)	Período de Retorno
Escola Vera Cruz (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> Instalações de 16torneiras de fechamento automático. 	R\$ 2.384,00	2.826 m ³ /mês R\$ 20.382,96	2.110 m ³ /mês R\$ 14.955,76	25,34 %	06 meses
Lar Batista (São Paulo)	<ul style="list-style-type: none"> Deteção e conserto de vazamentos visíveis e não visíveis na rede distribuidora, reservatórios e instalações hidráulicas prediais; Troca parcial de equipamentos convencionais por equipamentos economizadores de água; Campanha educacional. 	R\$ 12.000,00	491 m ³ /mês	386 m ³ /mês	21,39 %	11 meses

Fonte: SABESP

O custo do investimento inclui material, consultoria e mão de obra.

(*) Valores aproximados.

(**) Economia mensal média de R\$ 238.000,00. Período de retorno não calculado (imediatamente).

(***) Com contrato de tarifação pública.

(****) Não calculado (imediatamente).

ANEXO II

Anexo II. Níveis relativos da sustentabilidade ambiental das infra-estruturas urbanas de água

Nível	Características da infra-estrutura	Características da organização
A	Tecnologia limpa. Uso eficiente dos recursos naturais e minimização de esgotos. Tecnologias de separação das fontes. Reciclagem de nutrientes e água.	Tentativas de identificar e adotar práticas sustentáveis. Reconhecimento da necessidade de colaboração entre fornecedores, clientes e outros grupos interessados. Consciência da sustentabilidade ambiental e potenciais benefícios para a companhia. Tomadas de decisão proativas.
B	À frente dos padrões de proteção ambiental, mas ainda focado na concordância com a legislação. Monitoração regular da qualidade da água potável, água de chuva e esgoto. Tratamentos de fim de linha avançados, recuperação de energia.	Restrições financeiras, legais e de infra-estrutura. Planejamento localizado do tratamento de esgoto. Preocupação com a satisfação do cliente e a percepção pública.
C	Satisfaz dos padrões mínimos de proteção ambiental e objetivos de saúde.	Tomadas de decisão reativas, confiança nas reclamações dos consumidores.
B	Não alcança a demanda por suprimentos de água e saúde pública. Incerteza na provisão básica diária. Monitoração ambiental mínima.	Operação e manutenção inadequada. Custo-benefício inadequado. Alta taxa de expansão.