

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

ABUNDÂNCIA E ESCASSEZ DA ÁGUA:
A COBRANÇA PELO USO — UM MODELO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS
APLICÁVEL À BACIA HIDROGRÁFICA GL-1, PERNAMBUCO

JORGE ALBINO DANTAS CORDEIRO

ALUNO

PROF. ALEXANDRE STAMFORD

ORIENTADOR

RECIFE

2003

JORGE ALBINO DANTAS CORDEIRO

**ABUNDÂNCIA E ESCASSEZ DA ÁGUA:
A COBRANÇA PELO USO — UM MODELO DE FORMAÇÃO DE PREÇOS
APLICÁVEL À BACIA HIDROGRÁFICA GL-1, PERNAMBUCO**

**Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do grau de Mestre. Programa de
Pós-Graduação em Economia $\frac{3}{4}$ PIMES,
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PER-
NAMBUCO.**

ORIENTADOR: PROF. ALEXANDRE STAMFORD

RECIFE

2003

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA
PIMES / PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA

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

Jorge Albino Dantas Cordeiro

A comissão examinadora composta pelos Professores abaixo, sob a presidência do primeiro,
considera o candidato JORGE ALBINO DANTAS CORDEIRO _____.

Recife, ____/____/____

Prof. Dr. Alexandre Stamford
Orientador

Prof. Dr. Yony de Sá B. Sampaio
Examinador Interno

Prof. Dr. José Almir Cirilo
Examinador Externo / Deptº. de Engenharia Civil

Aos meus pais

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter-me proporcionado nascer em um verdadeiro LAR;

Aos meus pais, a quem devo tudo, pelo amor e desvelo a mim votados;

Ao meu orientador, Prof. Dr. Alexandre Stamford, sem o qual aqui não chegaria, pelo conhecimento, dedicação, atenção, solicitude e amizade empenhados;

À minha irmã, por toda a ajuda prestada;

À Doutoranda e Mestre em Engenharia Margarida Regueira, grande amiga e incentivadora;

Ao Contador Ivanilton Varejão, amigo de todas as horas e profissional exemplar;

Aos colegas de curso, especialmente a Beatriz (Bia), Éverton, Gláucio e Pablo; mais do que colegas, amigos a quem aprendi admirar;

Aos Profs. Drs. Francisco Souza e Hermino Ramos, pela confiança depositada;

A todo o corpo técnico dos órgãos visitados, pela conclusão da pesquisa encetada;

À secretária Patrícia Alves, do PIMES, por paciente e prestativa;

Aos colegas da Execução Financeira do TRE-PE, por suportarem meus humores;

A todas as pessoas que contribuíram à empreitada ora finda.

*Pode-se esquecer as pessoas com quem
rimos; mas nunca com quem choramos...*

Kahlil Gibran

RESUMO

Discute-se a racionalidade de instituição de contraprestação pela utilização da água dos mananciais integrantes da bacia hidrográfica de pequenos rios litorâneos **GL-1**, valendo-se de metodologia de formação de preços públicos capazes de minimizar os impactos negativos na economia, ensejando melhora na alocação dos recursos hídricos entre os setores envolvidos. Para tal, conjecturam-se cenários de concessão ou não de subsídios pelo Poder Público, em caso afirmativo tomados em patamares de 10% (dez por cento), 25% (vinte e cinco por cento) e 50% (cinquenta por cento) do investimento total anual — advindo do *Programa de Infra-Estrutura em Áreas de Baixa Renda* (PROMETRÓPOLE), abeirado a R\$21.000.000 (vinte e um milhões de reais) — a ser repassado aos consumidores locais. Adstringindo-se à atividade de abastecimento humano — responsável por avizinhados 74% (setenta e quatro por cento) das requisições hídricas da unidade em comento — anotar-se-iam, em se assumindo o gravame excogitado, acréscimos no valor mensal pago pelas populações de baixa e alta renda entremeando de 2,99% (dois inteiros e noventa e nove centésimos percentuais) a 28,13% (vinte e oito inteiros e treze centésimos percentuais) — relativos àquelas — e 3,05% (três inteiros e cinco centésimos percentuais) a 28,62% (vinte e oito inteiros e sessenta e dois centésimos percentuais), quanto a estas; aventa-se, com o fito de atenuar o impacto decorrente da imposição de semelhante encargo, graduar-se-lhe o implemento, exigindo frações sucessivas e ascendentes sobre os preços dimensionados. Justifica-se a cobrança como meio de correção das distorções de mercado, impondo aos usuários considerar os efeitos das respectivas decisões de consumo e produção sobre os demais agentes do sistema.

ABSTRACT

It is argued the rationality of the institution of the charge for the use of the water appertained to the river basin composed of small littoral rivers called **GL-1**, using the theory of the public prices. This theory is capable to minimize the negative impacts on the economy, improving the distribution of water resources among the interested sectors. In order to determinate the prices, two hypothesis are considered: first, the concession of subsidies, when they are adopted in the values of 10%, 25% and 50% of the total annual investment of R\$21,000,000 originated from the *Infrastructure Program in Areas of Low Income* (PROMETRÓPOLE); and second, without the concession of subsidies. In the hypothesis of initiating the collection, the low income populations will have an increase in their charges between 2.99% and 28.13%, while populations of high income will have additions between 3.05% and 28.62%, considering the activity of human supplying that demands 74% of the river basin water. To reduce the impact of the charges on the consumers, it is proposed a gradual implementation of the collection that would increase annually until reaching the total calculated prices. The collection is justified due the fact that it could correct market failures, making users consider the effect of the respective consumption and production's decisions over the rest of the system's agents.

APRESENTAÇÃO

Dispõe-se o trabalho em 8 capítulos:

A **Introdução** discorre sobre a evolução da gestão hídrica no Brasil, citando os estudos realizados e revelando os objetivos da presente elaboração. Os capítulos 2 e 3 fornecem diagnóstico da cena hídrica no Mundo e no Brasil — por intermédio de dados hidrológicos os mais diversos, como vazão, distribuição física etc. —, alertando ao iminente quadro de escassez em diferentes regiões do Planeta. O capítulo seguinte (4), enfoca os aspectos legais e institucionais vinculados ao tema em comento, destacando o advento da Lei nº 9.433/97, marco no aparato normativo em nosso país, ao prever a criação de Comitês de bacias e as figuras da **outorga** e **cobrança pelo uso** da água. Os capítulos 5 e 6 cuidam do referencial metodológico em que se funda o encargo ora cogitado, incorporando as externalidades negativas — danos mutuamente provocados entre indivíduos — aos custos privados, consubstanciando o conceito de custo social; adicionalmente, e não menos importante, defendem a adoção da regra dos preços públicos — formulação alternativa ao ótimo usual do preço equivalente ao custo marginal — como meio de internalização de externalidades e consecução de padrões econômicos e distributivos de excelência. O capítulo 7 centra-se no estudo de caso, qual seja, o estabelecimento de **preços** a serem praticados no âmbito do conjunto hidrográfico **GL-1**, pelo emprego em fins de **abastecimento humano**, **esgotamento sanitário** e **irrigação**. Por intermédio de estimativas do *preço de reserva* — isto é, valor do bem em uso alternativo — simulam-se cenários em que se faria exequível o implemento do gravame. Os **comentários finais** sugerem temas passíveis de se desenvolver em estudos ulteriores; conclui advogando reúnam-se às metas de eficiência econômica e viabilidade financeira parâmetros sociais e ambientais, coadunado-se à noção de *desenvolvimento sustentável*.

SUMÁRIO

LISTAS	11
FIGURAS	11
MAPAS	11
TABELAS	11
1. INTRODUÇÃO	13
1.1 ÁGUA: UM BEM ECONÔMICO	13
1.2 DUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS: ABUNDÂNCIA X ESCASSEZ	14
1.3 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA EM GESTÃO	16
1.4 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA: ELEMENTO DE GESTÃO	18
1.4.1 MUNDO	21
1.4.2 BRASIL: APLICAÇÕES OBSERVADAS	22
1.4.3 BRASIL: ESTUDOS REALIZADOS	23
1.5 OBJETIVOS	27
2. MUNDO: PANORAMA HÍDRICO	30
2.1 EXPLANAÇÃO INICIAL	30
2.2 ESTOQUE DE ÁGUAS	31
2.3 RIOS	32
2.4 APLICAÇÕES	33
2.5 DISPONIBILIDADE E DEFICIÊNCIA	36
3. BRASIL: ASPECTOS DOS RECURSOS HÍDRICOS	41
3.1 PREÂMBULO	41
3.2 AVALIAÇÃO E USO	41
3.2.1 UNIDADES HIDROGRÁFICAS DE REFERÊNCIA (UHR)	41
3.2.2 INDICADORES SÓCIO-ECONÔMICOS	41
3.2.3 CENA HÍDRICA	44
3.2.4 DEMANDAS/DISPONIBILIDADE	48
4. GERENCIAMENTO HÍDRICO	51
4.1 EVOLUÇÃO E ARCAPOUÇO JURÍDICOS	51
4.2 FUNDAMENTOS	54
4.3 ARRANJO INSTITUCIONAL	55
5-INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	56
5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS	56
5.2 EXTERNALIDADES	57
5.3 ESCOPO DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS	60
5.3.1 FULL-COST PRICING	60

5.3.2 EFICIÊNCIA E EQUIDADE	62
5.3.3 CLASSIFICAÇÃO	63
6. ASPECTOS TEÓRICOS/METODOLÓGICOS	77
6.1 VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA	77
6.2 DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DE DEMANDA	77
6.2.1 DEMANDA ORDINÁRIA	78
6.2.2 DEMANDA TUDO OU NADA	79
6.2.3 PREÇO DE RESERVA	81
6.2.4 MÉTODO DA AVALIAÇÃO CONTINGENTE	83
6.3 INSTRUMENTOS ECONÔMICOS: A COBRANÇA PELO USO	84
6.4 ALOCAÇÃO ÓTIMA: EXTERNALIDADES	85
6.5 METODOLOGIAS DE COBRANÇA	87
6.5.1 PREÇO PÚBLICO: CUSTO MÉDIO X CUSTO MARGINAL	88
6.5.2 PREÇOS ÓTIMOS (TEORIA DO SECOND BEST)	90
6.6 APÊNDICE – CAPÍTULO 6	96
7. PERNAMBUCO: BACIA GL-1	101
7.1 CARACTERIZAÇÃO	102
7.2 USOS CONSUNTIVOS	106
7.3 DESENVOLVIMENTO ANALÍTICO	111
7.3.1 PREÇOS DE RESERVA	111
7.3.2 DEMANDAS TUDO OU NADA, DEMANDAS ORDINÁRIAS E ELASTICIDADES-PREÇO	119
7.3.3 CUSTOS	122
7.3.4 DETERMINAÇÃO DOS PREÇOS PELO USO DA ÁGUA	129
7.3.5 ESTIMAÇÃO DE RECEITAS	137
8. COMENTÁRIOS FINAIS	141
8.1 SUGESTÕES	142
8.2 CONCLUSÃO	143
9. BIBLIOGRAFIA	145

LISTAS

FIGURAS

<i>Figura 2.1. A água doce no mundo</i>	31
<i>Figura 2.2 Dinâmica mundial do uso consuntivo da água segundo o tipo de atividade econômica</i>	34
<i>Figura 2.3 Classificações de disponibilidades hídricas</i>	37
<i>Figura 2.4 Disponibilidade hídrica em valores relativos a 1950</i>	39
<i>Figura 5.1 Definição econômica de poluição ótima</i>	58
<i>Figura 5.2 Custos de produção e custos externos</i>	61
<i>Figura 5.3 Poluição ótima por barganha</i>	65
<i>Figura 5.4. Taxa ótima de poluição</i>	70
<i>Figura 5.5 Taxação de poluição e direitos de propriedade</i>	71
<i>Figura 5.6. Poluição ótima: a abordagem dos custos de redução</i>	72
<i>Figura 5.7 Equilíbrio da indústria: taxas X subsídios</i>	74
<i>Figura 6.1 Funções de demanda ordinária e tudo ou nada</i>	80
<i>Figura 6.2 Distorção entre custos social e privado</i>	86
<i>Figura 6.3 Custo médio X custo marginal</i>	89
<i>Figura 7.1 Curva de demanda</i>	120

MAPAS

<i>Mapa 2.1 Disponibilidade de água no mundo: 1950</i>	38
<i>Mapa 2.2 Disponibilidade de água no mundo: 1995</i>	38
<i>Mapa 2.3 Disponibilidade de água no mundo: 2025</i>	38
<i>Mapa 3.1 PIB per capita nas UHRs (1999)</i>	42
<i>Mapa 3.2 IDH nas Regiões Hidrográficas</i>	43
<i>Mapa 7.1 Bacia GL-1</i>	101

TABELAS

<i>Tabela 1.1. Panorama hídrico: países europeus x unidades da federação brasileira</i>	15
<i>Tabela 1.2 Experiências internacionais de cobrança pela água bruta</i>	21
<i>Tabela 2.1. Períodos de renovação dos recursos hídricos na Terra</i>	33
<i>Tabela 2.2 Dinâmica mundial de consumo hídrico segundo o tipo de atividade econômica (em percentuais)</i>	35

Tabela 2.3 Dinâmica mundial de consumo hídrico segundo o tipo de atividade econômica (km³/ano)	35
Tabela 2.4 Dinâmica mundial de captação hídrica segundo o tipo de atividade econômica (em percentuais)	36
Tabela 2.5 Vazões médias e disponibilidades hídricas continentais	37
Tabela 3.1 Taxas de urbanização por UHRs	44
Tabela 3.2 Balanço hídrico resumido por UHRs (I)	45
Tabela 3.3. Demandas segundo atividade econômica por UHRs (em percentuais)	48
Tabela 3.4 Balanço demanda/disponibilidade nas UHRs	50
Tabela 7.1 Áreas dos municípios inseridos na GL-1	102
Tabela 7.2 Classe de vegetação e uso do solo (bacia GL-1)	104
Tabela 7.3 Carga orgânica potencial de esgotos (GL-1)	105
Tabela 7.4 Destinação final de resíduos sólidos (GL-1)	105
Tabela 7.5 Carga poluidora industrial por bacia (GL-1)	106
Tabela 7.6 Critérios adotados na construção das cenas (bacia GL-1)	107
Tabela 7.7 Demandas, consumos e retornos – cenário atual (m³/ano)	107
Tabela 7.8 Demandas, consumos e retornos – cenário tendencial (m³/ano)	108
Tabela 7.9 População atual/projetada (GL-1)	108
Tabela 7.10 Apropriação, proteção e controle dos recursos hídricos (GL-1)	110
Tabela 7.11 Investimentos: Sistemas de Conceição e Janga (milhões de reais)	115
Tabela 7.12 Investimentos: Sistemas de Peixinhos, Aguazinha e outros (milhões de reais)	115
Tabela 7.13 Preços de reserva	119
Tabela 7.14 Demandas e elasticidades-preço	122
Tabela 7.15 Programação Orçamentária : projeto PROMETRÓPOLE	123
Tabela 7.16 Preços de racionamento	126
Tabela 7.17 Parâmetros úteis ao estabelecimento dos preços	129
Tabela 7.18 Preços estimados: GL-1	136
Tabela 7.19 Arrecadação anual prevista sem concessão de subsídios (R\$)	137
Tabela 7.20 Arrecadação anual prevista com concessão de subsídios (R\$)	137
Tabela 7.21 Receitas previstas: rateio percentual por atividade (em termos decimais)	138
Tabela 7.22 Impacto da cobrança no abastecimento humano: baixa renda x alta renda	139
Tabela 7.23 Adoção gradual do encargo: impactos anuais	140
Tabela 8.1 Possíveis cenários: 2000 a 2025	144

1. INTRODUÇÃO

1.1 ÁGUA: UM BEM ECONÔMICO

Convocada como evento preparatório da Conferência das Nações Unidas sobre Meio-Ambiente e Desenvolvimento do Rio de Janeiro (ECO92), a Conferência Internacional sobre Água e Meio-Ambiente, realizada em janeiro de 1992 na cidade irlandesa de Dublin, constitui-se marco na modernização dos sistemas de gestão hídrica. A Declaração de Dublin (ANA, 2002a) destaca a escassez e o desperdício do líquido como sérias e crescentes ameaças ao **desenvolvimento sustentável**¹ e à proteção ao meio-ambiente: a saúde e o bem-estar do Homem, a garantia de alimentos, a evolução industrial, o equilíbrio dos ecossistemas estarão sob ameaça caso o gerenciamento de solo e água se não revelarem adequados. Os chamados *Princípios de Dublin*, seminais em políticas do recurso natural, têm gênese na referida Conferência. São eles:

1. As águas doces são um recurso natural **finito e vulnerável**, essencial à sustentação da vida, desenvolvimento e meio-ambiente; injungem política integrada e considerada no todo, quer na bacia hidrográfica e/ou aquíferos;

2. A gestão e desenvolvimento hídricos baseiam-se na participação de todos, usuários, planejadores e gestores políticos, em todos os níveis;

3. As mulheres têm papel central na provisão e proteção da água;

4. A água é um recurso natural **dotado de valor econômico em todos os seus usos competitivos e deve ser reconhecida como um bem econômico**. [N.T]

A caracterização da água como bem econômico é, destarte, decorrência de sua escassez; atribuir-se-lhe preço é reconhecer-lhe o valor de uso e troca.

¹ Conceito introduzido pela Comissão Mundial do Desenvolvimento e Meio-Ambiente, organizada pelas Nações Unidas e presidida pela então Primeira-ministra da Noruega Gro Harlem Brundtland, definido como **meio de atender as necessidades da geração presente sem comprometer a habilidade das gerações futuras de satisfazer as próprias necessidades** (World Commission for the Environment and Development, 1987).

1.2 DUALIDADE DOS RECURSOS HÍDRICOS: ABUNDÂNCIA X ESCASSEZ

Imprescindível às várias formas de vida, a água cobre aproximados $\frac{3}{4}$ (três quartos) da superfície terrestre (UNESCO/SHI, 1999). O chamado ciclo hidrológico — processo dinâmico de evaporação e posterior precipitação, entre outros fenômenos — assegura-lhe constante renovação: tal distinção revestiu-a em aparente condição de inesgotabilidade, tornando pródigos seus usuários. O notável progresso tecnológico surgido no transcorrer do século XX conjugado a elevadas taxas de crescimento demográfico implicaram-lhe significativo incremento na captação. Considerando que à água doce correspondem parcos 2,7% do total dos recursos hídricos, e destes apenas 0,26% está acessível (UNESCO/SHI, 1999), mensura-se o sombrio quadro a avizinhar-se.

Relatório da Organização das Nações Unidas (ONU, 2002), operado por ocasião da *Johannesburg Summit 2002* (Cúpula de Joanesburgo ou Rio +10) projeta em 9,3 bilhões a população do planeta quando chegar a termo a primeira metade do século XXI, contra o registro de 6 bilhões em fins do ano 2000; o aumento, a exceder os cinquenta por cento, é precipuamente atribuído ao mundo em desenvolvimento, em contraste à tendência de estabilização exibida pelo países desenvolvidos. Avalia-se o volume captado entre 10% e 20% do total dos recursos hídricos renováveis. A oferta assimétrica e os proibitivos custos associados à transposição de águas por grandes distâncias denotam agudos entraves adicionais. Perto de 40% do contingente humano vivem em regiões geográficas banhadas por rios e seus afluentes com *disponibilidade hídrica (q)* inferior a 2.000 metros cúbicos por pessoa por ano — vale dizer, fixa-se em 2.500m³/pessoa.ano o índice mínimo de suficiência à vida em comunidade (Thame, 2000) —, restringindo-lhes continuamente a evolução. Findo o primeiro quarto do século XXI, estima-se fração próxima à metade dos habitantes da Terra ocupem áreas confrontadas a semelhantes deficiências. No dizer de Lester R. Brown (2001), *os governos não podem mais separar a política populacional do abastecimento de água*.

Segundo a Associação Interamericana de Engenharia Sanitária e Ambiental (AIDIS et al, 2001), a **relatividade da abundância**² da água (...) *está determinada pelas limitações temporais e espaciais que têm os regimes hídricos de cada bacia e de cada país*. Assim, a *disponibilidade hídrica (q)* é função da concentração e ascensão da demanda em zonas de constrito estoque, da *oferta hídrica natural* (calculada em termos dos níveis médios anuais de precipitação e caudais específicos de vazão) e da *regulagem hídrica* (capacidade do meio

² Grifo nosso.

natural em propiciar infiltração e recarga de modo a se originarem fluxos na ausência de chuvas); da deterioração da qualidade da água por sedimentos e contaminação.

Seja a Tabela 1.1:

Classificação	País	q (m ³ /hab.ano)	Unid. Feder.	q (m ³ /hab.ano)
Abundância	Finlândia	22.600	Rondônia	132.818
	Suécia	21.800	Acre	369.305
			Amazonas	878.929
			Roraima	1.747.010
			Pará	217.058
			Amapá	678.929
			Tocantins	137.666
			R. G. Sul	20.798
			M. G.Sul	39.185
			Mato Grosso	258.242
			Goiás	39.185
Muito rico	Irlanda	14.000	Maranhão	17.184
	Luxemburgo	12.500	Minas Gerais	12.325
	Áustria	12.000	Paraná	13.431
			Santa Catarina	13.662
Rico	Holanda	6.100	Piauí	9.608
	Portugal	6.100	Espírito Santo	7.235
	Grécia	5.900		
Média oferta	França	3.600	Bahia	3.028
	Itália	3.300	São Paulo	2.913
	Espanha	2.900		
Pobres	Reino Unido	2.200	Ceará	2.436
	Alemanha	2.000	R. G. Norte	1.781
	Bélgica	1.900	Alagoas	1.751
			Sergipe	1.743
			Rio de Janeiro	2.315
			D. F.	1.752
Situação crítica			Paraíba	1.437
			Pernambuco	1.320

Tabela 1.1. Panorama hídrico: países europeus x unidades da federação brasileira

Fonte: Adaptado de Thame, 2000ⁱ

Depreende-se do exame da tabela 1.1 pela irregular distribuição do líquido, ao oscilar da fartura — países como Suécia e Finlândia têm dimensões de q superiores aos 20.000 $m^3/hab.ano$ — à pobre oferta — índices menores de 2.500 $m^3/hab.ano$ —, a exemplo de Reino Unido, Alemanha e Bélgica. Se não difere o diagnóstico brasileiro, a despeito da preeminência em reserva de água doce: enquanto os Estados da região Norte — privilegiados pelo conjunto hídrico amazônico — revelam disponibilidades de 1.747.010 $m^3/hab.ano$ (Roraima) e 878.929 $m^3/hab.ano$ (Amazonas), **a situação afigura-se grave na Paraíba e em Pernambuco**, com índices abaixo dos 1.500 $m^3/hab.ano$. Os anos de 1998/1999 presenciaram a imposição de severo racionamento aos municípios da Região Metropolitana do Recife, infligido por rigorosa estiagem no Nordeste do Brasil; é ilustrativo o comentário extraído do *Jornal do Commercio*, periódico pernambucano, ao referir-se ao episódio: *Ironicamente, a mesma capital [Recife]³ que sempre temeu o inverno e as marés de agosto, sofre agora com a estiagem. Vive o maior racionamento d'água de sua história.*⁴

1.3 EXPERIÊNCIA BRASILEIRA EM GESTÃO

Os sistemas hídricos — com características de bens públicos suscetíveis a efeitos externos tecnológicos⁵ no consumo e produção — tipificam modelos em que as demandas reveladas e a oferta não contabilizam os reais custos e benefícios sociais, justificando a ação do Poder Público na consecução de objetivos socialmente ótimos e correção de distorções indesejáveis na alocação de recursos. Tais intervenções historiam-se a seguir.

Instituídos na primeira metade do século XX, o antigo Código Civil⁶ — **Lei Federal nº 3.071/16** — e o Código de Águas — **Decreto nº 24.643/34** — instauram a etapa primeira da administração brasileira de recursos hídricos, denominada **modelo burocrático**, com fulcro no cumprimento dos diplomas então vigentes. Restringia-se o desempenho, portanto, à obediência a vasto conjunto normativo — no mais das vezes contraditório e de difícil interpretação (Borsoi/Torres, 1997) — com centralização do poder decisório, pouca adaptação às vicissitudes inerentes ao processo e irrelevância à matéria ambiental. O enfoque **econômico-financeiro** — fase subsequente, inaugurada pela criação da CODEVASF, em 1948 — submetia-se à orientação dupla: prioridades setoriais do governo — permitindo a realização de planejamento e canalização de recursos financeiros para investimentos em segmentos usuá-

³ Comentário nosso.

⁴ EDIÇÃO comemorativa 80 anos. *Jornal do Commercio* [on line]. Recife, 1999. Disponível : <<http://www.jc.com.br>> [capturado em 19 jun 2002].

⁵ Ver capítulo 5.

rios como irrigação, geração de energia, saneamento etc. — e desenvolvimento multisetorial da bacia hidrográfica. Teve por estéreis os esforços de tornar compatíveis as iniciativas temporais e espaciais de emprego e proteção do recurso natural: ao revés, privilegiaram-se certas atividades, ensejando conflitos de utilização, a exemplo do ocorrido no esquema **burocrático**.

Dessemelhando-se das práticas anteriores, a **visão sistêmica de integração participativa** intenciona conjugar ao crescimento econômico a equidade social e o equilíbrio ambiental, na forma de **negociação social**, ênfase moderna do gerenciamento hídrico, revigorado por aspectos introduzidos no texto da **Constituição Federal/88**⁷; destaca-se a extinção do domínio privado da água — previamente admitido pelo Código de Águas —, predominando o princípio do **bem coletivo** de domínio da União e Estados-membros, em função da localização do manancial.⁸

Firmando a tendência encetada, a **Política Nacional de Recursos Hídricos**⁹, vertida na **Lei 9.433/97**, de 08/01/97, que institui o **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, constituindo-se-lhes marco na administração, incorpora princípios universalmente aceitos e postos em prática em diversos países; sinaliza à integração entre as gestões ambiental e de água, considerando as inter-relações entre os recursos naturais, consoante formula a **Agenda 21** (1992); prevê a elaboração de Planos de Recursos Hídricos (**art. 6º e seguintes**) — consolidando estratégias de utilização, preservação e proteção do líquido —, **outorga de direito de uso (art. 11 e seguintes)** — meio de assegurar e controlar as prerrogativas sobre o emprego do recurso — **cobrança pelo uso da água (art.19 e seguintes)** — reconhecendo-lhe valor econômico e incentivando racionalize-se-lhe a utilização; concebe os organismos imprescindíveis à execução das novas atitudes, agora circunscritas à base territorial diversa da divisão político-administrativa do país — o dispositivo legal conceitua como unidades de planejamento as **bacias hidrográficas** — impossibilitando-as se exerçam pela estrutura atual. Não obstante mantém e reforça a competência dos órgãos existentes nos âmbitos federal, estadual e municipal: sobrepõe-se sem se opor, portanto, à organização vigente (Tucci/Hespanhol/Cordeiro Neto, 2001); mira asseverar à gestão viabilidade financeira, ao destinar os recursos arrecadados com a contraprestação pelo emprego da água aos custos intrínsecos ao funcionamento do sistema e à constituição dos financiamentos das intervenções identificadas no planejamento; estabelece parceria original entre o Poder Público e a socieda-

⁶ Substituída pela **Lei 10.406/02**, que institui o novo Código Civil.

⁷ Ver seção **4.1**.

⁸ **Constituição Federal/88, arts. 20, III e 26, I**.

⁹ Ver capítulo **4**.

de civil — consubstanciada pelo advento dos **Comitês de Bacia**¹⁰ quanto ao gerenciamento do bem de domínio público.

Por defeso aos Estados-membros legislar sobre águas¹¹ — via impedimento constitucional expresso¹² — as respectivas Constituições e decorrentes leis reguladoras abordam políticas, diretrizes e critérios de gerência de mananciais **sob seus domínios**.

Por autônomos — ainda sob o pálio da carta magna, em seu **art. 18** —, organizam-se e regem-se segundo ordenamento jurídico próprio, reservando-se-lhes as competências por aquela não vedadas. Tratando-se de bens públicos ínsitos entre os seus ativos, têm essas entidades federativas o poder-dever de sobre eles exercer auto-tutela e discricionariamente lhes outorgar o direito de utilização, sob as condicionantes estabelecidas pela União.¹³

Em Pernambuco, a Lei nº **11.426/97**, em 17/01/97, regulamentada pelo Decreto nº **20.269/97**, de 26/03/98, dispondo sobre **Política e Plano Estaduais de Recursos Hídricos**, assemelha-se aos fundamentos da regra nacional, adotando, dentre outros, o instituto de outorga (**art. 6º**) e participação de usuários por intermédio dos **Comitês de Bacias Hidrográficas** (**art. 28**). A Lei nº **11.427/97**, de 17/01/97, regularizada pelo **Decreto 20.423**, em 26/03/98, cuida da conservação e proteção das águas subterrâneas, seguindo em linhas gerais os princípios previamente mencionados.

1.4 COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA: ELEMENTO DE GESTÃO

Duas categorias básicas prestam-se à administração e controle dos recursos hídricos, a exemplo do ocorrido à maioria dos recursos naturais: instrumentos **regulatórios (comando e controle)** e de **natureza econômica**¹⁴: estes consideram a presença de mercado (real ou fictício) de **preços ou cobrança**, feita pelo uso do líquido ou emissão de poluentes; aqueles, valendo-se de meios normativos/administrativos específicos, impõem padrões de captação, de emissão de rejeitos e condições de meio-ambiente. Embora divirjam em conceito e aplicabilidade, aliam-nos as implementações de políticas ambientais em diferentes nações, posto pareçam-se quanto aos escopos, quais sejam, racionalização do emprego do bem e preservação da natureza.

¹⁰ Ver capítulo 4.

¹¹ Consoante Pompeu (2000), o que se proíbe é a **criação do direito**, não se confundindo com a edição de regras **meramente administrativas** para gerenciamento de suas águas, que desde sempre se lhes aquiesceram.

¹² Diz o **art. 22, IV**: (...) *Compete privativamente à União legislar sobre (...) águas, energia, informática, telecomunicações e radiodifusão*.

¹³ Ver seção 4.1.

¹⁴ Ver capítulo 5.

Acorde recorrido, fundamenta-se a Lei 9.433/97, entre outras premissas, na conceituação do líquido como bem de domínio público — referendando o disposto na Constituição Federal/88 — atribuindo-lhe valor ao prever se lhe determinem **preços** pelo emprego; utiliza-se dos princípios poluidor-pagador (*Polluter-Pays Principle*)¹⁵ — imputa ao poluidor os custos necessários à prevenção e combate à poluição, conotando-se alocador de custos — e usuário-pagador — submete os usuários de recursos naturais à aplicação de dispositivos econômicos¹⁶, revertendo-os em benefício da comunidade.

O instituto da **cobrança**, de natureza jurídica controversa¹⁷, proporciona recursos com aplicação específica na bacia hidrográfica em que se gravou, mormente em obras promotoras de melhor oferta hídrica, quer qualitativa ou quantitativamente.

De acordo com Lanna (2001), **três são as situações passíveis do encargo**¹⁸:

a) uso da água disponível no meio-ambiente como fator de produção, bem de consumo final e/ou receptor de resíduos;

b) captação, regularização, transporte, tratamento e distribuição hídricos (abastecimento a usuários domésticos, agrícolas, industriais, etc.);

c) coleta, transporte, tratamento e destinação final de esgotos (esgotamento sanitário).

Destarte, apresentam-se suscetíveis ao gravame as águas **quer em estado bruto** — prescindindo da realização de investimentos públicos a ofertá-las — **ou não** — demandantes de inversões financeiras necessárias a lhes assegurar a disponibilidade (contextos **b** e **c**). É escusado dizer-se, quanto às últimas, tenham **as respectivas prestações comumente cobradas** pelas companhias de abastecimento. A Lei 9.433/97 inovaⁱⁱ ao cogitar se **pague pelo emprego definido na conjuntura a (art. 12, incisos I e III e art. 20)**.

¹⁵ O Conselho da Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômicos (OCDE), em 26/5/1972, aprovou a *Recomendação sobre os princípios diretores relativos aos aspectos econômicos das políticas ambientais sobre o plano internacional*, instituindo o princípio do **poluidor-pagador** (*Polluter-Pays Principle*), firmando que (...) *ao poluidor devem se imputar todas as despesas relativas às iniciativas dos Poderes Públicos para que o meio-ambiente situe-se em padrão aceitável. Em outros termos, os custos dessas políticas repercutirão no custo dos bens e serviços que originaram a poluição, em função da produção e/ou de seu consumo. De uma forma geral, tais medidas não devem ser acompanhadas de subvenções suscetíveis de engendrar distorções importantes no comércio e nos investimentos internacionais (...)* (Fontenele, 1999).

¹⁶ Remetemos o leitor ao capítulo 5.

¹⁷ Discute-se-lhe a tipificação como **preço público** ou **tarifa** (Pompeu, 2000).

¹⁸ Com adaptações.

No modelo brasileiro, aos comitês de bacia dá-se atribuição de opinar sobre os valores do encargo a serem praticados (**Lei 9.433/97, art 37, VI**), deixando às agências de água a pretensa cobrança, mediante delegação do outorgante (**art 44, III, ibidem**).¹⁹

Entre as metas a serem alcançadas pelo elemento em tela, Bezerra e Munhoz (2000) arrolam:²⁰

- Eficiência econômica: estímulo à utilização produtiva do bem em comento, evitando desperdícios;
- Conservação ambiental: incitando incorporação de custos aos usuários por quaisquer impactos causados à natureza;
- Redistribuição de renda: visando ajustar distorções de mercado e estabelecer princípios de justiça ou equidade;
- Financiamento de gestão: auferir receitas, recuperação dos investimentos, custos operacionais e de manutenção, além da gestão de recursos essenciais à expansão dos serviços.

A **cobrança pelo uso** dos recursos hídricos modifica a concepção ortodoxa vigente da livre acessibilidade ao líquido. No dizer de Rebouças (2002, p. 84), (...) *a visão dos rios que nunca secam sobre mais de 90% do território nacional e as convicções culturais e religiosas que tratam a água como um bem livre da natureza certamente dão suporte à idéia de que, ao captá-la livremente de um rio, açude ou poço, ela seja gratuita* (...). Característica peculiar do instituto afigura-se ao induzir o usuário a racionalizar o emprego do recurso, atenuando — ou mesmo eliminando — o gravame que se lhe impõe: *trata-se de sistema de cobrança cujo sucesso resulta na diminuição de arrecadação* (Kelman, 2000, p. 103).

Constitui-se em desafio à sociedade, ao *modificar a atual idéia, historicamente estabelecida, de que a expansão de oferta é a única solução aos problemas de escassez temporária de recursos hídricos numa determinada região* (Rebouças, 2002, p. 86).

¹⁹ Para os corpos d'água de domínio da União; cabe aos Estados-membros deliberar a respeito dos mananciais ínsitos em seus territórios: em Pernambuco, a **Lei 11.426/97** reveste o Comitê Estadual de Recursos Hídricos na proposição de critérios referentes à cobrança pelo uso da água (**art. 27, IX, c**), a ser efetuada pelos Comitês de Bacias Hidrográficas (**art. 29, XIII**).

²⁰ Com adaptações.

1.4.1 Mundo

A **geração de receitas** vinculadas a setor específico — incentivando assim os usuários ao pagamento porquanto dele se beneficiam diretamente — com **menor ênfase** à eficiência econômica e/ou estímulo aos participantes para que mudem os padrões de consumo — malgrado assome-se tendência à introdução de **preços públicos**²¹ (Azevedo/Baltar/Freitas, 2000) — orienta, de ordinário, os sistemas de encargos sobre água bruta na cena internacional. Atendem-se por conseguinte os **custos** referentes à prestação de serviços hídricos e controle de poluição, atendendo-se de maneira débil a aspectos ambientais específicos. Nessa conjuntura, impera-se sobressaia a capacidade institucional em estabelecer preços adequados e monitorar a cobrança, canalizando os resultados financeiros aos investimentos devidos preferencialmente nas bacias onde se gestaram.

Listam-se a seguir algumas características das experiências internacionais na matéria em tela (Q_t e Q_l expressam a cobrança por quantidade e qualidade, nessa ordem).

País	Tipo	Aplicação de receita	Regulação/Gestão	Critério de cobrança	Resultados
França	Q_t e Q_l	Saneamento nas bacias	Comitês/Ag. de bacia	Preços públicos e padrões ambientais	Consolidação da bacia como unidade principal de gestão.
Holanda	Q_t e Q_l	Saneamento nos municípios	Governos federal e est.	Preços públicos e padrões ambientais	Crescentes níveis de cobrança forçaram práticas de controle e geraram receitas elevadas.
Alemanha	Q_l	Saneamento nos municípios	Governos federal e est.	Preços públicos e padrões ambientais	Isenções para atendimento a padrões mais restritivos aumentaram o controle da poluição; a receita, porém, reduziu-se.
Colômbia	Q_t e Q_l	Agências de gestão hídrica	Governos federal e est.	Padrões ambientais	Dificultam a implementação a complexidade dos critérios de cobrança e a frágil capacidade institucional.
Índia	Q_t e Q_l		Governos federal e est.	Danos ambientais	Criação de associações de usuários e significativos aumentos dos preços exigidos.
E.U.A	Q_t	Agências de gestão hídrica	Governos federal e est.		Subsídios à irrigação.

Tabela 1.2 Experiências internacionais de cobrança pela água bruta

Fonte: Adaptado de Azevedo/Baltar/Freitas, 2000

²¹ A despeito da gradual adoção da modalidade, os critérios baseados em danos e padrões ambientais em geral se não articulam apropriadamente (Azevedo/Baltar/Freitas, 2000). Sobre **preços públicos** ver seção 6.5.2 do capítulo 6.

Especial atenção empenha-se ao sistema francês, cujos princípios, sobretudo afetos à organização de comitês, agências e consórcios devotados ao gerenciamento por bacias hidrográficas, e não por divisões político-administrativas, assumem-se pela Lei de Recursos Hídricos (Lei 9.433/97).

1.4.2 Brasil: Aplicações observadas

A despeito dos inúmeros estudos sobre a matéria²², a cobrança de que se trata não se difunde a contento. Citam-se as ocorrências no **Estado do Ceará** (1998) e, mais recentemente, na bacia hidrográfica do rio **Paraíba do Sul** (2003), de domínio da União.

Pioneira, a experiência **cearense** inicia-se com as elaborações do Plano Estadual de Recursos Hídricos e Lei Estadual de Recursos Hídricos (**Lei 11.996/92**)²³. Regulamentando-lhe o **art. 7º**, o **Decreto 24.264/96** institui a contraprestação pela utilização dos recursos hídricos incidente sobre usuários industriais — para consumos superiores a 70m³ — e concessionárias de serviço de água potável — de montante equivalente a 1/60 do valor pago no caso anterior —, posteriormente estendidos à irrigação, piscicultura e demais usos, pela Deliberação **3/97** (Macedo, 2000). Lanna (2001) e Carrera-Fernandez e Garrido (2000, b) evocam o **caráter meramente negocial e político** do encargo imposto, **prescindindo**, portanto, **de metas de eficiência econômica e/ou sustentabilidade financeira**²⁴.

A bacia do rio **Paraíba do Sul** — ínsita em uma das áreas industriais de maior desenvolvimento do país, com população avizinhada a 5 milhões de habitantes, em área de 57.000 m² abrangendo os Estados de São Paulo, Rio de Janeiro e Minas Gerais (Campos, 1999) — reflete todo o processo histórico nativo de ocupação, traduzido pela descontinuidade dos ciclos econômicos, desníveis regionais e degradação ambiental. A crescente demanda por água de qualidade, as condições inadequadas em trechos vários, a premência de investimentos expressivos puseram-na, entre outras, na vanguarda da montagem de programa de adoção do encargo em comento, assomado mediante a **deliberação nº 3/2001** do Comitê para a Integração da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba do Sul (CEIVAP), e efetuado a partir de 31/03/2003; estima-se (Folha de SP, 2003) até o fim do ano arrecadem-se R\$10,18 milhões, uma vez cadastrados 373 usuários — entre indústrias, companhias de abastecimento,

²² Ver seção 1.4.3.

²³ A citada norma prevê a cobrança pela utilização da água, diluição, transporte e assimilação de efluentes do sistema de esgotos (**art. 7º**, incisos **I e II**).

²⁴ Modelos *ad hoc*, no dizer de Carrera-Fernandez e Garrido (2001) — ver seção 6.5.

agricultores, criadores de animais, etc. — dos quais 181 isentos, posto tenham consumo de vazão inferior a 1 l/s. A metodologia de cobrança baseia-se na expressão:

$$C = PPU \cdot Q_{cap} [K_0 + K_1 + (1 - K_1)(1 - K_2 \cdot K_3)]$$

onde:

Q_{cap} corresponde ao volume de água captada durante um mês ($m^3/mês$);

K_0 , o multiplicador de preço unitário para captação (definido pelo CEIVAP em 0,4);

K_1 , o coeficiente de consumo para a atividade em questão — relação entre os volumes consumido e captado pelo usuário (ou o índice correspondente à fração de captação que não regressa ao manancial);

K_2 , o percentual do volume de efluentes tratados em relação ao total produzido (ou o índice de cobertura de tratamento de efluentes doméstico ou industrial) — razão entre as vazões tratada e bruta;

K_3 , o nível de eficiência de redução de DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) na Estação de Tratamento de Efluentes;

PPU , preço público unitário correspondente à cobrança para cada m^3 captado por captação/consumo de água e diluição de efluentes (arbitrado pela CEIVAP em R\$0,02/ m^3).

A fórmula proposta separa os aspectos quantitativos (captação, consumo) dos qualitativos (contaminação), induzindo os participantes à racionalização do uso do líquido, malgrado **careça de fundamentação econômica** a minimizar distorções e buscar o ótimo distributivo, a exemplo do último caso (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002a).

1.4.3 Brasil: estudos realizados

Fundada nas disposições da Constituição Federal/88 sobre competências e condicionamentos das atividades econômicas ao emprego racional dos recursos hídricos em defesa do meio-ambiente, a Constituição do Estado de São Paulo, promulgada em 1989, confere tratamento inovador ao tema, determinando a criação do Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, congregando órgãos estaduais e municipais e sociedade civil, assegurando os meios financeiros e institucionais à reformulação da política de gestão de órgãos (**art. 205**). Visando se garantam tais ações, prevê em seu **art. 211** que a *utilização dos recursos hídricos*

será cobrada segundo as peculiaridades de cada bacia hidrográfica²⁵. Ao regulamentar tal seção, a **Lei 7.663/91** originou a Política Estadual de Recursos Hídricos do Estado de São Paulo, reconhecendo a água como bem de valor econômico, fixando se lhe pague pelo emprego e advogando o rateio das obras de aproveitamento múltiplo de interesse comum ou coletivo (Macris, 2000). Como decorrência dessa conjuntura, cita-se a investigação promovida em 1991 pela FUNDAP²⁶(Garrido, 2000), adstrita às bacias dos rios **Piracicaba**, **Capivari** e **Jundiaí**, conotando o segmento hídrico como indústria de recurso renovável, porém finito, com crescente complexidade operacional devida aos múltiplos usos concorrentes e sequenciais da água. Valendo-se dos princípios **poluidor-pagador** e **usuário-pagador**²⁷ defende o rateio dos custos de investimentos entre os setores consumidores, ou seja, igualando ao *custo médio* o preço a ser exigido, conquanto reserve à diluição de efluentes e extração por parte das indústrias o *custo marginal* de longo prazo como base do encargo, desconsiderando pois os custos de gerenciamento do setor; especula ao Ente Público subsidiar de início parte da pretensa inversão, retirando-o gradualmente, com vistas à autonomia da bacia abordada.

Em prosseguimento ao trabalho, a parceria CNEC/FIPE (Garrido, 2000) avalia o implemento da contraprestação no **Estado de São Paulo**, com ênfase às unidades de **Piracicaba**, **Alto Tietê** e **Baixada Santista**. Para tal, apartam-se os procedimentos quanto à poluição lançada através de esgotamentos industriais e sanitários — assumindo-se a prática francesa da partilha da integralidade dos custos envolvidos (preço equivalente ao *custo médio*) — e ao uso privado do líquido (captação, consumo e geração de energia elétrica) — adotando-se a *disposição a pagar* como paradigma de formação do preço, produzindo-se a curva de demanda (a despeito da dificuldade econométrica em engendrará-la para bens que não dispõem de mercado, caso da água bruta) a partir de **avaliação contingente**²⁸ via combinação de questões dos tipos aberta e fechada. Pela imprecisão quanto à definição de *disposição a pagar*²⁹, opina-se **equivocadamente** pela neutralidade do montante futuramente arrecadado quanto à alteração do bem-estar das famílias (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002a).

No Estado do Ceará, emergem os estudos de Lanna — para a bacia do **rio Curu**, em 1994 — e Araújo — abrangendo **todo o território cearense** — arrimados no *custo médio*, embora cotejem-no ao *custo incremental médio de oferta do líquido* ou *custo marginal* de

²⁵ De acordo com Macris (2000), o diploma norteou a legislação ulterior abrigada em esfera federal, qual seja, a **Lei 9.433/97 (Política Nacional dos Recursos Hídricos)**.

²⁶ Fundação de Desenvolvimento Administrativo.

²⁷ Ver seção 1.4 do capítulo 1.

²⁸ Ver seção 6.2.4 do cap 6.

longo prazo (Fontenele, 1999). Inovam ao permutar o volume total *consumido* pelo *regularizável*³⁰ e limitar a área irrigada por usuário, ponderando-a pela disponibilidade de água. Centram-se no estabelecimento de subsídios aos indivíduos de menor capacidade financeira, a saber, os proprietários de pequenas áreas.

Em exame do IPEA³¹, Andrade e Lobão (1996) perscrutam as possibilidades de introdução de sistema de subsídios na tarifação do consumo residencial de água com o propósito de favorecer os usuários de baixa renda. Propõem método *alternativo* ao preço *first best* — *símile ao custo marginal* de produção, carreando à eficiência alocativa — vale dizer, a técnica do *second best*, *desviando-se da solução eficiente* (sic) *para incorporar objetivos outros também relevantes* (Andrade/Lobão, 1996), quais sejam, a adoção de gravame como instrumento de política social do governo e o equilíbrio financeiro da empresa prestadora de serviço. Estimando a demanda residencial por água concorde o comportamento dos respectivos consumidores em diversos municípios do **Estado do Paraná**, no ano de 1986, os autores simulam a imposição de tarifas diferenciadas aos indivíduos estratificados segundo padrões sociais e de consumo, depreendendo pela conveniência daquela em detrimento desta. Relatam como óbices a inconveniência da política de subsídios à alocação de recursos³² e a duvidosa legalidade da prática de preços vários segundo a **classe social** dos atores (Andrade/Lobão, 1996).

Atendo-se à bacia do rio dos **Sinos** (RS), Lanna e Pereira (1996) propõem preços básicos mínimos calculados por intermédio de otimização **matemática**³³, de forma a que variem positivamente com custos e necessidade de controle de poluição, escopo precípua aliado ao objetivo de arrecadação. Esboçam-se os efeitos sobre o custo operacional industrial em três cenários articulados conforme concessão gradual de subsídios cruzados às fontes rurais difusas: de inexistentes em contexto inicial, fixam-se em 40% na etapa intermediária, finalizando com a integralidade dos custos sob responsabilidade das indústrias.

Ao discutir a racionalidade da cobrança nas bacias baianas do **Alto Paraguaçu** e **Itapicuru**, Carrera-Fernandez (1997) desenvolve o **método dos preços ótimos**, a satisfazer simultaneamente, no dizer do autor, as metas de eficiência econômica — minimizando impac-

²⁹ O texto assume a *disposição a pagar* — máximo valor que os consumidores se dispõem a gastar para aquisição de uma certa quantidade de um bem — como medida de *excedente do consumidor* — diferença entre a *disposição a pagar* e a quantia efetivamente despendida (Garrido, 2000).

³⁰ Vazão anual captada de reservatório associada à específica garantia de oferta.

³¹ Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada.

³² Remetemos o leitor à seção 5.3.3c.

³³ Aqui, o que se otimiza é a distribuição dos custos de cobrança comparativamente aos custos de controle e ao nível de contaminação do trecho onde se posiciona a correlata fonte: se não cuida de minimizações de custo ou maximização de bem-estar, prodigamente discutidos na literatura econômica (Motta, 1998).

tos negativos no consumo e produção observáveis em estratégias de preço igual ao *custo médio* — e distributividade — quando se não anotam perdas ou ganhos financeiros vinculados à assunção do *custo marginal*. Analisando o *custo de oportunidade*³⁴ do líquido em fins de abastecimento, irrigação, geração de energia elétrica e diluição de poluentes, vale-se do esquema *second best*, ora asseverando a obtenção do ótimo alocativo — em que diverge do caso imediatamente anterior — ao maximizar a função de bem-estar social. Utilizando-se de cânone semelhante, o autor analisa a instituição da contraprestação em tela na bacia do rio **Pirapama**, em Pernambuco (Carrera-Fernandez, 2000b) — quanto aos abastecimentos humano e industrial, irrigação, diluição de esgotamento sanitário e efluentes industriais, geração de energia elétrica e fertirrigação — e no conjunto hidrográfico do rio **Vaza-Barris** — no que concerne às três primeiras atividades percorridas —, de domínio da União, posto banhem os Estados de Bahia e Sergipe (Carrera-Fernandez/Pereira, 2002).

Em estudos efetuados pela FIPE, em 1997 (Garrido, 2000), almejando a assunção do encargo em questão para as bacias dos rios **Paraíba do Sul** e **Doce**, pertencentes à esfera federal, o comportamento da demanda tem abrigo em pesquisa sobre a *disposição a pagar* dos usuários, tomando-se por vertical a oferta — no patamar da disponibilidade hídrica — vale dizer, completamente inelástica, se não representando pela curva de *custo marginal social* (incorporando as externalidades)³⁵. Destarte, o pressuposto abandona a conotação de indústria (em sentido *latu*) à gestão dos recursos hídricos, porquanto deixa de reconhecer produza bens e/ou serviços à comunidade.

Kelman (2000) se vale de paradigma de contraprestação com amparo na *disposição a pagar sob regime de racionamento*. Postula que o *i-ésimo* usuário decide empregar a água ao minimizar a função de gasto $g(a(i))$. O termo $a(i)$ expressa o coeficiente de utilização do líquido outorgado a i , composto por duas parcelas: o valor (desconhecido) de sua conta de água bruta e o prejuízo que lhe cause eventual racionamento, apenas por ele conhecido. Dadas as salvaguardas para consumidores de vazões insignificantes — cuja mensuração varia entre as bacias — a repartição dá prioridade a quem oferece o maior preço em período prévio ao início do racionamento. Destina-se a receita auferida a ressarcir os participantes penalizados de ofertar valor suficiente a lhes garantir o quinhão.

O trabalho de Magalhães (1998) advoga a imediata adoção do esquema em tela no **Estado de Pernambuco**, financiando e consolidando de forma incipiente a gestão dos recur-

³⁴ Ver capítulo 6.

³⁵ Ver cap 5.

sos hídricos mediante imposição de tarifa inicial de emergência³⁶ — ainda que não traduza o real valor econômico do bem. Depois de conduzidos a lume os impactos advindos do sistema cogitado sobre os usuários e respectivas atividades produtivas, recomendar-se-ia se envidassem esforços à revisão tarifária. Opina pela progressividade de preços em cada emprego, equalizando mananciais subterrâneos e de superfície. Fundamentando-se na elaboração, o Conselho Estadual de Recursos Hídricos deliberou por unanimidade pela efetivação do encargo a partir de 01/01/1999 (para o setor de saneamento) e de 01/07/1999 (segmento industrial), malgrado jamais se tenha posto em prática (Silva/Wanderley, 2000).

Avaliando o critério de distribuição e fixação da tarifa de água destinada à irrigação do perímetro **Curu-Paraipaba** (CE), mediante estimações de *preço-eficiente* (sic) originadas de modelos com espeque nas curvas de demanda no curto prazo, determinadas por sua vez pelas funções de produção de particulares culturas selecionadas, Pinheiro e Shirota (2000) concluem pela insatisfatória alocação dos recursos hídricos entre os irrigantes. Logo, caso se lhes restringisse o acesso àqueles propensos a pagar o preço de equilíbrio, elevar-se-iam o valor bruto de produção e as receitas oficiais. Os autores não excogitam ampliar-se o volume disponível de recursos, senão redistribuí-lo consoante o preço calculado.

Tomando como objeto a região do **Subaé** (BA) — bacia importante para o abastecimento humano, fornecendo fração significativa da água captada no atendimento à região metropolitana de Salvador — Fernandez e Menezes (2000) adotam a técnica da **avaliação contingente** na especificação da demanda por água potável e conseqüente mensuração da *disposição a pagar* pela prestação do associado serviço público.

Fontenele e Araújo (2001) investigam método simplificado para dimensionamento do *custo médio* da água na bacia do rio **Jaguaribe** (CE), denominado *cost recovery*, fundado no princípio do **usuário-pagador** e composto pela adição das parcelas de amortização das inversões públicas em obras de infra-estrutura de uso comum — tais como barragens — e despesas de administração, operação e manutenção do sistema hídrico.

1.5 OBJETIVOS

A Política Nacional de Recursos Hídricos, positivada pela Lei Federal nº 9.433/97, mira conformar-lhes a demanda aos crescimentos urbano, agrícola, industrial e energético, aos potenciais conflitos gerados pelo binômio disponibilidade-procura e ao avanço da degradação ambiental de nossos rios e lagos. Conceitua a água como bem de domínio pú-

³⁶ Os três exemplos últimos — Lanna e Pereira (1996), Magalhães (1998) e Kelman (2000) — constituem-se

blico, **dotado de valor econômico** — por **finita**, vulnerável e essencial à conservação da vida e meio-ambiente; firma base legal para que se lhe adote a cobrança pelo uso, abrigando tendência assomada nos Códigos Civil (1916) e de Águas (1934), referências em previsão de remuneração por utilização de águas.

Em Pernambuco, o Decreto Estadual nº 20.269/97, dispondo sobre a Política Estadual e o Plano Estadual de Recursos Hídricos, cria o Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos, prevendo como ferramenta de controle e gestão das águas **a cobrança pelo uso e poluição do recurso natural** (Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco, SRH, 2000b);

Contextualizando os conceitos ora desenvolvidos — valor econômico, escassez, ordenamento jurídico, cobrança pelo uso — a dissertação **intenciona elaborar modelo de formação de preços pelo uso da água para fins de abastecimento humano, diluição de esgotamentos sanitários e irrigação aplicável ao conjunto hidrográfico do grupo de bacias de pequenos rios litorâneos GL-1, localizado integralmente na Zona da Mata do Estado de Pernambuco, notadamente na Região Metropolitana do Recife (RMR)**. Destinam-se ao abastecimento das populações essencialmente urbanas³⁷ dos municípios banhados pela bacia hidrográfica **GL-1** e à atividade irrigatória aproximados **96,46% da vazão total demandada** (Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco —SRH—, 2000a), justificando-lhes o enfoque em detrimento de outras eventuais aplicações de seu suprimento hídrico³⁸. Para consecução da meta em comento, abriga-se na teoria do *second best* (*segundo melhor*), solvendo-se o problema com a adoção da **regra dos preços públicos**, de Frank Ramsey³⁹: em cada uso possível, a variação percentual do preço da água em relação ao seu *custo marginal* é inversamente proporcional à respectiva *elasticidade-preço*⁴⁰ da demanda, grandeza esta derivada a partir da função de demanda avaliada pelo *custo de oportunidade* ou *preço de reserva* do bem naquele particular emprego — máximo valor a que se propõem gastar os indivíduos de modo a permanecerem indiferentes entre consumi-lo ou não. Posto inexistam no Brasil mercado em que se transacionem direitos de propriedade sobre recursos hídricos⁴¹ — óbice à estimação da correspondente curva de demanda via métodos econométricos — simulam-se os

protótipos outros de metodologias *ad hoc* (seção 1.4.2) (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002b).

³⁷ Aproximadamente 95,87% do contingente populacional da área em análise situam-se em áreas urbanas (SRH, 2000a).

³⁸ Ao fornecimento e conseqüente utilização do bem pela população associa-se a produção de esgoto doméstico, exigindo se cogite cobrar-lhe o uso.

³⁹ Ver seção 6.5.2.

⁴⁰ Definida como medida da *sensibilidade* da quantidade demandada ao preço.

⁴¹ Ver seção 1.3.

custos de oportunidade mediante hipotética interrupção da oferta do líquido, de modo a ensinar procura de fonte alternativa pelos consumidores. Por intermédio da maximização da diferença entre **benefícios e custos sociais** — função de **utilidade indireta de bem-estar social** — e assunção de **nulidade do excedente econômico**, obtém-se preço a sugerir alocação ótima da água e eficiência distributiva, nessa ordem.

Ao fim, aduzem-se como fontes dos dados imprescindíveis ao bom termo da tarefa cogitada órgãos como a Agência Estadual de Meio-Ambiente (CPRH), Agência Estadual de Planejamento e Pesquisas de Pernambuco (CONDEPE/FIDEM), Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), Programa de Apoio ao Desenvolvimento Sustentável da Zona da Mata (PROMATA), Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio-Ambiente (SECTMA), Secretaria de Desenvolvimento Econômico, Turismo e Esportes (SEDETE), Secretaria de Planejamento (SEPLAN), Secretaria de Recursos Hídricos (SRH) — adstritos à esfera federal —, Agência Nacional de Águas (ANA), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Ministério do Meio-Ambiente (MMA) — ínsitos à estrutura administrativa da União — e Organização das Nações Unidas (ONU).

ⁱ Citando:

- a) BARRAQUE, Bernard. **Les politiques de l'eau en Europe**. Paris, 1995.
- b) COMISSÃO DE GESTÃO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS.
Disponibilidades hídricas per capita no Brasil.

ⁱⁱ Dispõe a **Lei 3.071/16** (antigo Código Civil) em seu **artigo 66, I** *Os bens públicos (...) são de uso comum do povo, tais como os mares, rios, estradas, ruas e praças*; e continua em seu **art. 68**: *o uso comum dos bens públicos pode ser gratuito, ou retribuído, conforme as leis da União, dos Estados, ou dos Municípios, a cuja administração pertencerem*;

O **Decreto 24.643/34** (Código de Águas), afirma em seu **artigo 36, § 2º**: *O uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme leis e regulamentos das circunscrições administrativas a que pertencerem*.

A **Lei 6.938/81 (Política Nacional do Meio-Ambiente)** reza em seu **artigo 4º, VII**: *A Política Nacional do meio-ambiente visará (...) à imposição, ao poluidor e ao predador, da obrigação de recuperar e/ou indenizar os danos causados e, ao usuário, da contribuição pela utilização de recursos ambientais com fins econômicos*

Tais regras, malgrado sugestivas, se não regulamentaram; A **Lei 9.433/97** supre tal lacuna, ao ser expressa e peremptória quanto à adoção da contraprestação a ser paga pela contraprestação dos recursos hídricos, enumerando os casos que a ensejam (**art. 12 e 20**).

2. MUNDO: PANORAMA HÍDRICO

2.1 EXPLANAÇÃO INICIAL

Recursos hídricos têm destaque entre os recursos naturais: presentes em todas as regiões da Terra — ainda que em proporções dessemelhantes — revelam-se primeiros fatores ao desenvolvimento e preservação do meio-ambiente e vida.

De singular valia é a água doce: por insubstituível, nenhuma atividade vital dela prescinde; diversamente utilizada, no perpassar de milênios foi-lhe ínfimo e local o impacto da ação humana; as nobres propriedades — renovação durante o ciclo hidrológico⁴² e autopurificação — permitiram reter-lhe a pureza relativa, quantidade e qualidade, revestindo-a de intrínseca ilusão de inexauribilidade — tratava-se de dádiva da natureza; sob tal conjuntura, a tradição sugere aparente atitude de desídia, vertida por mínimos gastos em resguardo e/ou proteção dos corpos hídricos; no entanto, manifestamente a partir dos anos 50 se lhe atestam drásticas mudanças motivadas por novas práticas, solicitando-lhe o emprego direto e transformando superfícies de bacias hidrográficas.

O conspícuo aperfeiçoamento das forças produtivas no curso das revoluções científica e tecnológica, a expansão das áreas irrigadas, a construção de reservatórios e o crescimento do consumo industrial cresceram-lhe a procura substancialmente: no interregno 1951/1960 constatou-se aumentar em quatro vezes o volume retirado de mananciais, quando cotejado a anos anteriores (UNESCO/SHI, 1999).

As três últimas décadas testemunharam intensa alteração do ciclo hidrológico, qualidade das águas, suprimentos e estoques hídricos; valores, dinâmica no tempo e distribuição espacial se determinam por variações climáticas/físicas naturais — há pouco, único critério ressaltado — e usos econômicos; em muitos territórios e países são escassos, contaminados, impossibilitando-os de corresponder à progressiva demanda: situações emergenciais têm gênese em domínios de restrita oferta, sobejo aproveitamento e rápida taxa de crescimento demográfico.

⁴² Consiste basicamente em evaporação (terra/ar) e precipitação (ar/terra).

2.2 ESTOQUE DE ÁGUAS

Substância de maior profusão do meio-ambiente, apresenta-se nos estados líquido, sólido e de vapor; gesta oceanos, mares, lagos, rios, águas subterrâneas nas camadas menos profundas ao longo da crosta terrestre; cobre regiões polares e alpinas, sob forma de gelo e neve; dissimula-se no ar como vapor d'água, gotas d'água, cristais de gelo; entra na composição de minerais na crosta e centro da Terra; em permanente movimento, converte-se reciprocamente entre os estágios líquido, sólido ou gasoso: de sua dinâmica lhe decorre o difícil dimensionamento.

Estima-se (UNESCO/SHI, 1999) que a hidrosfera — água em forma livre, quer na atmosfera, superfície, ou crosta terrestre (em profundidades inferiores a 2000 metros), em qualquer fase — contenha 1.386.000 quilômetros cúbicos predominantemente salinos (97,3%); portanto, à água doce correspondem os restantes 2,7%, mormente (68,7%) à feição de gelo e permanente neve sobre a Antártica, o Ártico e regiões montanhosas; as águas subterrâneas representam próximos 29,9% daquele percentual; umidade do solo, pantanais etc. apropriam-se de 1,14%; residual 0,26% concentra-se em lagos, reservatórios e rios:

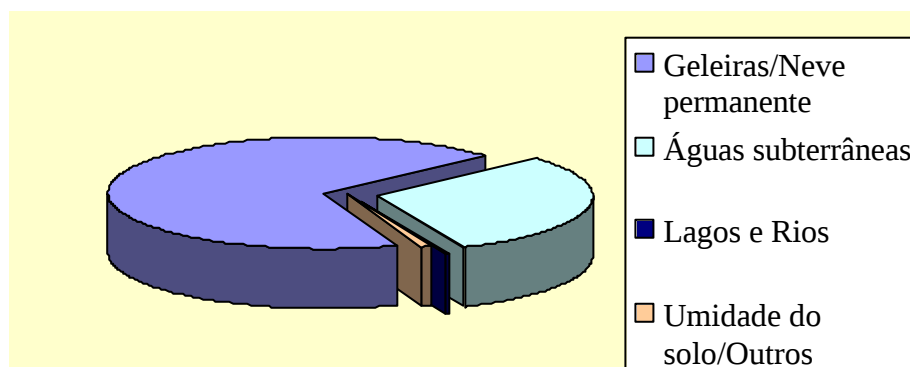


Figura 2.1. A água doce no mundo

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

O cenário descrito cogita do estoque estático da hidrosfera, qual seja, a capacidade média simultaneamente contida, em longo termo, em corpos d'água, aquíferos⁴³ e atmosfera.

⁴³ Acumulação de águas subterrâneas; também referido como lençol subterrâneo, ou lençol d'água, com ocorrência em diferentes tipos de estruturas geológicas.

As vicissitudes do processo em curtos intervalos — anos, estações, meses — tornam impeditiva e temerária qualquer mensuração: análises de variabilidade **anual** indicam índices 1,5 vez a 2,0 vezes menores aos observados para a média em maiores periodicidades, sobremaneira em regiões áridas e semi-áridas; quanto às úmidas, estima-se divirjam entre 15% e 25% (UNESCO/SHI, 1999).

O chamado ciclo hidrológico corresponde à mudança da água entre oceanos, terra e atmosfera: o calor solar evapora-a da superfície da Terra para o ar; corpos d'água têm fluência regular de vapor, que retorna espraçando-se como precipitação, primordial à constituição de rios, lagos, aquíferos, geleiras, etc.; parte do que volta outra vez se evapora, reiniciando a sucessão; estudos (UNESCO/SHI, 1999) avaliam em 577.000 km³ o montante anual envolvido no processo — 502.800 km³ mais 74.200 km³ provindo de oceanos e terra, nessa ordem, posteriormente despenhando-se sobre esses (458.000 km³ e 119.000 km³, respectivamente); o saldo hídrico entre precipitação e evaporação constritas à superfície da terra (44.800 km³/ano) traduz-se na vazão integral de rios (42.600 km³/ano) e águas subterrâneas em direção aos oceanos (2.200 km³/ano), afigurando-se em primárias fontes de água doce a suprir precisões vitais e atividades econômicas.

2.3 RIOS

De ordinário assumidas no diagnóstico hídrico, as concepções estática e dinâmica arrimam-se no chamado *tempo de recarga* (ver tabela 2.1), necessário à **restauração pelo ciclo hidrológico dos níveis originais de específico corpo d'água**: aquela, o estoque do líquido, verte-se pela água doce que requer muitos anos ou décadas para pleno restabelecimento (grandes lagos, águas subterrâneas, geleiras, etc.); seu uso veemente é catastrófico: exaustão, consequências ecológicas desfavoráveis, perturbação do equilíbrio natural estabelecido por séculos — destarte de difícil recomposição; alternativamente, a concepção dinâmica — os recursos renováveis — cuida de mananciais de nível anualmente recuperado durante o ciclo: adota-se-lhe comumente a medida de **vazão** (volume escoado referente à unidade de tempo: metro cúbico por segundo, quilômetro cúbico por ano, etc.), adstrita aos rios formados na respectiva área de fluxo ou advindos de localidades adjacentes, incluindo a água subterrânea de aquíferos com camadas próximas à superfície — ou de pouca profundidade — de fluência em direção à específica bacia. É a água originada em precipitações pluviométricas e/ou degelo de neve, incorporada à rede hidrográfica. O exíguo prazo dispensado à renovação de águas **fluviais** (16 dias, consoante tabela 2.1), em grandeza e/ou propriedades — caso o homem lhe inter-

rompesse a contaminação, reaveriam a natural pureza — atesta a suprema importância dos rios: exercendo efeito pronunciado no meio-ambiente e desenvolvimento econômico do gênero humano, provêm parcela predominante de consumo do líquido; estimações de disponibilidade e/ou defasagem hídrica espacial têm espeque em seus valores de vazão.

Água da hidrosfera	Período de renovação
Gelo superficial permanente	10.000 anos
Gelo polar	9.700 anos
Oceanos	2.500 anos
Geleiras	1.600 anos
Águas subterrâneas	1.400 anos
Lagos	17 anos
Pântanos	5 anos
Umidade do solo	1 ano
Rede Fluvial	16 dias
Umidade atmosférica	8 dias
Água biológica	Algumas horas

Tabela 2.1. Períodos de renovação dos recursos hídricos na Terra

Fonte: UNESCO/SHI, 1999

2.4 APLICAÇÕES

Conforme ressaltado, avaliações sobre a atual e futura oferta hídrica deverão fundar-se em informações atinentes a aspectos naturais — a exemplo de mudanças no regime de fluidez dos rios — e decorrentes de ações humanas. Atributos físicos, químicos, biológicos de mananciais de bacias hidrográficas, países e regiões econômicas se têm afetado por complexos fatores, quer diretamente relacionados à captação procedente de sistemas fluviais para irrigação, consumo industrial e público, quer por via indireta — construção de reservatórios, transformações na superfície dos rios (como o desmatamento), urbanização e drenagem; indistintamente, tais interveniências do homem sobre a natureza alteram-lhes valor, vazão, qualidade. O emprego consuntivo⁴⁴ para necessidades públicas, produção industrial e irrigação,

⁴⁴ Caracteriza-se pelo aproveitamento da água de manancial com a **retirada** desta de seu leito — irrigação, indústria, abastecimento urbano exemplificam (Gorgulho, 2001).

além do volume designado (em parte evaporado) aos grandes reservatórios são delineados pela figura 2.2, revelando seus impactos no consumo global:

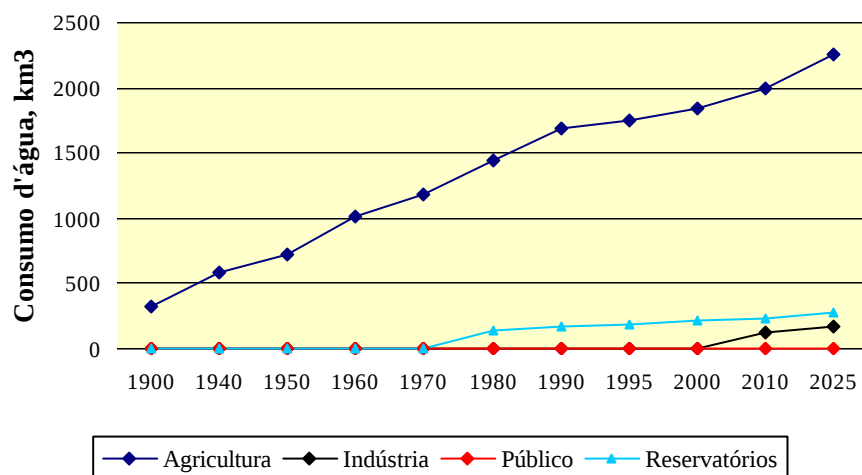


Figura 2.2 Dinâmica mundial do uso consuntivo da água segundo o tipo de atividade econômica

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

Conclui-se pela absoluta predominância da atividade agrícola de irrigação no consumo hídrico. Estimativas (UNESCO/SHI, 1999) indicam reduzir-lhe a futura participação relativa às restantes utilizações consuntivas, precipuamente industrial e pública: em 2000, assimilava 84,02% (ver tabela 2.2) do total consumido (contra 4,03% e 2,42% da indústria e público, respectivamente), proporção a debilitar-se continuamente em 2010 (82,80%) e 2025 (81,47%); em termos absolutos, crescer-lhe-á a exigência em 1,08 vez (2010) e 1,23 vez (2025) — tabela 2.3 ^{3/4}, enquanto àquelas se mostrarão índices excedentes aos alusivos ao ano 2000 por fatores de 1,33 e 1,15 (em 2010) e 1,92 e 1,40 (em 2025), nessa ordem; percentualmente, responderão em 2010 por 4,88% (indústria) e 2,53% (público), elevando sua participação em 2025 a 6,11% e 2,68% do consumo global, respectivamente. Adicional evaporação dos reservatórios contribuirá para perdas superiores às requisições industrial e pública.

As tabelas 2.2 e 2.3 permitem investigação do exposto:

	Anos				
Setor	1990	1995	2000	2010	2025
Agrícola	85,33%	84,55%	84,02%	82,80%	81,47%
Industrial	3,98%	3,98%	4,03%	4,88%	6,11%
Público	2,27%	2,40%	2,42%	2,53%	2,68%
Reservatórios	8,42%	9,07%	9,53%	9,79%	9,74%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 2.2 Dinâmica mundial de consumo hídrico segundo o tipo de atividade econômica (em percentuais)

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

	Anos				
Setor	1990	1995	2000	2010	2025
Agrícola	1.691	1.753	1.834	1.987	2.252
Industrial	78,8	82,6	87,9	117	169
Público	45	49,8	52,8	60,8	74,1
Reservatórios	167	188	208	235	269
Total	1.981,8	2.073,4	2.182,7	2.399,8	2.764,1

Tabela 2.3 Dinâmica mundial de consumo hídrico segundo o tipo de atividade econômica (km³/ano)

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

Caso apreciemos a vazão **captada** (tabela 2.4) — a figura 2.2 e tabelas 2.2 e 2.3 afetam-se da **vazão consumida** — a situação se não afigura diversa, com proeminência — ainda que em menores níveis quando se lhe deparam os números atinentes ao consumo — do setor agrícola (65,57% da retenção); seguem-se as aplicações industrial (19,53%), pública (9,66%) e prestadas a reservatórios (5,24%); os percentuais volvem ao ano 2000; aduzem-se o progressivo decaimento de parcela destinada a fins agrícolas — fundamentalmente de irrigação, consoante já explanado — e simultâneos reforços dos aproveitamentos industrial e público, asseverando a similitude entre as abordagens.

A tabela 2.4 dá nitidez à apreciação:

	Anos				
Setor	1990	1995	2000	2010	2025
Agrícola	66,75%	66,10%	65,57%	63,56%	60,92%
Industrial	20,23%	19,85%	19,53%	20,49%	22,35%
Público	8,40%	9,08%	9,66%	10,65%	11,59%
Reservatórios	4,62%	4,97%	5,24%	5,30%	5,14%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Tabela 2.4 Dinâmica mundial de captação hídrica segundo o tipo de atividade econômica (em percentuais)

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

2.5 DISPONIBILIDADE E DEFICIÊNCIA

Variável no binômio espaço/tempo, presume-se em 42.757 km³ a vazão média global anual dos recursos hídricos renováveis (UNESCO/SHI, 1999); a tabela 2.5 demonstra dados continentais: em termos absolutos, Ásia e América do Sul detêm hegemonia — 13.510 km³ e 12.030 km³ ao ano, respeitada a seqüência —, restando à Europa e Oceania 2.900 km³ e 2.400 km³, respectivamente, medidos durante doze meses. Ano a ano, alteram-se-lhes as grandezas em amplitudes — positivas ou negativas — de 15% a 25%, calculados sobre suas médias históricas (UNESCO/SHI, 1999); tais constatações carecem de acuidade — malgrado sirvam de indício —, porquanto diferem em área e fator demográfico; força-se, de tal sorte, mensurar específicas **disponibilidades hídricas por quilômetro quadrado e por habitante**, dispostas na Tabela 2.5, em termos de mil metros cúbicos/ano. A *disponibilidade hídrica espacial média* revela a assimetria de ocupação do recurso, com ofertas anuais variando de 672.070 m³/km² na América do Sul a parcimoniosos 134.055 m³/km² no continente africano.

Concentrando-se no período 1970/1994, a razão média de disponibilidade hídrica *per capita* mundial decresceu de 12,9 a 7,6 mil metros cúbicos/ano: se lhe percebem críticos decaimentos na África (2,8 vezes), Ásia (2 vezes) e América do Sul (1,7 vez), conquanto à Europa reportam-se razões adjacentes a 1,16.

Continente	Área (10 ⁶ km ²)	População (milhões)	Vazão Média (km ³ /ano)	Disponibilidade Hídrica (10 ³ m ³ /ano)	
				por km ²	per capita
Europa	10,46	685	2.900	277	4,23
Am. Norte	24,30	453	7.870	324	17,40
África	30,10	708	4.047	134	5,72
Ásia	43,50	3.445	13.510	311	3,92
Am. Sul	17,90	315	12.030	672	38,20
Oceania	8,95	28,7	2.400	269	83,70
Mundo	135,21	5.634,7	42.757	317	7,60

Tabela 2.5 Vazões médias e disponibilidades hídricas continentais

Fonte: Adaptado de UNESCO/SHI, 1999

Cotejando em específicas épocas as reservas hídricas em distintos países e regiões, comprova-se-lhes a desigual dispersão — a exemplo do ocorrido quanto à população e desenvolvimento econômico.

A *disponibilidade hídrica per capita* é calculada pela **razão entre os recursos hídricos não-consumidos** (convencionalmente definidos⁴⁵ em termos de vazão não-utilizada dos rios formados em território específico somada à **metade** do volume fluvial originado em domínios avizinados) e **a população de determinada área**; representa, portanto, a dimensão residual de água doce: eventuais acréscimos da cota populacional e/ou consumo reduzirão sua magnitude. Dela cuidam os mapas 2.1, 2.2 e 2.3, exibindo em termos de distribuição volumétrica anual *per capita* visões passada, presente e futura — anos de 1950, 1995 e 2025, respectivamente; gradua-se pela escala a seguir:

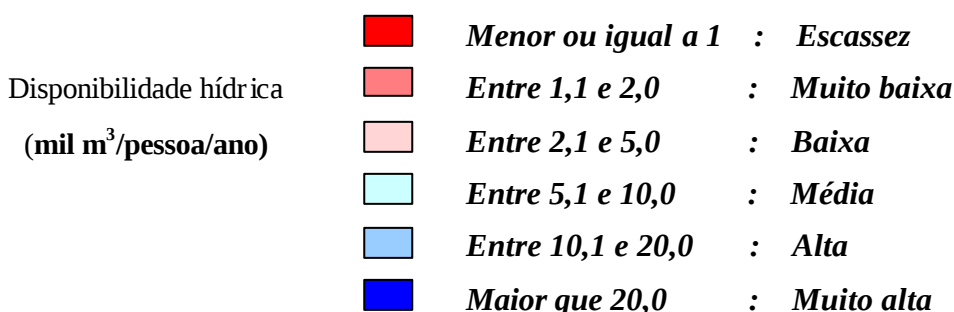
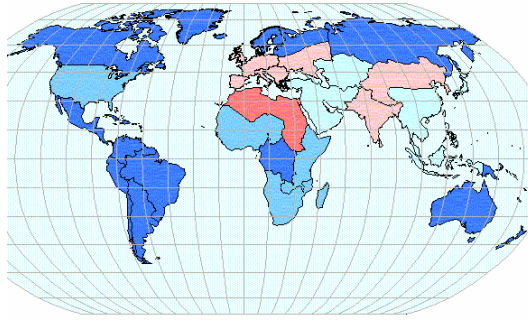


Figura 2.3 Classificações de disponibilidades hídricas

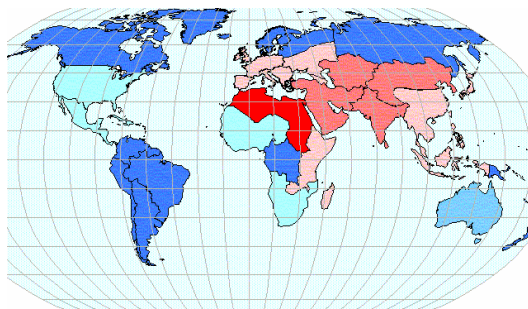
Fonte: UNESCO/SHI, 1999

⁴⁵ UNESCO/SHI, 1999.



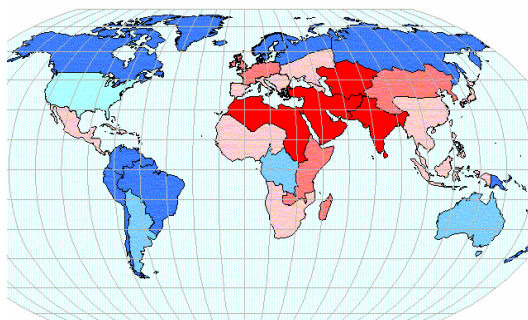
Mapa 2.1 Disponibilidade de água no mundo: 1950

Fonte : UNESCO/SHI, 1999



Mapa 2.2 Disponibilidade de água no mundo: 1995

Fonte: UNESCO/SHI, 1999



Mapa 2.3 Disponibilidade de água no mundo: 2025

Fonte : UNESCO/SHI, 1999

Em 1950 (mapa 2.1), predominava a disponibilidade *média* ou *acima da média*; nas regiões Central e Sul da Europa, Norte da China e Sul da Ásia, *baixa*; apenas o Norte da África apresentava índices entre 1,1 e 2,0 mil m³/pessoa/ano (*muito baixa*); se não transpareciam quadros de rara oferta (menor ou igual a 1,0 mil m³/pessoa/ano). Quarenta e cinco anos após (1995), registrou-se profunda mudança: o agudo decréscimo da reserva de água atribuiu-lhe conotações de *escassez* na Península Arábica e Norte da África; no Norte da China, Sul e Oeste da Ásia, classificava-se a disponibilidade como *muito baixa*; em outras sete circunscrições, índices mediavam entre 2,1 e 5,0 mil m³/cabeça/ano (*baixa*); representativos 76% da população viviam sujeitas a ofertas hídricas inferiores a 5,0 mil m³/pessoa/ano — *baixa, muito baixa e catastrófica* (mapa 2.2). O primeiro quarto do século XXI (mapa 2.3) chegará a termo com prováveis 30% a 35% de seres humanos a se deparar com a *exaustão* do líquido; paradoxalmente, médias e/ou altas disponibilidades (superiores a 5,0 mil m³/pessoa/ano) verificar-se-ão no Canadá, Alasca, África Central, Sibéria, extremo Oriente, Oceania, Norte da Europa e quase integralidade da América do Sul.

Evidencia-se (UNESCO/SHI, 1999) a vinculação entre deficiência hídrica, desenvolvimento econômico-social, condições climáticas: a figura 2.4 assevera tais indícios, ao explicitar a dinâmica da específica oferta média de água — no interregno 1950/2025 e em unidades em termos do ano de 1950 — para três grupos, incluindo países industrialmente desenvolvidos e em desenvolvimento, estes últimos cindidos entre os dotados de suficiente e excessiva umidade e os ínsitos em domínios áridos e semi-áridos.

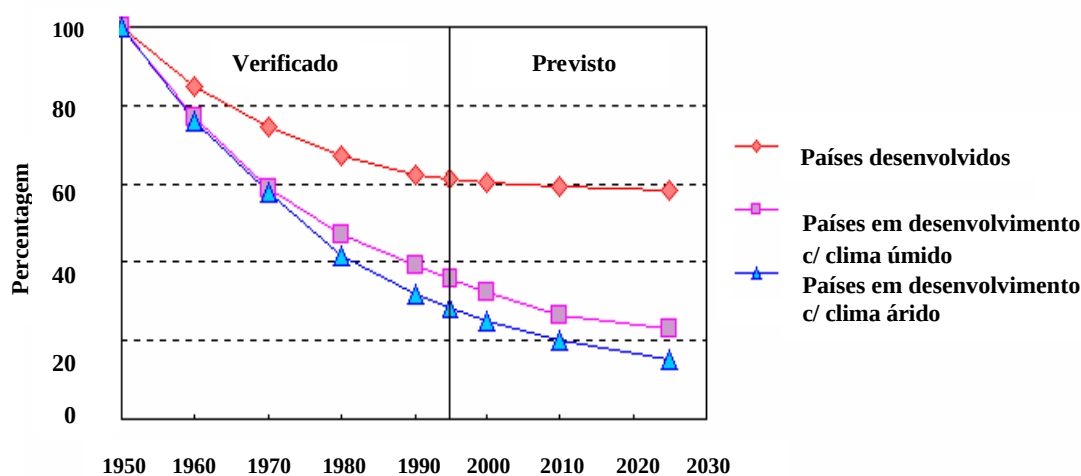


Figura 2.4 Disponibilidade hídrica em valores relativos a 1950

Fonte: UNESCO/SHI, 1999

Consoante se vê na figura 2.4, a progressiva debilidade é notavelmente menor na primeira categoria — salientando-lhe a independência do aspecto clima —, em alternativa ao ocorrido às duas últimas; enquanto que para aquelas a razão de decréscimo abeira 1 vez e sete décimos, para estas posicionam-se em quatro vezes e três décimos (úmidas) e seis vezes e sete décimos (áridas). Subjaz à constatação a peremptória participação do aumento demográfico nos desiguais acessos atual e futuro ao recurso natural.

A deficiência em suprimentos hídricos retarda a evolução sócio-econômica da maioria dos países em desenvolvimento, revestindo-se em causa de deterioração de padrão de vida; modernamente, cinge-se à produção de alimentos e geração de energia como equações fundamentais à sustentabilidade da vida, requerendo elaboração e efetivação de ações que mirem mitigar tal déficit sob diferentes fisiografias.

3. BRASIL: ASPECTOS DOS RECURSOS HÍDRICOS

3.1 PREÂMBULO

Ordinariamente considerado abundante em água — à exceção da região semi-árida do Nordeste — o país experimenta situações de escassez e/ou conflitos de utilização (motivados por evolução dos padrões demográficos e tipo de crescimento econômico) e progressiva piora da qualidade das águas fluviais de centros urbanos e circunscrições de intensas atividades industriais, agropecuárias, de mineração e geração de energia (Stamford, 1999a), inviabilizando-lhe o emprego em fins sacramentais.

Estimativas (ANA, 2002a) conferem dez por cento do total mundial de água doce ao Brasil, configurando-o entre os maiores detentores do líquido; conjugando-se à diversidade de climas, relevos, potencialidades econômicas, cenário sócio-cultural, tipificam-lhe a distribuição expressivas variações nas dimensões espacial e temporal: superfícies ricamente supridas e despolutas, regiões semi-áridas com longos períodos sem chuva, centros urbanos contaminados e inundados.

3.2 AVALIAÇÃO E USO

3.2.1 Unidades Hidrográficas de Referência (UHR)

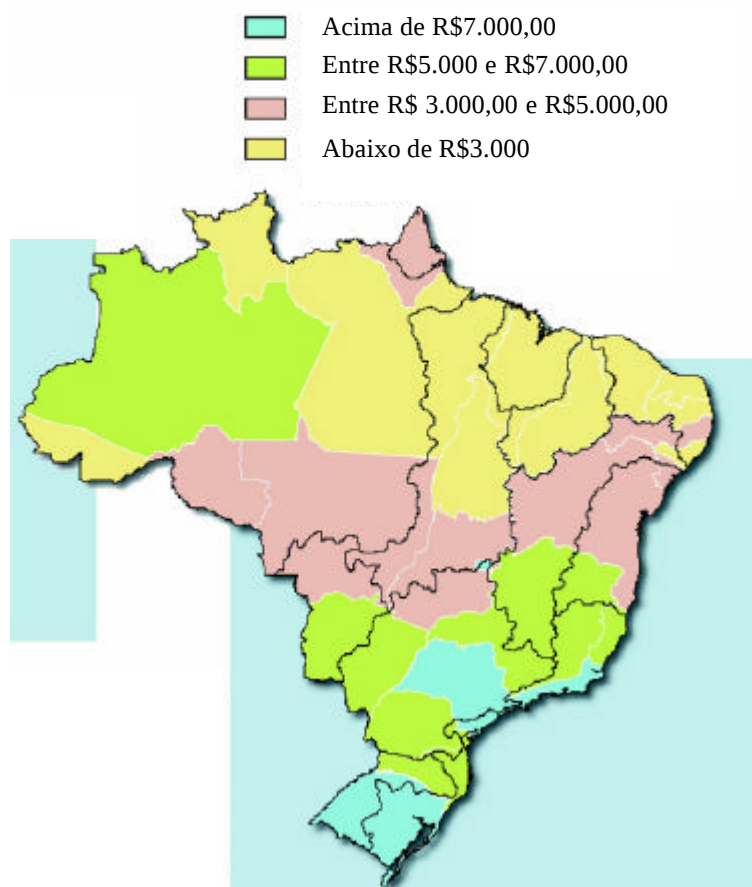
Com o escopo do gerenciamento de águas, dividiu-se o país em **treze** regiões hidrográficas ou Unidades Hidrográficas de Referência (UHR) — bacia ou conjunto de bacias hidrográficas contíguas onde o rio principal deságua no mar ou em território estrangeiro (MMA/SRH/ANA, 2002): *Amazonas, Costeira do Norte, Tocantins, Costeira do Nordeste Ocidentais, Parnaíba, Costeira do Nordeste Oriental, São Francisco, Costeira do Leste, Costeira do Sudeste, Costeira do Sul, Uruguai, Paraná, Paraguai*. Anota-se que a área objeto desta dissertação — a bacia dos rios litorâneos **GL-1** — situa-se na região hidrográfica **Nordeste Oriental**.

3.2.2 Indicadores sócio-econômicos

Os mapas 3.1 e 3.2 cuidam de estimativas de Produto Interno Bruto (PIB) *per capita* e Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) nas regiões hidrográficas, com esboço em valores médios estaduais; como **corolário das condições díspares às quais se submete a**

população brasileira, faz-se imperativa a execução de políticas públicas hídricas diferenciadas.

Em 1999, a renda *per capita* nacional atingia R\$ 5.740/hab.ano, não obstante a amplitude das estatísticas obtidas para os entes federativos: dos R\$ 1.402/hab.ano no Maranhão aos R\$ 9.210/hab.ano em São Paulo e R\$ 10.935/hab.ano no Distrito Federal (IBGE, 1997-1999).



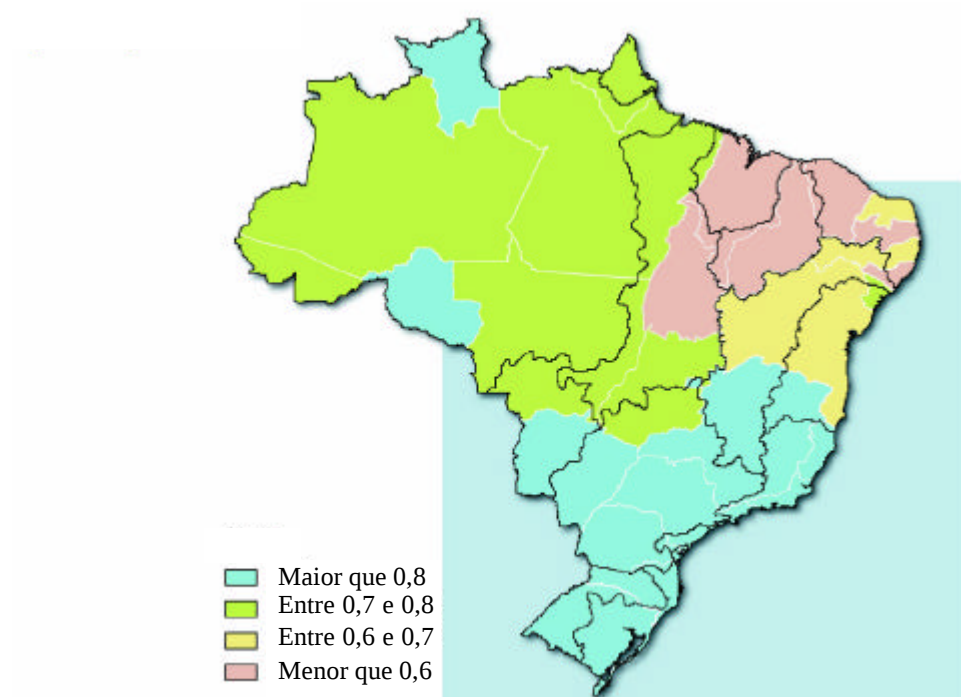
Mapa 3.1 PIB *per capita* nas UHRs (1999)

Fonte: ANA, 2002b.

Convalidam-se adicionais dessemelhanças quando da análise do IDH (mapa 3.2), por alternância entre índices representativos⁴⁶ — 0,844 (Distrito Federal) e 0,814 (São Paulo)

⁴⁶ A Organização das Nações Unidas (ONU) define o IDH entremeando 0 e 1; se maior que 0,800, classifica-se como *alto*; *médio*, entre 0,500 e 0,799; *baixo*, caso inferior a 0,499; com razão de 0,757, o Brasil ocupava a

— e insuficientes — 0,633 para o Piauí (IPEA/PNUD, 2000); outro medidor social de relevo, a *mortalidade infantil* — número de óbitos de crianças menores de **um ano** de idade em cada **mil** nascidas vivas em determinado período (IBGE, 1999) —, resume a conjuntura contemplada: sucedem-se magnitudes de 18,1 — Rio Grande do Sul — a alarmantes 64,4 no Estado de Alagoas (IBGE, 2000a); dos 2,8 (região Sul) aos 52,8 (Nordeste) (IBGE, 1999); para o país se mensura o fator em 29,6 (IBGE, 2000a).



Mapa 3.2 IDH nas Regiões Hidrográficas

Fonte: ANA, 2002b

A tabela 3.1 fornece a disposição espacial da **taxa de urbanização**, definida pela **fração percentual entre as populações urbana e total** (IBGE, 1999); a média nacional de ocupação das cidades aproxima-se de 81,2% (IBGE, 2000a), superada pelas regiões *Costeira do Sudeste* (89,6%), *Costeira do Sul* (84,9%), *Paraná* (90,5%) e *Paraguai* (84,7%); em **adverso**, as UHRs do rio *Parnaíba* e *Costeira do Nordeste Ocidental* possuem as menores proporções — abeiram 60%; uma vez investigados os critérios estaduais, aferem-se razões inferi-

septuagésima terceira e sexta posições em termos mundiais e sul-americanos, nessa ordem; os dados remontam ao ano de 2000 (PNUD, 2002).

ores a 50% na região do *Amazonas* — mormente nas unidades hidrográficas dos rios *Mearim* e *Munim* (Maranhão) —, no médio e baixo *Parnaíba* (Piauí), porções do médio e sub-médio *São Francisco*, nascentes dos rios *Pardo* e *Jequitinhonha* (Minas Gerais), trechos da bacia dos rios *Ribeira* (Paraná) e das *Almas* (Santa Catarina) e bacias dos rios da *Várzea* e *Camaquã* (Rio Grande do Sul).

Região Hidrográfica	Taxa de Urbanização (%)
AMAZONAS	67,8
COSTEIRA DO NORTE	63,4
TOCANTINS	72,3
COSTEIRA DO NORDESTE OCIDENTAL	57,8
PARNAÍBA	60,0
COSTEIRA DO NORDESTE ORIENTAL	75,8
SÃO FRANCISCO	73,8
COSTEIRA DO LESTE	70,0
COSTEIRA DO SUDESTE	89,6
COSTEIRA DO SUL	84,9
URUGUAI	68,4
PARANÁ	90,5
PARAGUAI	84,7
BRASIL	81,2

Tabela 3.1 Taxas de urbanização por UHRs

Fonte: Adaptado de MMA/SRH/ANA, 2002c

3.2.3 Cena hídrica

A Tabela 3.2 dimensiona os recursos **superficiais** nas treze unidades de referência; exame conjunto dos itens *área*, *população* e *vazão média* realça as desigualdades locais: ocupando aproximados 44% da extensão territorial nacional, habitada por 4,5% do contingente humano, a região do *Amazonas* lhe abriga 68% do volume do líquido, proporções inversas às exibidas em outras UHRs, a exemplo da *Costeira do Nordeste Oriental* — 3,4% da superfície, 12,7% dos habitantes e 0,5% do montante hídrico —, *Costeira do Sudeste* — 2,7% da área, 15,1% da população e 2,1% da água — e *Paraná* — 10,3% do território, 32,2% dos habitan-

tes e 6,5% dos recursos disponíveis. A *vazão média anual* dos rios em domínios brasileiros⁴⁷ avizinha-se em 160.000 m³/s.

Atente-se à tabela 3.2:

Região Hidrográfica	Área (%)	Pop. (%)	Q _m (%)	Q _m (m ³ /s)	q _m (l/s.km ²)	q (m ³ /hab.ano)
A. Amazonas	44,07	4,46	68,09	108.982	29,0	455.181
B. Costeira do Norte	0,97	0,03	2,12	3.390	41,0	1.815.122
C. Tocantins	11,33	4,65	9,64	15.433	16,0	61.679
D. Costeira do NE Ocidental	2,98	2,80	1,57	2.514	9,9	16.717
E. Parnaíba	3,92	2,14	0,48	763	2,3	6.628
F. Costeira do NE Oriental	3,37	12,74	0,51	813	2,8	1.187
G. São Francisco	7,48	7,56	1,90	3.037	4,8	7.469
H. Costeira do Leste	4,39	8,05	0,87	1.400	3,7	3.237
I. Costeira do Sudeste	2,69	15,13	2,05	3.286	14,3	4.041
J. Costeira do Sul	2,18	6,84	2,58	4.129	22,2	11.232
K. Uruguai	2,05	2,26	2,57	4.117	23,6	33.858
L. Paraná	10,31	32,23	6,48	10.371	11,8	5.986
M. Paraguai	4,26	1,11	1,14	1.833	5,0	30.627
Brasil	100,00	100,00	100,00	160.068	18,8	29.774

Tabela 3.2 Balanço hídrico resumido por UHRs (I)

Fonte: Adaptado de MMA/SRH/ANA, 2002c

Legenda:

Q_m: *Vazão média natural de longo termo*⁴⁸ (m³/s)

q_m: *Vazão específica média*⁴⁹ (l/s.km²)

q: *Disponibilidade hídrica per capita*⁵⁰ (m³/hab.ano)

⁴⁷ Incluindo a vazão proveniente da parte da bacia Amazônica assinalada em terras estrangeiras — estimada em 85.700 m³/s — atingem-se totais de 245.700 m³/s (MMA/SRH/ANA, 2002c).

⁴⁸ Definida pela média aritmética das vazões diárias de todo o período da série em análise (MMA/SRH/ANA, 2002c).

⁴⁹ Calculada via expressão $q_m = Q_m / A$; “A” é a área da unidade hidrográfica de referência (MMA/SRH/ANA, 2002c).

⁵⁰ Quociente entre a vazão média e a população total (MMA/SRH/ANA, 2002c).

Conforme sugerido pela tabela 3.2, assomam-se *vazões específicas médias* acima de 25 l/s.km² — bacias do *Amazonas* e *Tocantins*, a exemplificar; em outro extremo, aferem-se fluxos iguais ou inferiores a 5 l/s.km², ordinariamente produto da associação entre elevadas taxas de *evapotranspiração* e baixa *pluviosidade*.

A *disponibilidade hídrica per capita* acusa o nível de escassez relacionado à população da circunscrição; estabelecido globalmente em quase 30.000 m³/hab.ano — consoante tabela 3.2 — uma vez mais indicia-se a variabilidade espacial dos fatores considerados.

A região *Costeira do Nordeste Oriental* — especificamente as bacias dos rios *Capibaribe*, Pernambuco, com 428 m³/hab.ano, *Inhambupe*, Bahia e Sergipe, 479 m³/hab.ano e *Vaza Barris*, Bahia, 610 m³/hab.ano — retrata aguda crise. Em termos agregados, observam-se valores de 740 m³/hab.ano na *Oriental Pernambuco*, 886 m³/hab.ano para a *Oriental Paraíba*, 1.024 m³/hab.ano relativos à *Leste Potiguar*, Rio Grande do Norte e 1.165 m³/hab.ano na bacia do rio de *Contas*, Bahia — todas integrantes daquela UHR (ANA, 2002c).

A bacia do rio *Tietê*, São Paulo — região hidrográfica do *Paraná* — é modelo de junção entre reduzida disponibilidade e significativa concentração demográfica, com 767 m³/hab.ano; a unidade do *Alto Tietê* — acolhendo a região metropolitana da capital paulista — atinge patamares inferiores a 500 m³/hab.ano (MMA/SRH/ANA, 2002c).

Em contraste, os conjuntos hidrográficos *Costeira do Norte*, *Amazonas* e vertente oeste do *Tocantins* — especificamente as bacias dos rios *Araguaia* e *Pará* — exibem resultados próximos a 1,8 milhão m³/hab.ano, 455 mil m³/hab.ano e 150 mil m³/hab.ano, nessa ordem (tabela 3.2).

A conjugação de **densidade demográfica elevada e ocorrência de vazões específicas de média a baixa** é determinante da insatisfatória oferta de água para fins requeridos; diversamente, grandes vazões específicas e baixo adensamento humano provêm suficientes volumes do líquido; a densidade populacional — avaliada em 20hab/km² para o país — afigura-se inconstante nas distintas regiões: em oposição ao estimado para a *Costeira do Norte* — 0,6 hab/km² — à UHR *Costeira do Sudeste* imputam-se 126 hab/km² (ANA, 2002c).

Quadros de restrita provisão hídrica cingidos a relevantes contingentes humanos propendem incitar conflitos quanto às prováveis possibilidades de uso do líquido — Stamford (1999a) suscita a existência do *tradeoff* (troca) entre seus diferentes empregos —, como nas regiões hidrográficas *Costeira do Nordeste Oriental*, *Costeira do Leste* e parte do *Parnaíba* e *São Francisco*, agravados pela irregularidade das chuvas — no decorrer do ano e em seqüências críticas plurianuais de precipitação — e representativas taxas de evapotranspiração.

A respeito da bacia do *São Francisco*, Stamford (1999a, p. 48) afirma (...) *nos trechos anteriores às usinas, e esse é o caso de muitos trechos do rio São Francisco, aparece o problema dos múltiplos usos da água. Surge então uma concorrência entre bens não energéticos, principalmente na agricultura irrigada, e bens energéticos*; no semi-árido dessas regiões o fenômeno da seca repercute gravemente, conotando a água como elemento último de sobrevivência⁵¹.

Pouco se lhe registra disputa pela utilização em localidades de **baixa vazão específica natural, contudo de ocupação rarefeita**: as planícies da região hidrográfica do *Paraguai* (Pantanal Mato-Grossense) evidenciam-no, a despeito de se lhe compensar a reduzida disponibilidade natural pela presença de lagos e cursos d'água oriundos da drenagem das cabeceiras úmidas dos rios do Pantanal, a cuja pequena declividade se reclama o fato; riqueza de paisagens, fauna e flora revestem-na de substancial interesse ecológico.

As UHRs do *Uruguai* e *Paraná*, os altos cursos dos rios *Tocantins* e *São Francisco*, além de fração representativa das regiões hidrográficas *Costeiras do Sudeste* e *Sul* aclaram situações de intensa e desordenada ocupação de territórios, generativas de embates pelo usufruto do recurso — **malgrado seja-lhe expressiva a oferta** — em essência vinculadas à poluição — ou à qualidade exigida em específicas aplicações — e/ou excessiva destinação à irrigação.

A exploração de águas **subterrâneas** alcança notável incremento no cenário recente: indústrias, propriedades rurais, hospitais aproveitam poços artesianos; núcleos urbanos delas se abastecem de forma **exclusiva** ou **complementar** ^{3/4} importantes cidades têm dependência do suprimento aquífero: Ribeirão Preto (SP), Barreiras (BA), Maceió (AL), região metropolitana de Recife (PE), Mossoró e Natal (RN); nos Estados do Piauí e Maranhão, respectivamente 80% e 70% dos municípios se valem de lençóis d'água (MMA/SRH/ANA, 2002c).

No Brasil, presume-se-lhes o volume em 112.000 km³ (Rebouças, 1999); especula-se haja duzentos mil poços tubulares em operação, agregados aos mais de doze mil perfurados anualmente (ANA, 2002d). Aproximados 15,6 % dos domicílios — ou vinte e oito milhões de habitantes — servem-se **exclusivamente** de recursos subsuperficiais (IBGE, 2000b); conforme Rebouças (1999), perto de 61% da população empregam mananciais subterrâneos — privativamente ou em caráter suplementar —, sejam nascentes/fontes (12%), poços rasos

⁵¹ A conjuntura desfavorável reverte em aridez quase generalizada; a inexorabilidade da evaporação ao longo do ano, em particular durante a *estação úmida*, consome 91,8% do total precipitado, contra 8% e 0,2% devidos ao escoamento superficial e infiltração subterrânea, em sucessivo (ANEEL, 1999).

(6%) ou profundos (43%); providas de propriedades físico-químicas e biológicas desejáveis, tornam-se adequadas aos diversos usos requestados.

3.2.4 Demandas/Disponibilidade

Acorde a perspectiva mundial (cap. 2) à atividade agrícola — precipuamente à **irrigação** — consagra-se a maior fração dos recursos hídricos em solo brasileiro: 56,28% do volume pleno, cogitado em 2.177,73 m³/s, em concordância à tabela 3.3; seguem-na os usos urbano (21,02%) e rural (5,63%) —, industrial (11,78%) e dessedentação animal (5,29%):

Região Hidrográfica	Demandas (m ³ /s)					
	Humana			Animal	Indústria	Irrigação
	Urbana	Rural	Total			
A. Amazonas	17,31%	18,11%	35,42%	21,15%	5,29%	38,14%
B. Costeiras do Norte	13,04%	43,48%	56,52%	43,48%	0,00%	0,00%
C. Tocantins	11,03%	10,56%	21,59%	19,34%	2,49%	56,58%
D. Costeira do Nordeste Ocidental	29,19%	34,16%	63,35%	15,53%	3,73%	17,39%
E. Parnaíba	13,22%	11,98%	25,21%	9,50%	1,65%	63,64%
F. Costeira do Nordeste Oriental	15,03%	6,95%	21,98%	1,71%	5,77%	70,54%
G. São Francisco	17,40%	4,29%	21,69%	3,84%	6,36%	68,11%
H. Costeiras do Leste	35,04%	14,74%	49,78%	7,75%	4,59%	37,88%
I. Costeiras do Sudeste	41,32%	8,68%	50,00%	2,38%	14,67%	32,95%
J. Costeiras do Sul	8,99%	2,14%	11,13%	1,55%	9,02%	78,30%
K. Uruguai	2,90%	1,47%	4,37%	2,94%	2,41%	90,28%
L. Paraná	32,34%	3,87%	36,21%	5,87%	24,76%	33,16%
M. Paraguai	15,79%	5,26%	21,05%	38,60%	4,82%	35,53%
Brasil (%)	21,02%	5,63%	26,65%	5,29%	11,78%	56,28%

Tabela 3.3. Demandas segundo atividade econômica por UHRs (em percentuais)

Fonte: Adaptado de MMA/SRH/ANA, 2002

As regiões do *Amazonas*, *Tocantins*, *Parnaíba*, *São Francisco*, *Costeira do Nordeste Oriental*, *Costeira do Sul* e *Uruguai* têm na atividade irrigatória a principal demandante hídrica; anotam-se nas três últimas índices superiores a 70%, com destaque para o conjunto do *Uruguai*, por comprometer 90,28% da água com a irrigação — as bacias dos rios *Ibicuí*, *Santa Maria* e *Quaraí* atendem manifestamente à rizicultura —, dadas as especificidades de ocupação do território — 4,37% direcionam-se às necessidades da coletividade (Tabela 3.3).

O consumo público/humano apresenta-se significativo nas UHRs *Costeiras do Norte*, *Nordeste Ocidental*, *Leste* e *Sudeste* — os litorais fluminense (bacia do rio *Paraíba do Sul*) e paulista são evidências —, ao responsabilizar-se por perto da metade do montante requestado; o abastecimento do município de São Paulo constitui adicional exemplo de intenso aproveitamento do líquido em região metropolitana; provido a partir do rio *Tietê* (região hidrográfica do *Paraná*), o processo deprecia-lhe a quantidade — 36,21% do suprimento destinam-se a precisões públicas (tabela 3.3) — e qualidade, pelo lançamento de detritos domésticos e industriais sem prévio tratamento.

Atendo-se às utilizações industriais, despontam os conjuntos do *Paraná* e *Costeira do Sudeste*, abrangendo 24,76% e 14,67% das respectivas requisições globais (tabela 3.3); uma vez mais têm nas bacias do *Tietê* e *Paraíba do Sul* os fornecedores primeiros, ao abarcarem 39% e 20% das solicitações, nessa ordem (MMA/SRH/ANA, 2002c); embora se avaliem baixos, implicam cuidados em preservação e recuperação da pureza do recurso natural, posto lhe degrade a produção de efluentes, associada à ação de indústrias.

A tabela 3.4 se afeta do balanço demanda/disponibilidade nas bacias do país: os conjuntos *Costeira do Nordeste Oriental* $\frac{3}{4}$ onde a razão excede os 100% — e *Costeira do Sul* $\frac{3}{4}$ 60% empenhados — expõem crítico panorama; seguem-nas a *Costeira do Leste* (38,01%) e *Uruguai* (30,38%).

A região do semi-árido, mormente as UHRs *Costeira do Nordeste Oriental* — rios *Paraíba*, *Capibaribe*, *Una*, *Trairi*, *Mundaú*, *Apodi*, *Potengi* — e *Costeira do Leste* — *Vaza-Barris*, *Itapicuru* e *Paraguaçu* — concentra grande parte das unidades hidrográficas em que a quantidade hídrica solicitada avizinha-se (ou se sobrepõe) à ofertada: às freqüentes estiagens imputa-se a pequena disponibilidade; tanto mais agudo se exhibe o quadro quanto maior a ocupação humana, injungindo, eventualmente, a transposição de água originada de bacias próximas e/ou exploração de mananciais subterrâneos.

Região Hidrográfica	Disponibilidade (m³/s)		Demanda (m³/s)	Demanda / Q _{ref} (%)
	Q _m	Q _{ref} ⁵²		
A. Amazonas	108.982	64.734	62,40	0,10
B. Costeira do Norte	3.390	432	0,23	0,05
C. Tocantins	15.433	3.377	84,30	2,50
D. Costeira do Nordeste Ocidental	2.514	233	16,10	6,91
E. Parnaíba	763	294	24,20	8,23
F. Costeira do Nordeste Oriental	813	244	246,10	100,86
G. São Francisco	3.037	1.077	202,90	18,84
H. Costeira do Leste	1.400	241	91,60	38,01
I. Costeira do Sudeste	3.286	1.012	218,80	21,62
J. Costeira do Sul	4.129	623	373,80	60,00
K. Uruguai	4.117	806	244,90	30,38
L. Paraná	10.371	4.323	589,60	13,64
M. Paraguai	1.833	687	22,80	3,32
BRASIL	160.068	78.083	2.177,73	2,79

Tabela 3.4 Balanço demanda/disponibilidade nas UHRs

Fonte: Adaptado de MMA/SRH/ANA, 2002c

⁵² Q_{ref} : vazão crítica de referência; baseia-se na vazão Q₉₅ (fluxo *igualado* ou *excedido* em 95% do tempo); exceção faz-se à região *Costeira do Nordeste Oriental*, adotado percentual de 30% da vazão média (Q_m) (MMA/SRH/ANA, 2002c).

4. GERENCIAMENTO HÍDRICO

4.1 Evolução e arcabouço jurídicos

O **Código de Águas — Decreto nº 24.643/34**, de **10.07.1934**, ainda vigendo — constitui-se em primeira norma específica a regulamentar-lhes o uso no Brasil, ao prever a aplicação de meios institucionais e financeiros na gerência dos recursos hídricos; disciplina-lhes a apropriação, permitindo utilizá-los como fonte geradora de energia elétrica; torna-lhes público o acesso; determina o controle e incentivo do aproveitamento industrial do líquido, evidenciando fora preparado para facilitar a criação da infra-estrutura essencial à então incipiente industrialização do país; certifica a fruição de qualquer corrente ou nascente para necessidades primárias; estabelece em seu **artigo 36, parágrafo segundo**: “*o uso comum das águas pode ser gratuito ou retribuído, conforme as leis e regulamentos da circunscrição administrativa a que pertencem.*” — o preceito, esboço da figura do **usuário-pagador**⁵³, jamais se implementou⁵⁴; dispõe a ninguém ser lícito *conspurcar ou contaminar* as águas não consumidas, com prejuízo de terceiros, além de reivindicar aos infratores as custas dos trabalhos em restauração da salubridade, não os eximindo de responsabilidade criminal (se houver), perdas e danos a que derem causa e eventuais multas: vê-se a regra como precursora do **princípio poluidor-pagador**⁵⁵; enuncia conceitos fundamentais ao Direito Ambiental, ao adotar o regime dominial.

A despeito de avanços pontuais, o arcabouço legal e arranjo institucional precisos ao trato de matéria ambiental assomam-se na **Lei nº 6.938**, de **31.08.1981**, generativa da **Política Nacional do Meio Ambiente** e do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), objetivando-lhe a preservação, melhoria e recuperação da qualidade propícia à vida; discrimina premissas afetas à sustentabilidade do recurso, com destaque à racionalização de seu emprego, fiscalização e zoneamento de ações potencial e/ou efetivamente poluidoras, monitoramento e resguardo do patrimônio público ambiental.

A edição da **Resolução nº 20/CONAMA**, em **18.06.1986**, afigura-se importante ao fixar padrões de qualidade aos corpos hídricos — precedendo tendência acolhida na Lei nº 9.433/97 (pág. 53) — classificando-os e moldando-os aos fins precípuos em acordo àquele critério.

⁵³ Ver seção 1.4.

⁵⁴ Regularizam-se tão só os dispositivos concernentes à destinação hidroenergética (MMA/SRH/ANA, 2002c).

⁵⁵ Ver seção 1.4.

A **Constituição Federal de 1988**, de moderna concepção, introduz profundas alterações em relação às Cartas anteriores; compreende os rios via noção de bacia hidrográfica, ensejando a gestão integrada e racional dos recursos hídricos; em seus **artigos 20, inciso III e 26, inciso I**, torna de **domínio público** os corpos d'água: pertencem à União os *rios e lagos que banhem mais de um Estado, sirvam de limites com outros países ou se estendam a território estrangeiro ou dele provenham, bem como os terrenos marginais e as áreas fluviais*; aos Estados-membros reservou, no âmbito de suas divisões territoriais, *as águas superficiais ou subterrâneas, fluentes, emergentes e em depósito, ressalvadas, nesse caso, as decorrentes de obras da União*; **deixam de existir, desse modo, as águas municipais e particulares, aqui-escidas pelo Código de 1934**; designa competência à União para instituir sistema nacional de gerenciamento de recursos hídricos, discernir critérios de outorga de direitos de usos (**artigo 21, inciso XIX**) e legislar privativamente sobre água (**artigo 22, IV**) — embora admita estender aos Estados-membros tal possibilidade, mediante Lei complementar (parágrafo único); investe os entes da federação das três esferas em tarefa comum de proteção ao meio-ambiente e combate à poluição (**artigo 23, inciso VI**), registro, acompanhamento e fiscalização das concessões de pesquisa e exploração hídricas (**artigo 23, inciso XI**).

Algumas constituições estaduais posteriores à Carta Magna expandiram a preocupação com a administração do setor em comento, antecipando-se à lei federal: Pará, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, São Paulo, Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Distrito Federal exemplificam.

Positivada pela Lei Federal nº 9.433/97, em 08.01.1997, a **Política Nacional de Recursos Hídricos** inova ao conter subsídios que intencionam assegurar à geração atual e às futuras o necessário suprimento do líquido em condições adequadas de pureza: ajusta-se assim à definição de *desenvolvimento sustentável*⁵⁶, prescrevendo a *utilização racional e integrada dos recursos hídricos* (**artigo 2º, inciso II**); opina pela gerência sistemática, sem dissociação dos aspectos quantidade e qualidade — toleradas as diversidades físicas, bióticas, demográficas, econômicas sociais, culturais — articulada às políticas ambiental e de uso do solo; prega a sintonia entre as diretrizes nacional, regional, estadual e dos segmentos usuários; invoca prevenção e defesa contra eventos hidrológicos agudos de origem inata ou procedentes de indevido proveito de recursos naturais; estipula penalidades desde advertências e multas pecuniárias a embargos provisórios e definitivos, com revogação de outorga (**Título III, artigos 49 e 50**).

⁵⁶ Ver seção 1.1.

Tem como elenco de instrumentos⁵⁷:

- **Planos de recursos hídricos:** de longo prazo, com horizontes de planejamento compatíveis aos períodos de execução dos projetos, fundamentam e orientam a efetivação da Política Nacional de Recursos Hídricos; providenciam diagnóstico hídrico, balanços quantitativos e qualitativos de disponibilidades/demandas futuras, identificação de conflitos potenciais, metas de eficiência do usufruto, áreas de restrição, prioridades de outorga e cobrança pelo uso de águas (a lista não se exaure); elaboram-se por bacia hidrográfica, por Estado-membro e para o país;

- **Enquadramento dos corpos de água em classes:** aventado por regra anterior (página 51), mira graduar-lhes o grau de pureza — conformando-os às respectivas vocações — e diminuir os custos incorridos na coerção às ações de contaminação, preventiva e permanentemente;

- **Outorga dos direitos de uso:** elemento de controle por excelência, por seu intermédio o usuário recebe autorização, permissão ou concessão⁵⁸ à exploração dos recursos hídricos: realizam, pois, o exercício dos direitos de acesso à água; sujeitam-se à prescrição a derivação (ou captação) subterrânea e superficial para consumo final — **inclusive abastecimento público, quanto à última** —, serventia como insumo produtivo e demais atividades que lhe alterem o regime e propriedades; o lançamento de resíduos líquidos/gasosos para diluição, transporte ou disposição final; o aproveitamento de potenciais hidrelétricos; eximem-se os pequenos núcleos do meio rural e os processos envolvendo proporções insignificantes do líquido; observa os múltiplos préstimos da água; condiciona-se às prioridades delineadas no plano de recursos hídricos e à classe de enquadramento dos corpos d'água;

⁵⁷ A Lei nº 9.433/97 intercala a **compensação aos municípios** — retribuição financeira àqueles com perdas de áreas por inundações provocadas por reservatórios — no rol das ferramentas à Política Nacional de Recursos Hídricos (**artigo 5º, inciso V**); no entanto, vetaram-se os dispositivos que lhe diziam respeito, quais sejam o **artigo 24**, seus incisos e parágrafos; aguarda-se, por conseguinte, regulamentação ulterior.

⁵⁸ **Autorização** “(...) é o ato unilateral, discricionário e precário pelo qual a Administração consente na prática de determinada atividade individual incidente sobre um bem público”; **permissão** “(...) é o ato negocial, unilateral, discricionário e precário pelo qual a Administração faculta ao particular a utilização individual de determinado bem público”; **concessão** “(...) é o contrato administrativo pelo qual o Poder Público atribui a utilização exclusiva de um bem de seu domínio a particular, para que o explore segundo sua destinação específica. O que caracteriza a **concessão de uso** e a distingue dos demais institutos assemelhados ¾ **autorização e permissão de uso** ¾ é o caráter contratual e estável da outorga do uso do bem público ao particular, para que o utilize com exclusividade e nas condições convencionadas com a Administração”; “(...) Se não houver interesse para a comunidade, mas tão-somente para o particular, o uso especial não deve ser **permitido nem concedido**, mas simplesmente **autorizado**, em caráter precaríssimo; vê-se, portanto, que a **permissão de uso** é um meio-termo entre a informal **autorização** e a contratual **concessão**, pois é menos precária que aquela, sem atingir a estabilidade desta; a diferença é de grau na atribuição do uso especial e na vinculação do usuário com a Administração.” (Meirelles, 2000)

• **Cobrança pelo uso:** visa **reconhecer a água como bem econômico, sugerir-lhe o real valor**, estimular se lhe racionalize o emprego, financiar programas e intervenções contemplados nos planos de recursos hídricos; submetem-se ao encargo as atividades passíveis de outorga, nos termos do **artigo 12** daquela norma, considerando o volume comprometido e seu regime de variação nas derivações, captações, extrações; acrescentando as características físico-químicas, biológicas e de toxidade do afluente, tomam-se semelhantes fatores quando do lançamentos de esgotos e resíduos líquidos/gasosos nas correntes d'água. A arrecadação reverte-se prioritariamente à bacia hidrográfica em que se originou. Destina-se:

- a) ao financiamento de estudos, intentos, obras inseridas em planos de recursos hídricos;
- b) ao pagamento de despesas de implantação e custeio administrativo dos órgãos e entidades participantes do Sistema Nacional de Gerenciamento (ver item **3.3.3**), constricto a 7,5 % do valor apurado.

• **Sistema de informações:** reúne a coleta, organização, crítica e difusão da base de dados, usos e balanço hídrico de cada bacia; tipificam-no a coordenação una, o **acesso universal** ao seu conteúdo e a descentralização da obtenção e produção dos subsídios; contribui à formulação dos planos de recursos hídricos e auxilia gestores e sociedade no implemento de estratégias consentâneas à boa gestão, ao divulgar o conhecimento.

4.2 Fundamentos

O texto legal enumera os princípios norteadores da Política Nacional de Recursos Hídricos. São eles (Lei nº 9.433/97, **artigo 1º, incisos I a VI**):

• **A água é um bem de domínio público, limitado e de valor econômico:** consoante o exposto, reafirma assertiva constitucional, extinguindo as águas particulares (página 52); induzindo a eficiente fruição do líquido, dá oportunidade ao estabelecimento do sistema de arrecadação proposto;

• **Prioridade ao consumo humano e à dessedentação de animais em situações de escassez;**

• **Usos múltiplos:** supervenientes ao desenvolvimento econômico, acenam à saudável competição entre as utilizações dos recursos hídricos, advogando-se supremacia, em cada bacia ou região hidrográfica indistintamente ao alcance dos setores interessados, às que ocasionarem os maiores benefícios sociais líquidos, isto é, contribuirão ao bem-estar;

- **Bacia hidrográfica como unidade territorial de planejamento:** de expressão multidisciplinar, embute conceitos federativos, fisiográficos, antrópicos, hidrogeológicos e adicionais aspectos influentes à estrutura hídrica;

- **Gestão descentralizada e participativa:** coadunando-se ao espírito democrático vigente, rezou o legislador pela comunhão entre **governo, usuários e comunidade** nas resoluções ratificadas **no âmbito da bacia hidrográfica** (ver seção seguinte).

4.3 Arranjo institucional

O **Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos**, criado pela Lei nº 9.433/97, compõe-se⁵⁹ (**artigo 33, incisos I a V**):

- do **Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH)**: aqui têm representação o governo federal e os estaduais (advinda de **organismos correlatos nos Estados-membros e Distrito Federal**, também a integrar a hierarquia), usuários e organizações civis afins; instância gerencial máxima, cuida em harmonizar as diretrizes locais e nacional, arbitrar conflitos e deliberar sobre projetos interestaduais, investigar proposições de mudanças à legislação pertinente, empenhar-se na condução da Política Nacional de Recursos Hídricos e seus instrumentos (página 53), como a *outorga* e a *cobrança pelo uso*, aprovar propostas de abertura de Comitês Hidrográficos (ver abaixo), etc. (**artigo 35, incisos I a X**);

- dos **Comitês de Bacia Hidrográfica**: foro político **na circunscrição da bacia, sub-bacia ou grupos contíguos destes** (**artigo 37, incisos I a III**), consubstancia um dos pilares da moderna gerência de águas no Brasil, qual seja, desconcentração de decisões e ativo papel da sociedade (ver tópico 3.3.2); *em seus limites*, procede de forma análoga ao **CNRH**, ao dirimir disputas, fomentar o debate de matérias próprias aos programas hídricos, zelar pelo cumprimento do contexto legal em voga; diferencia-se daquele quando soma a seus quadros os membros provenientes dos Municípios que se lhe incluem na jurisdição;

- das **Agências de Água**: condicionadas à prévia existência dos correspondentes Comitês de Bacia, exercem a função de secretaria-executiva destes, posto se resumam à mesma área de atuação; objetivam, entre outras prerrogativas, efetuar — mediante delegação do outorgante — a cobrança pelo uso dos recursos hídricos, opinar-lhe o valor (atribuição igualmente cabível ao CNRH) e acompanhar a administração do montante arrecadado: é-lhes requisito à efetivação tal resultado, por lhes determinar a (in)viabilidade financeira.

⁵⁹ A lei ainda arrola os órgãos dos poderes públicos das três esferas com competências afetas à gestão hídrica.

5-INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

5.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O desenho de políticas efetivas e economicamente eficientes à consecução das metas ambientais afigura-se crescente desafio às respectivas instituições reguladoras. Impõe-se associar a melhoria da qualidade ao menor custo econômico possível, particularmente ante a percepção de se não revelarem de pleno êxito os esquemas de regulação tradicionais (mecanismos de comando e controle) quanto à reversão de processos de deterioração do padrão ambiental. Ademais, frente à predominante conjuntura de restrição fiscal — sobretudo em países em desenvolvimento — as autoridades competentes vêem limitadas as possibilidades de fortalecer suas capacidades mediante maiores dotações orçamentárias, carreando à busca de soluções alternativas destinadas ao financiamento dos avanços na administração do meio-ambiente.

Os chamados **instrumentos econômicos** ajuntam-se aos elementos ortodoxos de ordenação — manifestamente durante a última década do século XX — incorporando-se ao rol do arsenal de gerência ambiental, posto introduzam maior flexibilidade mediante incentivos baseados em preços/custos e permitam a formação de fundos supridores da manutenção e investimentos exigidos. Complementam os marcos legais existentes, reconhecida a essencialidade de normas, controles, sanções e demais vias de intervenção pelo Poder Público; minimizam o custo total comprometido à sociedade, porquanto consentem aos agentes individuais reduzir significativamente os gravames incorridos no adimplemento das diretrizes vigentes; têm êxito dependente, entre outros fatores, da sintonia entre gestores fiscais e ambientais e de sólida estruturação institucional; realçam a habilidade dos governos em lidar com implicações ecológicas e desenvolvimentistas de maneira custo-eficiente, ao promover inovações tecnológicas de influência no consumo e produção; revestem-se em notável fonte de acumulação de fundos.

A declaração do Rio e a Agenda 21 firmam-nos importantes, dizendo representarem meios à promoção da **internalização** dos custos ambientais e aplicação do princípio *poluidor-pagador*. Com efeito, em seu princípio nº 16, a **Declaração do Rio de Janeiro** (1992) estabelece: (...) *As autoridades nacionais devem envidar esforços à promoção da **internalização** dos custos de proteção do meio ambiente e o uso dos instrumentos econômicos, cientes da possibilidade de o poluidor assumir, em princípio, o ônus da poluição, mirando o interesse público, sem desvirtuar o comércio e investimentos internacionais (...)* [N.T.].

5.2 EXTERNALIDADES

Sob enfoque econômico, tipificam-se quando da satisfação das condições a seguir (Baumol/Oates, 1988):

a) As relações de utilidade/produção de um indivíduo (**A**) incluem variáveis reais (não-monetárias), cujos valores, alheios à própria vontade, determinam-se a partir de agentes outros (pessoas, corporações, governo), sem que atentem às consequências (des)favoráveis de suas escolhas ao bem-estar de **A**.

b) Os entes cujas ações afetam as funções de utilidade/produção de **A** não recebem (pagam) em compensação por estas atividades em quantia igual aos benefícios (custos) impostos àquele.

Se atendidos os requisitos, semelhantes efeitos colaterais advindos dos processos produtivo e de consumo chamar-se-ão **externalidades**; caso gerem resultados **positivos**, podem denominar-se **benefícios externos** ou **economias de externas**; se **negativos**, **custos externos** ou **deseconomias externas**. De agora em diante, em nosso estudo, salvo referência contrária, reservaremos o termo **externalidade** para conotar influências **negativas**, particularmente supervenientes sobre o meio-ambiente e recursos naturais⁶⁰. Logo, moldam-se **custos externos** quando da prevalência concomitante de duas situações, quais sejam a depreciação do bem-estar de um agente pela interferência de outrem e a não-internalização, via sistemas de preços, das citadas perdas.

Externalidade ótima⁶¹

A detecção de fatores generativos de externalidades — poluição ou utilização da água para precisões básicas⁶², por exemplo — não se verte forçosamente em relevância à economia. Ainda que economicamente manifestos, pode-se não desejar a eliminação dos fenômenos (Pearce/Turner, 1990).

⁶⁰ O modelo desenvolvido no capítulo 6 refere-se ao uso consuntivo dos recursos hídricos para fins de **abastecimento humano, esgotamento sanitário e irrigação**.

⁶¹ O termo *ótimo*, de larga difusão na literatura econômica (Pearce/Turner, 1990), emprega-se em virtude da inexorável **associação** entre **processo produtivo** e **geração de externalidades negativas** (poluição, exemplificando); afigurando-se inevitáveis estas últimas, procura-se firmá-las em padrão econômico viável, atendo-se inclusive a critérios ambientais.

⁶² Carrera-Fernandez (2000b) explica que o aproveitamento do líquido por usuário reduziria o volume disponível a outros consumidores, originando em decorrência **deseconomias externas**, posto se não compensem os últimos.

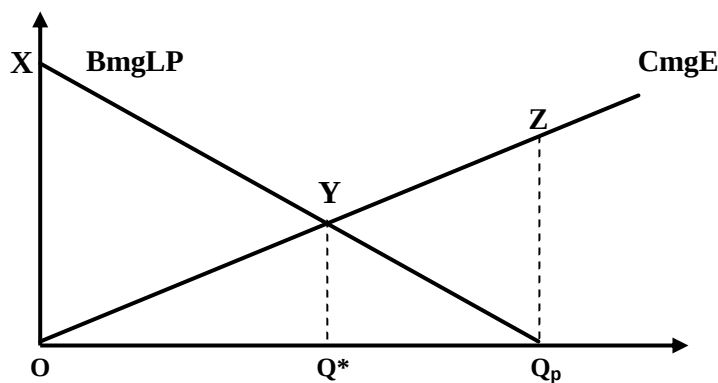


Figura 5.1 Definição econômica de poluição ótima

Fonte: Pearce /Turner, 1990

Mensura-se na figura 5.1 no eixo das abscissas (horizontal) o nível de atividade econômica, Q , em unidades de produção. O eixo das ordenadas reserva-se aos custos e benefícios, em termos monetários. **BmgLP** é o *benefício marginal líquido privado*, cuja derivação formal mostra-se no Apêndice. Uma explanação intuitiva faz-se plausível. Ao operar e, portanto, originar o dano ambiental, o poluidor⁶³ incorre em **custos** e recebe **benefícios** na forma de **receita**. A diferença entre receitas e custos é o *benefício líquido privado*, cuja versão marginal é o **BmgLP**, ou seja, o benefício líquido extra pela mudança do nível de operação em uma unidade. O valor do dano incremental causado pelo aumento da poluição a partir da atividade graduada por Q é traduzido pelo *custo marginal externo* (**CmgE**). Supomos um ambiente de perfeita competição e funções de utilidade e produção convexas.

O *nível ótimo de externalidade* alcança-se no ponto **Y** em que se cruzam as retas representadas (**BmgLP = CmgE**). Elucidemo-lo: porquanto dimensionem quantidades marginais, as áreas sob as curvas **BmgLP** e **CmgE** exprimem as respectivas **magnitudes totais**: esta, o *custo externo*; aquela, o *benefício líquido privado*. Ponderando-se equitativamente ganhos e perdas de agentes ativos e passivos, o objetivo da sociedade **implementa-se pela maximização da diferença entre benefícios e custos totais (benefício líquido)**. Vê-se que o triângulo **OXY** contém a maior possível equivalente.

Aclara-se Q^* seja a **quantidade ideal de produção**, à qual associa-se o **montante físico ótimo de poluição**. A área **OYQ***, portanto, mensura o **nível ótimo total de externalidade**, vertendo o dano econômico a um dado valor Q^* .

⁶³ Adotaremos a poluição como paradigma de externalidade por facilitar a percepção do leitor. Insistimos que mais adiante, no capítulo 6, analisar-se-á o uso consuntivo do recurso natural água.

Formalmente, em Q^* :

$$BmgLP = CmgE$$

mas, (Pearce/Turner, 1990)

$$BmgLP = P - Cmg$$

onde Cmg é o custo de produção **privado**. Assim:

$$P - Cmg = CmgE \quad \therefore$$

$$P = Cmg + CmgE \quad (I)$$

Logo, o preço P iguala o *custo marginal social* ($CmgS$), ou seja, a soma dos custos marginais adstritos à atividade generativa de externalidades. O resultado $P = CmgS$ é condicionante da chamada **otimização de Pareto**⁶⁴. Ainda quanto à **figura 5.1**, teríamos:

Q^* denotando a atividade econômica ótima;

Q_π , o padrão de atividade econômica que gera benefícios líquidos privados máximos;

Área $OXYQ^*$, o nível ótimo de *benefício líquido privado* do produtor;

Área OYQ^* , o dano ambiental ótimo;

Área OXY , o nível ótimo de *benefício líquido social*⁶⁵;

Área Q^*YZQ_π , o dano ambiental indesejado;

Área Q^*YQ_π , o *benefício líquido privado* não desejado;

Área YZQ_π , o *prejuízo líquido social* a ser evitado ao operar-se em Q^* .

O resultado em (I) demonstra que **em presença de externalidades, o custo marginal privado (Cmg) difere do custo marginal social ($CmgS$)**; por decorrência, divergem também os correspondentes *custos privado* e *social*. Se tal dissociação não é corrigida, o produtor persistirá a trabalhar no ponto Q_π (lucro privado máximo — figura 5.1). Em Q_π , o *benefício líquido privado* é maximizado na área OXQ_π ; os *custos externos* são a área OZQ_π ; destarte, o *benefício líquido social* (**BLS**) — dado pela **diferença** entre o *benefício líquido privado* e os custos externos — será definido por:

⁶⁴ Contexto no qual se torna impossível melhorar o estado de indivíduos sem prejudicar outrem (Mas-Collel/Whinston/Green, 1995).

⁶⁵ Dado pela diferença entre o *benefício líquido privado* e os *custos externos*.

$BLS = \text{área } OXQ_p - \text{área } OZQ_p$, e, conseqüentemente:

$BLS = \text{área } OXY - \text{área } YZQ_p$, valor **inferior** à **área** OXY , quer seja, o *benefício líquido social* obtido quando o nível de atividade é regulado para Q^* , conforme apresentado.

O nível de externalidade expresso por Q^*YZQ_π é dito *Pareto relevante*: uma vez removido, induz a ganho líquido nos benefícios sociais (*melhora de Pareto*); ao revés, OYQ^* é dita *Pareto irrelevante*, por lhe ser desnecessária a eliminação.

5.3 ESCOPO DOS INSTRUMENTOS ECONÔMICOS

A combinação de falhas estratégicas (tais quais subsídios distorcidos), institucionais (como a ausência de direitos estáveis de propriedade), e de mercado (externalidades exemplificariam) subestima os recursos naturais exauríveis, os ativos ambientais e, por extensão, os bens e serviços que deles procedem — isto é, estabelece **preços inferiores aos socialmente ótimos** — e provoca **defasagem entre os custos sociais e privados** envolvidos nas atividades produtiva e de consumo. Por conseguinte, os reais estados de escassez e deterioração ambiental se não sinalizam adequadamente, via preços relativos, aos agentes que lhes deram causa, ensejando, por um lado, o excesso de produção e consumo de artigos que contribuem à exaustão e poluição e, em pólo oposto, subprodução e subconsumo de bens que não estimulam tais processos. Destarte, o padrão resultante de crescimento e estrutura econômicos é tal que mina sua própria base de recursos e, em última instância, torna-se insustentável.

5.3.1 Full-Cost Pricing

As ferramentas econômicas permitem a **reaproximação entre os custos privados e sociais ao internalizarem**— a expensas dos associados produtores e consumidores — **os custos externos**, quais sejam, de **rareamento** e **poluição**; incorporam-se estes, pois, aos **custos de produção na constituição do chamado full-cost pricing, ou preço que reflete todos os custos** [N.T]. Assim:

$$p = Cmg_p + Cmg_{ex} + Cmg_a$$

p : preço

Cmg_p : custo marginal de produção

Cmg_{ex} : custo marginal de exaustão

Cmg_a : custo marginal de danos ao meio-ambiente

Erros estratégicos produzem **custos marginais de produção** (Cmg_p , relacionados ao capital, trabalho, etc.) a níveis abaixo do custo de oportunidade social (custo real dos fatores para a sociedade), encorajando uso ineficiente e perdulário dos insumos produtivos.

Falhas institucionais deprimem os benefícios auferidos pelos indivíduos ao conservarem recursos exauríveis e removem o **custo marginal de exaustão** (Cmg_{ex}) dos cálculos dos formuladores de política. Para o usuário, o Cmg_{ex} é tomado nulo, ainda que para a sociedade mensure-se elevado e progressivo. Decorre do contexto a subavaliação e o emprego veemente e ineficiente dos recursos, bens e serviços deles advindos.

Erros de mercado fazem com que importantes custos (e benefícios) sociais se não contabilizem nas decisões de produtores e consumidores, induzindo-os adotar **custos marginais ambientais** (Cmg_a) iguais a zero, por inexistirem preços de mercado para os serviços correlatos. Recorrentemente, surgem a subestimação de preços e a intensa utilização de produtos danosos ao meio-ambiente.

A figura 5.2 a seguir ilustra o exposto:

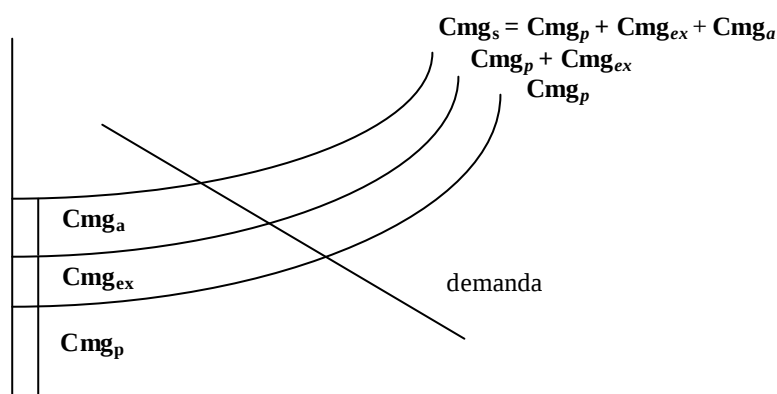


Figura 5.2 Custos de produção e custos externos

Fonte: Adaptado de Panayotou, 1994

Os instrumentos econômicos — à medida que inibem desvirtuamentos nos subsídios, asseguram direitos de propriedade, taxam a poluição, cobram agentes, permitem negociação de emissões, reembolsam depósitos — asseveram corrigir tais distorções, reinstaurar o *full-cost pricing* e realinhar a alocação de recursos aos objetivos e interesses sociais — condição imprescindível ao desenvolvimento sustentável, isto é, à articulação entre propósitos ambientais e precisões desenvolvimentistas; proporcionam qualidade de ajustamento de mercado, eficiência ou minimização de custos, acomodações de elementos heterogêneos, conformação às vicissitudes do sistema; se apropriadamente designados e executados, mais que mitigar

o aparente conflito evolução/meio-ambiente, fazem-nos parceiros, revelando indícios de rareamento e/ou deterioração ambiental, incitando procedimentos adequados e debilitação de perdas; dispensam grandes e dispendiosas estruturas, ações impositivas ou mandatórias ao alterar os incentivos aos produtores e consumidores; transferem dos burocratas ao mercado a responsabilidade de identificação e exploração de arranjos menos onerosos de monitoramento de poluentes.

5.3.2 Eficiência e Equidade

A obtenção de distribuição eqüitativa de custos e benefícios, sem sacrifício da eficiência ou custo-eficiência — conjuntura necessária ao desenvolvimento ótimo e sustentável — constitui-se outra vantagem dos instrumentos econômicos, uma vez separem os agentes responsáveis pelo controle da poluição/conservação dos recursos naturais daqueles sobre quem incidirão os conseqüentes ônus. Quanto aos primeiros, atribui-se a incumbência aos que incorrem em menores custos (**custo-eficiência**). Para que resultem **eficientes**, injuge-se não ocorram o controle/conservação além do justificado pelos benefícios resultantes, ou seja, realizam-se até o ponto em que o custo incremental de poluir/conservar iguala os benefícios marginais — os danos adicionais evitados. Ao se denotarem **eqüitativos**, pressupõem se pague por quem se delibere seja justo cumpri-lo: se semelhante senso de retidão estender a toda a sociedade o direito a um meio-ambiente limpo, **aos usuários que lhe provocam o desperdício (poluidores), se consumidores e/ou produtores, imputam-se os devidos encargos**: assumem assim os custos comprometidos na condução a níveis sociais ótimos do controle da poluição/conservação dos recursos naturais e o pagamento do aproveitamento do potencial assimilativo do meio-ambiente, ativo renovável, porém exaurível; tal acepção, conhecida por **princípio poluidor-pagador**, é assimilada pela maioria dos países como meio eqüitativo de distribuir os custos incluídos no processo, reclamando-os aos poluidores. A definição se não afeta da **eficiência**, senão da justiça. Os gravames envolvidos compartilham-se entre produtores e consumidores⁶⁶ consoante a elasticidade da demanda para o produto em questão. Acorde Panayotou (1994), acolhe-se ilusória concepção ao reservar ao segmento privado a responsabilidade quase exclusiva da degradação ambiental e ao setor público o papel de regulador por excelência. Em verdade, segundo o autor, governos e empresas estatais provêm os maiores índices de contaminação e deterioração, quer diretamente, via produção, consumo e

⁶⁶ Panayotou (1994) alerta para o equívoco em caracterizar os atores produtivos como poluidores primeiros; desde que não há produção sem a correspondente demanda, aos consumidores conferir-se-ia a classificação.

investimento, quer de forma indireta, ao subsidiar atividades potencialmente poluentes ou fixar legislação débil sobre a matéria. A adoção da **eqüidade** requer sejam os custos alocados entre os poluidores à proporção dos danos que gestaram, vale dizer, das emissões em específicos espaços hídrico e aéreo.

O **princípio usuário-pagador** — ainda regra distributiva, prevê cessão dos direitos de uso do meio-ambiente — **destina o ônus dos procedimentos de controle/conservação aos seus prováveis beneficiários, conforme os proveitos esperados**; funda-se na concepção de que a apropriação de um bem por entes privados suscita à coletividade exigir a devida compensação financeira.

A tarifação conveniente de recursos naturais acarreta dê-se ampla interpretação à noção de aproveitamento. Cingindo-se à utilização da água, discriminar-se-iam os usuários consumidores — derivam-na para abastecimento domiciliar, industrial e agrícola —, transmissores de rejeitos — lançam águas residuais —, não-consumidores — empregam-na não-consuntivamente. O preceito prevê se lhes cobre por todas as modalidades relatadas, sem ater-se à oportunidade ou adequação do encargo.

Do exposto, afigura-se indispensável à aceitação de determinada ferramenta econômica a reunião dos requisitos **eficiência e eqüidade**, consentido ao gestor monitorar o uso/poluição — até o instante em que se igualem o **custo marginal social e o benefício marginal** — e perseguir níveis mínimos de custos de controle, imputando-os aos entes generativos conforme o volume emitido.

A tentativa de obtenção de padrão social ótimo de preservação ambiental assegura à sociedade apoderar-se dos direitos ambientais ultrapassado esse patamar, porquanto infligem gravames aos infratores.

5.3.3 Classificação

Incorporadas à gerência dos recursos naturais e proteção do meio-ambiente de forma isolada ou mutuamente associadas — originando inúmeras possibilidades de combinações — as ferramentas econômicas prestam-se a induzir mudança no comportamento dos agentes ao internalizar os custos de exaustão e/ou ambiental, valendo-se de alterações nas estruturas de incentivos por eles encaradas (preferencialmente à imposição de um padrão ou tecnologia). Apresentam vantagens e limitações variáveis e adstritas às circunstâncias em que se aplicam.

Poderíamos dispô-los em:⁶⁷

- a) direitos de propriedade;
- b) criação de mercados;
- c) sistemas de cobrança;
- d) incentivos financeiros;
- e) legislação de responsabilidades e depósito/reembolso.

Passamos a discorrer a respeito.

a) Direitos de propriedade

Arrimam-se no reconhecimento de que a exaustão dos recursos naturais e a degradação ambiental surgem dos acenos enganosos a partir dos preços, advindos por ausentes ou inexpressivos os competentes mercados. Quanto a estes, faria-os emergir a instituição de prerrogativas sobre a pertença dos bens em tela, ocasionando a modelagem de preços a refletir e tolher processos de escassez e deterioração.

Sob direitos de propriedade bem-definidos, a avaliação dos recursos naturais incluir-lhes-ia o custo de rareamento, proporcionando-lhes emprego oportuno e conservação condizente a mudanças na escassez relativa. Três hipóteses concorrem para símile resultado: estruturas competitivas de mercado, não-divergência entre taxas de desconto social e privada, inexistência de externalidades não-incorporáveis ao modelo; uma vez não verificadas, inviabiliza-se a alocação social ótima: mecanismos não-competitivos comprometeriam a dinâmica de uso dos recursos; altas taxas privadas de desconto guiariam a velocidades de exaustão superiores às socialmente desejáveis (Stamford, 1999a); desconsiderados, efeitos colaterais externos acusariam análogo efeito. Nesse contexto, tornar-se-ia imperativa a assunção de congêneres dispositivos — subsídios, impostos, taxas exemplificariam — a avaliar o desempenho do instrumento em comento, promovendo competição e/ou disciplinando monopólios, ampliando o horizonte temporal, contabilizando externalidades.

Delimitação de atribuições, atarefando o governo em criar o arcabouço legal e institucional intrínseco ao satisfatório funcionamento do sistema e destinando ao mercado a distribuição dos recursos; acomodação às vicissitudes do processo, ao contrário do ocorrido aos meios de cobrança; redução dos gastos administrativos e debilitação do intervencionismo estatal complementariam o elenco de vantagens que se lhe reivindicariam (Lanna, 2001).

⁶⁷ Adaptado de Panayotou (1994).

Limitações há decorrentes de factíveis manipulações políticas e/ou econômicas que venham a orientar de modo ilegítimo o planejamento elaborado. Ao dispor do domínio dos ativos ambientais, a autoridade chama a si a auferição dos valores presentes associados ou executa a partilha consoante seus propósitos. Se desta maneira procede, pode fazê-lo como meio de melhorar a repartição de riqueza ou criar pressões de grupos organizados a arrogar-se em privilégio sobre a *res publica*. Não obstante mirem o aperfeiçoamento de eficiência, administração e preservação, os direitos sobre a propriedade arriscam-se restringir o acesso — manifestamente às classes menos favorecidas — a bens imprescindíveis à sobrevivência.

Direitos de propriedade e o potencial de negociação

Consoante explanado, em presença de custos externos não coincidem os padrões ótimos **social** e **privado** de atividade econômica: condicionar-se-ia o alcance do nível **social** ideal à intervenção governamental, mediante emprego do cabedal que se lhe oferece, quais sejam instrumentos econômicos ou de comando-e-controle.

Ainda que não asseverem a consecução de quantidade ótima de externalidade, os mercados podem orientar-se a esse fim prescindindo de meios regulamentares como taxas ou padrões ambientais (Coase, 1960). Mire-se a figura 5.3:

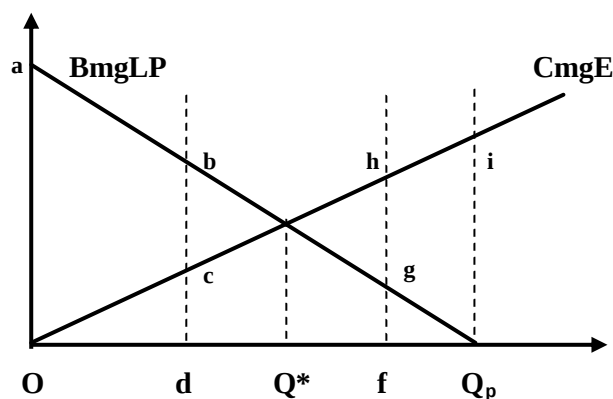


Figura 5.3 Poluição ótima por barganha

Fonte: Pearce/Turner, 1990

BmgLP: Benefício marginal líquido privado; **CmgE**: Custo marginal externo

O gráfico reproduz a figura 5.1. Sem regulamentação, o produtor escolherá o padrão de trabalho Q_π , maximizador de lucros, a despeito de Q^* representar o ótimo social. Busca-se tornar compatíveis as metas social e de mercado.

Admitindo pertençam ao **agente passivo** os direitos de propriedade, impende-se discerni-lo do congênere **ativo**: a este se não concede a prerrogativa de provocar a externalidade, enquanto que aquele não é passível de sofrer os danos, preferindo, portanto, iniciar o processo no ponto **O** da figura (ausência de custos externos). Suponhamos agora uma mudança em direção ao ponto **d**: o ente **ativo** acrescerá o equivalente à área **Oabd** ao lucro; concomitantemente, ao **passivo** imputar-se-á dano ambiental extra relativo ao triângulo **Ocd**. Desde que o ganho supera a perda imposta (**Oabd** > **Ocd**), recrudescer a possibilidade de negociação entre as partes: quem auferir os lucros poderá dispor-se a **compensar** o outro por alguma quantidade **maior que Ocd** e **menor que Oabd**, ainda assim mantendo saldo positivo; analogamente, remanescerá balanço favorável àquele que sofre os impactos negativos, por receber montante excedente ao prejuízo. Afigura-se, assim, a dita *melhora de Pareto*⁶⁸, visto o benefício compartilhado por ambos os lados. Se ao movimento de **O** a **d** subjaz melhoria social, é razoável crer provoquem-no também pósteros deslocamentos a **Q***. Para outros valores de **Q** > **Q***, as desvantagens do agente passivo sobrepõem-se às vantagens do ativo, impossibilitando a este último oferecer qualquer compensação àquele. Ao fim, depreende-se caso iniciemos no ponto **O** (atividade econômica inexistente) e confirmemos as prerrogativas sobre os bens aos pretensos prejudicados, o sistema tenderá a funcionar no nível social ótimo **Q***.

Investidos, por ora, **os que geram os danos ambientais** nos direitos de propriedade, principia-se do ponto **Q_π** (lucro máximo), posto arroguem-se proprietários. Partindo-se de **Q_π** a **f**, nota-se a **recorrência da barganha**, desta vez com os agentes **passivos** compensando os **ativos**, porquanto estes desistem de certo volume de atividade, a saber, **fgQ_π**, assentindo dessa forma no recebimento de quantia superior aos benefícios depreciados. De sua parte, os prejudicados pela geração de externalidades prontificam-se a pagar montantes inferiores a **fhiQ_π** — parcela da perda verificada se não houvesse movimento a **f**. Por conseguinte, exequíveis tornam-se os deslocamentos de **f** a **Q***, revestindo-se novamente no paradigma sobre o qual gravita todo o mecanismo.

Infere-se da discussão — à parte sobre quem recaiam os direitos de propriedade — haja propensão a atingir-se o ótimo **social**: a concepção é conhecida por **Teorema de Coase** (1960), rezando pelo ajustamento do mercado às externalidades **via negociação**, dispensando o intervencionismo estatal.

⁶⁸ Sobre melhora de Pareto, ver seção 5.2.

b) Criação de mercados

Engendrados a partir da intervenção direta da autoridade reguladora, associados a bens sem destinação específica (Dias, 2001), os mercados artificiais em qualidade ambiental⁶⁹ (Dales apud Dias, 2001) — avocando-se alternativa melhor custo-eficiente — somam-se aos meios normativos, de incentivos e investimento público, objetivando o alcance de níveis ótimos de aproveitamento/poluição dos pertinentes ativos. A perspectiva aborda o meio-ambiente como recurso escasso, ainda não-dotado de preço, sem inserção em estruturas de mercado e de utilização perdulária, por gratuito. Atuam, destarte, na definição e distribuição dos direitos individuais de uso, quer disciplinando-lhes o licenciamento — a propósito de fazê-los inferior à demanda —, de maneira a muni-los de **valor** e propiciar o emprego racional dos bens de que tratam, quer convertendo-os em comercializáveis, asseverando adaptação à capacidade assimilativa do meio-ambiente.

Mercados de direitos de poluir

Propostos por Dales (Dias, 2001), operam em dois estágios: inicialmente, o Poder Público dimensiona o nível agregado de emissões permissíveis em cada corpo natural — camadas de ar ou cursos d'água, por exemplo —, de acordo com o padrão corrente de poluição, carga suportável ou índices aceitáveis de contaminação. Como consequência, expedem-se títulos cuja soma das autorizações de poluir ali constantes cinge-se ao volume global previamente estabelecido, induzindo-os à escassez relativa e à aquisição de valor positivo (preço de mercado). Em um segundo momento, os agentes detentores de semelhantes concessões tornam compatíveis suas produções de poluentes ao patamar que se lhes tolera, graduando seus percentuais de lançamento ou negociando livremente os certificados (*tradeable emission permits* ou permissões transacionáveis de emissões). Indiciam-se as situações:

1. Expansão da atividade econômica:

A.1 Aumento dos lançamentos: determina aquisição de títulos no mercado;

A.2 Sem expansão das emissões: adoção de modernas tecnologias.

2. Manutenção da atividade econômica

B.1 Diminuição dos lançamentos: tornam-se disponíveis títulos vendáveis;

B.2 Estabilização das emissões.

⁶⁹ Introduzem as chamadas políticas *market based*, centradas em aspectos econômicos, em oposição às tradicionais ferramentas com base nos campos legal e institucional (*comando e controle*, seção 5.1) (Dias, 2001).

3. Diminuição da atividade econômica: aliando-se ou não à incorporação de maior controle de poluição, possibilitando geração de títulos negociáveis.

A estratégia acolhida pelos indivíduos com **expansão** da atividade industrial (categoria 1) vincula-se ao saldo incremental entre a receita daí advinda e o custo incorrido na compra de novos títulos: se positivo, optarão pela alternativa **A₁**, adquirindo-os das empresas enquadradas no critério 3 ou sub-categoria **B₁**, uma vez impossibilitado o aumento total dos lançamentos, senão a redistribuição entre as firmas participantes; caso contrário, escolherão o critério **A₂**. Entre os que **mantêm** a produção (categoria 2) e se não interessam em ganhos financeiros via venda de papéis no mercado ambiental, a classificação **B₂** lhes seria conveniente.

Sob a ótica da eficiência, pouco importa se a cessão dá-se graciosa ou onerosamente, haja vista a fixação de cotas e a livre negociação entre as partes, configurando-se a redução do volume emitido ao menor custo possível para a sociedade.

Mercados de direito de uso

Equivalem ao ordenamento anterior, atendo-se por ora à **quantidade** do recurso natural, excluindo a deposição, diluição e transporte de resíduos sólidos, adstritos aos mercados de poluição. Em tese, a quem seja atribuída utilização mais eficiente — de maiores benefícios econômicos privados — propende comprar os direitos de usufruto de outro que o faça com menor eficiência, disposto a vender por qualquer valor excedente ao benefício decrescente líquido que experimenta, resultante do bem que àquele repassa; o comprador, por sua vez, tem disposição de pagar quantias até o montante de seu benefício líquido crescente, derivado do volume adicional aproveitado. Ciente ser o ganho do adquirente superior à perda do cedente, propicia-se acordo a situar o preço de transação entre os extremos: na ausência de externalidades — isto é, assumindo se restrinjam as conseqüências às partes —, o esquema gera proveito líquido à sociedade. Efeitos colaterais negativos mitigam a eficiência e, em contextos limites, provocam ineficiência quando do emprego dos ativos ambientais.

Assimilação do preço de mercado por compradores e vendedores — impedindo a formação de monopólios, oligopólios, monopsonios e oligopsonios —, inexistência de economias de escala — eliminando as vantagens comparativas — constituem-se requisitos à alocação social eficiente de bens escassos. Em particular sobre os recursos hídricos e espaço aéreo, tipifica-os a **mobilidade** dos correspondentes fatores de produção, quais sejam, água e ar; este, ao dispersar-se, difunde em grandes distâncias a poluição emanada, relativizando a im-

portância das fontes que lhe ensejaram. Quanto àquela, reduz-se-lhe a propagação ao sentido montante-jusante — considerando se transporte sobre curso natural de rios — dificultando a gestão de mercados. Em termos de controle de poluição, dessemelhar-se-ia a transferência de certificados de agente situado a jusante para o instalado a montante de eventual operação recíproca⁷⁰, obrigando o estabelecimento de complexo sistema de equivalências entre papéis referidos a trechos fluviais distintos. Recorre-se a análogo raciocínio para as transações inatas ao aproveitamento hídrico em fins diversos: os usuários de derivações a jusante adquirem os direitos de seus congêneres a montante; o inverso raramente se possibilita, apresentadas as limitações físicas e naturais.

Escusa-se dizer há críticas à insuficiência destoldada pelos mercados em conjunturas nas quais se não atingem os almejados impactos sociais e ambientais e, a longo prazo, a eficiência econômica proclamada pelos *neo-clássicos* (Lanna, 2001). No dizer de Daly apud Lanna, 2001) (...) *Os preços de mercado são excelentes meios ao uso eficiente do fluxo de recursos proporcionado pela natureza, a serviço de populações com particulares perfis de riqueza e renda. Não se permite aos preços de mercado determinar as taxas de fluxo de matéria e energia através da fronteira que separa a economia do ecossistema, nem a distribuição dos recursos entre pessoas diferentes (ou entre gerações distintas, formadas por indivíduos diversos). À primeira impera-se seguir critérios ecológicos; à segunda, éticos. É natural às escolhas influenciarem os preços de mercado, mas precípua é que tais decisões **determinem***⁷¹ os preços, e não o oposto (...) [N.T].

c) Sistemas de cobrança

As políticas aqui dispostas miram na obtenção do ótimo social (Q^* , ver figura 5.1), consentindo a aproximação entre os custos **privado** e **social** e estabelecimento do *full-cost pricing*. Os **instrumentos econômicos** imiscuem-se — acorde discutido — nos ditos **mercados em externalidades**, sobre os quais alguma forma de intervenção faz-se requestada.

⁷⁰ Lançamentos e captações a montante refletem sobre os trechos a jusante, não se verificando o contrário, salvo em casos localizados de inversão de fluxo.

⁷¹ Grifo nosso.

Taxa Pigouviana ótima

Funda-se em valor imposto ao agente que provoca os custos externos, dimensionado a igualar o dano ocasionado (Pigou, 1990). A figura 5.4 reproduz concepção análoga a da figura 5.1.

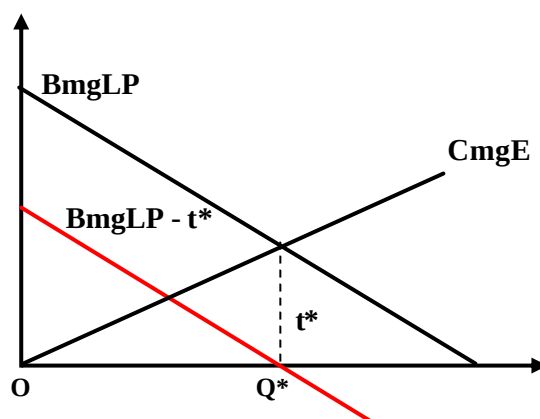


Figura 5.4. Taxa ótima de poluição

Fonte: Pearce/Turner, 1990

Ao impormos uma taxa (t^*) sobre cada unidade do nível de atividade generativa de poluição⁷², a curva **BmgLP** deslocar-se-á para a esquerda (**BmgLP - t^***): com efeito, se t^* é paga por cada unidade produzida, o associado lucro extra reduz-se por t^* ⁷³; à firma resta operar maximizando benefícios no ponto Q^* — inicialmente dissociados, Q_π e Q^* (ver gráfico 5.1) têm agora a mesma magnitude, fruto da assunção do encargo citado⁷⁴.

A chamada *taxa Pigouviana ótima* (t^*) equipara-se ao custo marginal externo (**CmgE**, seção 5.2.4), a saber, o dano marginal ambiental mensurado ao nível *aceitável*⁷⁵ de poluição.

⁷² Uma vez mais assume-se, por motivos didáticos e por fidelidade à elucubração original (Pigou, 1948), a poluição como modelo externalidade. Semelhantemente, a ação referida no texto poderia aludir ao **consumo de água por usuário residencial**; a correspondente taxa incidiria sobre **cada metro cúbico consumido** (seção 5.2.1).

⁷³ Formalmente, se $L = py - c$ antes da instituição do tributo (L: lucro; p: preço; y: nível de produto; c: custo), com a introdução de t^* teremos $L = py - c - t^*s$, com s equivalendo ao nível observado de externalidade. Derivando a expressão em relação a y, sobra $\partial L / \partial y = p - Cmg - t^*$ (c.q.d.).

⁷⁴ A curva em vermelho — denotando o *benefício marginal líquido social*, ou seja, a diferença entre o *benefício marginal líquido privado* e os *custos marginais externos* — constitui-se representação alternativa do conjunto inicial formado por **BmgLP** e **CmgE**.

⁷⁵ No mundo real, nenhum gravame incorporaria de modo pleno o desenvolvimento teórico latente à taxa Pigouviana; logo, preferir-se-ia a expressão *aceitável* à *ótima* (Pearce/Turner, 1990). Em verdade, segundo os autores, os sistemas de cobrança não são intensivamente utilizados, por predominante e comum a imposição e fixação de **padrões ambientais** pelas agências de governo.

Cobrança e direitos de propriedade

A figura 5.5 aproxima-se da anterior⁷⁶, com as áreas retangulares representando a(s) taxa(s) cobrada(s) (**produto** entre a *taxa unitária* e o *total produzido*).

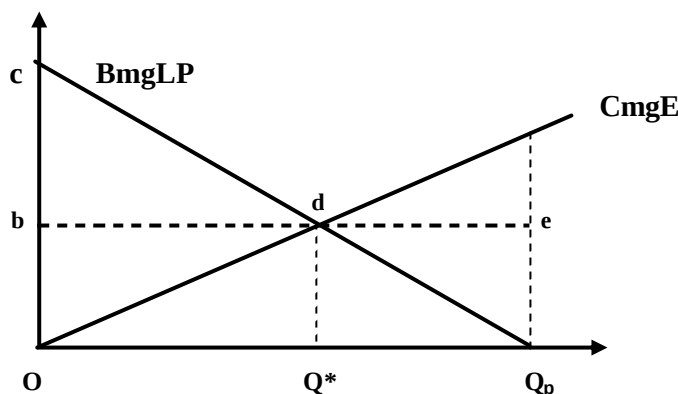


Figura 5.5 Taxação de poluição e direitos de propriedade

Fonte: Pearce/Turner, 1999

BmgLP: Benefício marginal líquido privado; **CmgE**: Custo marginal externo

Caso o produtor operasse no ponto de lucro máximo (Q_{π}), seria responsável por gravame equivalente à soma das áreas $Obdq^* + Q^*deQ_{\pi}$, não poderá arcar, entretanto, com a parcela concernente a Q^*deQ_{π} , posto sobrepuje o respectivo benefício líquido privado (Q^*dQ_{π}). Força-se assim a migrar para Q^* , patamar almejado pela teoria, com o escopo de evitar a incidência da taxa referente ao aumento da produção de Q^* a Q_{π} . Em Q^* , ainda assim penaliza-se duplamente — em comparação ao contexto anterior à imposição do encargo: enquanto abdica dos lucros⁷⁷ atinentes à Q^*dQ_{π} , ao mesmo tempo despende $ObdQ^*$, montante do tributo ao nível aceitável Q^* . A equidade é relativa: em não possuindo prerrogativas de emissão, dever-se-á a cobrança $ObdQ^*$ à utilização indevida de propriedade alheia. Caso contrário, infligir-se-lhe-ia despesa exorbitante.

⁷⁶ Desta vez se não representa a curva do *benefício marginal líquido social* (ver figura 5.4).

⁷⁷ Porfiemos quanto ao caráter exemplificativo da explanação. Poderíamos nominar o **usuário residencial** e sua perda de **utilidade**, ao invés das figuras do **produtor** e **lucros** correlatos.

Cobrança e custos de redução

Até este ponto, enfatizamos o enfraquecimento da atividade econômica — e decorrente debilitação dos custos externos associados — como nervura da instituição de ônus adicional ao agente ativo. Cogitamos agora da exequiabilidade de investimentos em equipamentos apropriados ao fito em comento, qual seja, internalização dos danos externos via sistemas de preços, firmando o padrão estável Q^* .

Atente-se à figura 5.6:

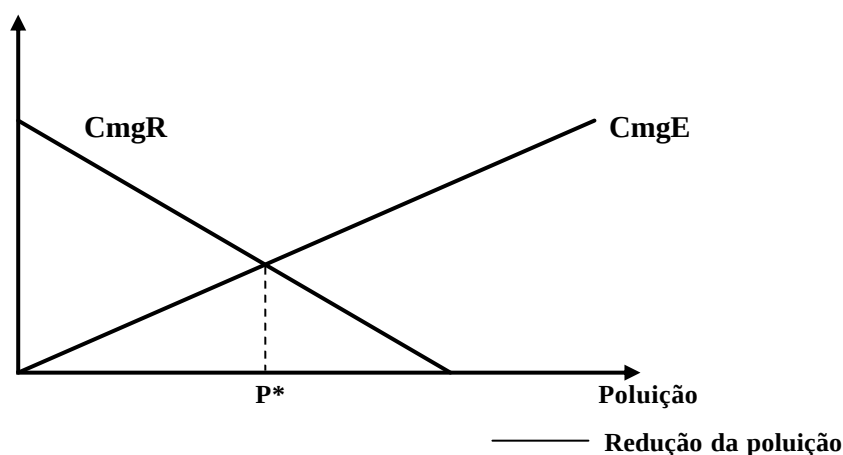


Figura 5.6. Poluição ótima: a abordagem dos custos de redução

Fonte: Pearce/Turner, 1990

$CmgR$: Custo marginal de redução; $CmgE$: Custo marginal externo

Cotejando-a à figura 5.1, anota-se a *substituição* de $BmgLP$ (*benefício marginal líquido privado*) por $CmgR$ — *custo marginal de redução*, isto é, custo extra em diminuir em uma unidade o dano provocado (poluição, por exemplo) mediante aquisição de equipamentos). Mantem-se $CmgE$. O eixo das abscissas gradua o nível de externalidades. A curva $CmgR$ apresenta inclinação descendente: quanto maior a redução da poluição, maiores os gastos⁷⁸.

O ótimo usual ocorre quando $CmgR = CmgE$ (ponto P^* na figura 5.6); o resultado é símile ao prévio ($BmgLP = CmgE$, seção 5.2): interpreta-se a curva de *custo de redução* como análoga à curva $BmgLP$, em conjuntura tal que o uso da tecnologia adequada reveste-se meio único profícuo à redução dos danos ambientais.

⁷⁸ De fato, excluir as grandes quantidades iniciais torna-se comparativamente menos oneroso que eliminar os níveis residuais, injungindo tecnologia avançada.

No dizer de Martinez (2000), (...) *pode-se considerar o princípio poluidor-pagador como tendo origem nos conceitos relativos à economia do bem-estar, expressos nos anos 20 pelo inglês Pigou (1920), segundo os quais os preços dos bens e serviços deveriam refletir integralmente os custos sociais, aí compreendidos os custos do ponto de vista ambiental (...).* E continua: (...) *Estendendo-se o conceito que embasa o princípio do poluidor-pagador, admite-se que a utilização de recursos naturais entra em seu campo de aplicação, o que conduz à adoção de um princípio poluidor e utilizador-pagador. A tarifação dos recursos naturais é, como a luta contra a poluição, domínio em que os preços não refletem integralmente os custos sociais de sua exploração; os custos de sua utilização são de um modo geral negligenciados (...).*

As concepções do **usuário** e **poluidor-pagador** embasam toda a manipulação a ser apresentada no capítulo 6, resolvendo os preços ótimos para utilização de recursos hídricos em fins de **abastecimento humano, esgotamento sanitário e irrigação**.

Subsídios

É sabido que as taxas Pigouvianas determinam modelo *ótimo* (**Pareto-ótimo**) em termos de uso de recursos e conseqüente geração de externalidades. Avaliemos se outro tipo de medida fiscal — o subsídio — garante conseguirem-se resultados semelhantes.

A diferença precípua entre as duas ferramentas verte-se na lucratividade ou não de determinada corporação a partir da adoção de um ou outro regime. Enquanto um sistema de taxas induziria empresas a deixarem a indústria, reduzindo seu nível de produção, subsídios atuariam de forma diversa, tornando possível o ingresso de mais firmas e aumentando o produto final. Porém, um sistema baseado no *subsídio positivo* — pagamento por parte da agência governamental competente à firma causadora do dano — se não mostra eficiente quanto à alocação dos recursos, constituindo-se em fonte de distorções. Observa-se apesar de aparentemente lucrativo para o agente, **propende aumentar o nível total de emissão de poluentes**, registrado para todas as firmas ínsitas em específica indústria.

Em princípio, é-se possível construir modelo de equivalência entre um e outro sistema (Baumol/Oates, 1988); na prática, entretanto, apresenta-se tarefa inconcebível, **por obrigatoria a assimetria entre taxas e subsídios** a qualquer construção plausível.

Façamos a comparação entre os métodos mediante análise da figura 5.7.

Sejam:

(y_i, p_i) representando o ponto de equilíbrio — nível de emissão de poluentes e associado preço — com a imposição do esquema i ;

S , curva de oferta da **indústria**⁷⁹ na ausência de subsídios ou taxas; D , a demanda.

S_i , curva de oferta da indústria sob emprego de i ;

$i = v$ (subsídio) ou t (taxa).

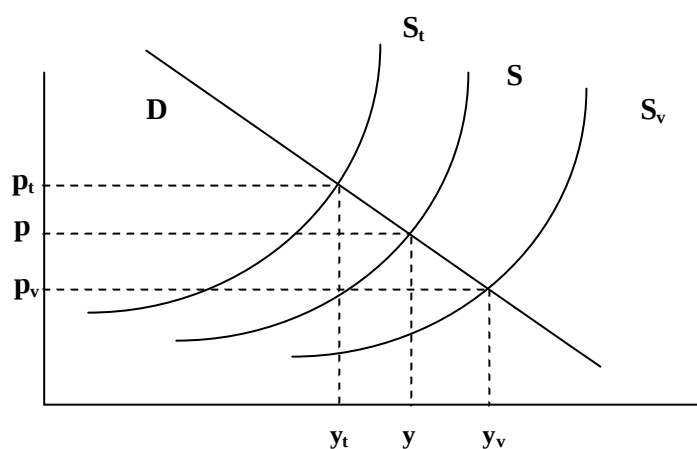


Figura 5.7 Equilíbrio da indústria: taxas X subsídios

Fonte: Baumol/Oates, 1988

Quando da adoção de **subsídios**, apesar de a firma **individual** reduzir o nível de emissão de poluentes comparativamente aos sistemas de taxa ou de ausência de quaisquer medidas fiscais, a emissão para a **indústria**, vale dizer, a geração **total** de poluentes, terá acréscimo ($Y_v > Y > Y_t$ no gráfico 5.7), com conseqüente prejuízo à sociedade em termos de qualidade ambiental — em última instância a meta perseguida.

Em verdade, há deslocamentos das respectivas curvas de oferta (gráfico 5.7), alterando, por conseguinte, o preço do produto acabado, a quantidade produzida, o volume global de lançamentos. Esses movimentos têm gênese a partir de mudanças na quantidade total de produto ofertado, decorrência de maior estímulo ao ingresso — caso dos subsídios, deslocando a curva para a direita em relação à posição original — ou à saída — pela imposição de taxas, deslocando-a para a esquerda da curva inicial — de firmas da respectiva indústria.

⁷⁹ Em sentido genérico, denotando um conjunto de firmas.

Atendo-se aos subsídios, tal introdução aguda de novas unidades econômicas no mercado elevará o nível geral de emissão da indústria, mais do que compensando (negativamente, assegure-se) a redução observada para a firma individual. Assim, consoante Baumol e Oates (1988) (...) *Em uma indústria competitiva, a escolha entre taxa e subsídio produz diferentes resultados. Quanto mais eficiente o subsídio, maior será o estímulo à entrada de firmas na indústria, ocasionando aumento do nível global de lançamentos; diversamente, o sistema de taxas forçará firmas a deixarem a indústria, implicando diminuição do nível global de emissão de poluentes (...)* [N.T.].

Depreende-se pela imposição de **taxas unitárias de redução de externalidades** como medida **apropriada à consecução da qualidade ambiental ótima**.

Enfatize-se a fundamentação da análise supradesenvolvida em sistema de subsídios por **redução de unidade de emissão** de poluentes, medida em relação ao *padrão ótimo* de poluição **fixado** pela respectiva agência governamental (Baumol/Oates, 1988). Assim, quanto maior a melhoria relativa à geração de poluentes, maior o montante *auferido* pela firma⁸⁰ — ou, dito de outra forma, menor o ônus em que incorrerá. Resulta assim em cobrança de preços **diferenciados**, regulados conforme o empenho do respectivo agente.

Portanto:

Subsídio = $g(s^* - s)$, onde

g representa o pagamento por unidade de redução de emissão;

s*, o padrão ótimo de emissão de poluição (firmado pela agência governamental);

s, o nível observado de emissão de poluição;

onde **g** e **s*** são tomados como constantes.

d) Incentivos financeiros

A motivação subjacente à criação de fundos especiais de proteção ambiental e conservação dos recursos naturais com frequência associa-se à tentativa de evitar a complexidade e morosidade do processo orçamentário, apesar de se assemelharem a instrumentos de conexão mais estreita com o orçamento, por fungíveis e emprestáveis. Diferenciam-se de subsídios e taxas por serem de natureza extra-orçamentária, provindo de fontes de ordinário externas.

⁸⁰ Formalmente, para **g**, **s*** e **s** definidos acorde explanado: $dg/d(s^*-s) > 0$

e) Legislação de responsabilidades e depósito/reembolso

Quanto à primeira, mira induzir comportamento social consentâneo à fixação de condutas legais concernentes a danos ao meio-ambiente, recursos naturais, propriedade e saúde, descumprimento de regulamentos, inadimplência quanto a eventuais taxas, subsídios, cobranças em geral. Encarnam o poder coercitivo do Estado, consubstanciado pela ação legal. Em oposição ao mecanismo de depósito/reembolso — cuja internalização dos custos externos realiza-se *ex-ante* — os elementos normativos atuam *ex-post*, provocados por desregramentos eventuais, não obstante se constituam medidas preventivas a ocorrências indesejadas.

Sistemas de depósito/reembolso transferem o controle pertinente à degradação ambiental aos produtores e consumidores que lhe deram causa, constrangendo-os à reutilização de produtos danosos — via reciclagem e subsequente tratamento adequado — assentando-os desta vez de modo conveniente à natureza. Dessa maneira procedendo, restitui-se-lhes fração embutida no preço do bem em questão, retribuindo-os parcialmente pelo trabalho prestado.

6. ASPECTOS TEÓRICOS/METODOLÓGICOS

6.1 VALOR ECONÔMICO DA ÁGUA

A caracterização da água como bem econômico decorre da sua finitude, manifestada por quadros de escassez do recurso nas mais diversas regiões. Apesar da constante renovação — via ciclo hidrológico — e possibilidade de estocagem em grandes quantidades, a captação efetivada a taxas de extração superiores à respectiva velocidade de reposição (Stamford, 2000), as evoluções científico-tecnológicas e demográficas registradas no decorrer do século XX, notadamente na segunda metade, ensejaram sombrias projeções em pósteros anos, ao propiciarem ulteriores e sucessivos aumentos na demanda pelo recurso. Como bem econômico, admite valor intrínseco de uso — variável e subjetivo, atribuindo-se-lhe utilidade a juízo do usuário — e troca, condicionado às condições de oferta e demanda reguladas por preços modernamente expressos em termos monetários.

Apartando-se os bens econômicos em **públicos** e **privados**⁸¹ — classificação submetida a ser-lhes **factível ou não**, nessa ordem, a fruição concomitante por dois ou mais usuários —, permite-se ao líquido em questão moldar-se a ambas especificações: à primeira, se empregado em fins de navegação e lazer, por exemplo; à última, nos fitos de abastecimento humano e irrigação, entre outros.

6.2 DETERMINAÇÃO DA FUNÇÃO DE DEMANDA

A maior dificuldade associada à valorização da água — bem escasso e apto a utilizações diversas — reside na estimação da função de demanda pelo líquido em **cada emprego**, posto inexistam mercados de água bruta em que se transacionem direitos de uso do recurso⁸². Sugere-se à questão dois enfoques: água como bem de **consumo final** e como bem de **produção**.

No primeiro caso, as curvas se constroem a partir da teoria do consumidor, cuja decisão de consumo baseia-se em conduta otimizadora, procurando maximizar-lhe a utilidade; como insumo de produção, a projeção decorre do conhecimento dos preços dos insumos, produto e função de produção da firma, solvendo-se problema de otimização — a exemplo da hipótese anterior — maximizando-se o lucro.

⁸¹ A caracterização de que se trata tem natureza **econômica**, distinta, pois, da conotação **jurídica** (capítulo 4).

⁸² Eximindo a possibilidade de ajuste **direto** de relações funcionais de demanda por água em cada uso mediante procedimentos econométricos; o método da *avaliação contingente* (seção 6.2.4) **presume** mercados imaginários.

Distinguiremos duas noções de demanda, quais sejam, a **ordinária** (Walrasiana) — de concepção e emprego prodigamente difundidos —, advinda de soluções de excelência e a demanda **tudo ou nada**, pouco utilizada, de conceito não-trivial (Carrera-Fernandez, 2000a), transformada da ordinária por derivação. Segue-se breve resumo:

6.2.1 Demanda ordinária

•Bem de consumo

Conforme abordado, a determinação cinge-se à maximização da utilidade do consumidor sob restrições de sua renda, disponibilidade e preço do bem: assim, escolhe as quantidades de bens e serviços ofertados de modo a extremar sua satisfação, atendo-se o gasto à sua renda nominal, ou seja, condicionado à sua restrição orçamentária.

$$\text{Max}_x u = u(x), \text{ com } \nabla u / \nabla x_j \geq 0 \text{ para todo } j=1, \dots, n$$

$$\text{s.a. } px = M$$

$$\text{dados } p \text{ e } M$$

$u(x)$ é a relação funcional da utilidade ou satisfação do indivíduo, dependente do vetor x de quantidades de bens e serviços — no presente caso, afetos à cada uso j da água; p , vetor de preços; M , renda nominal do consumidor por unidade de tempo; $\nabla u / \nabla x_j$, utilidade marginal no emprego j , isto é, a variação da satisfação do consumidor proveniente de pequena variação em x , suposta positiva (não-saciedade).

Reescrevendo a formulação, tem-se:

$$\text{Max}_x L(x) = u(x) + m(M - px)$$

$L(x)$ é a função lagrangiana, cujas condições necessárias ao ótimo são:

$$\frac{\nabla L}{\nabla x} = u'(x) - mp = 0 \quad (\text{I})$$

$$\frac{\nabla L}{\nabla m} = M - px = 0 \quad (\text{II})$$

formando sistema de **n+1** equações cuja resolução fornece as **n** funções de demanda ordinária (Walrasiana) — relações funcionais de procura por água nas várias modalidades de uso — dependentes dos **n** preços e renda nominal:

$$x_j = x_j^*(p, M), \text{ para todo } j = 1, \dots, n$$

• Insumo produtivo

Escolhem-se as quantidades ótimas de insumos — inclusa a água — de maneira a maximizar o lucro (p). Resolve-se o problema:

$$\text{Max}_x p(x) = py - wx$$

sujeito à restrição da função de produção, qual seja, $y=f(x)$; p e w denotam os vetores-preços do produto e insumos, sucessivamente.

Diferenciando-se a expressão em relação a x e impondo as condições de otimização:

$$\frac{\partial p}{\partial x_j} = p \frac{\partial y}{\partial x_j} - w_j = 0 \quad \backslash \quad p \frac{\partial y}{\partial x_j} = w_j \quad (\text{III})$$

$\partial y / \partial x_j$ é a produtividade marginal do insumo x_j , ou seja, o quanto reflete na produção (y) variações diferenciais em x_j : logo, vê-se que o valor do produto marginal do fator — 1º membro da expressão (III) — deve igualar o preço do produto, ocasionando sistema de **n+1** equações que, uma vez resolvido, provém as **n** funções de demanda a preço constante, vinculadas aos **n** preços dos insumos e ao preço do produto.

$$x_j = x_j^*(w, p), \text{ para todo } j = 1, \dots, n$$

A agregação das curvas de demanda individuais origina as respectivas curvas de mercado.

6.2.2 Demanda *tudo ou nada*

Utilizada por Carrera-Fernandez (2000b) em estudo de determinação de preços ótimos aplicáveis à bacia do rio Pirapama, em Pernambuco, estima as requisições pelo bem ajustando-as por meio de dois pares de pontos obtidos pela consecução do *preço de reserva ou custo de oportunidade da água em cada uso* — máximo valor que os usuários estariam

dispostos a pagar, tornando-o **indiferentes** entre consumir o recurso de específico manancial ou buscar alternativa similar menos onerosa; conhecida a função **tudo ou nada** (sic), resulta a demanda **ordinária** de derivação daquela.

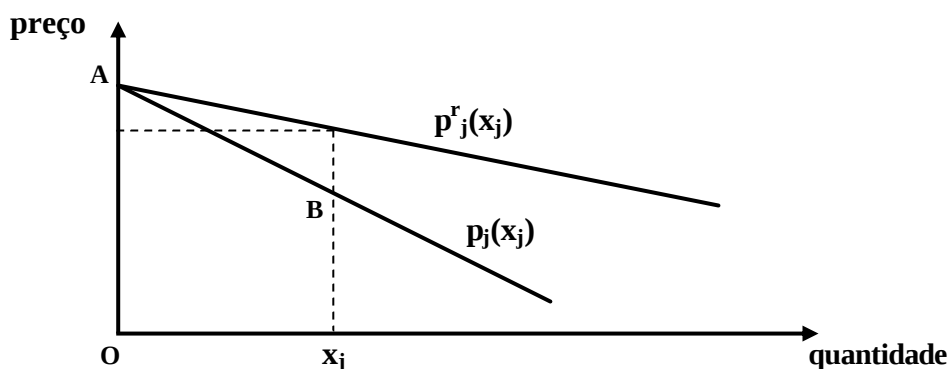


Figura 6.1 Funções de demanda ordinária e tudo ou nada

Fonte: Carrera-Fernandez, 2000b

$p^r_j(x_j)$: demanda tudo ou nada; $p_j(x_j)$: demanda ordinária

A relação funcional inversa da demanda **ordinária** (**Walrasiana**) especifica-se por:

$$p_j = p_j(x_j), \text{ com } dp_j(x_j)/dx_j < 0,$$

x_j é a quantidade solicitada de água no uso j e p_j seu preço. A altura da respectiva curva em qualquer ponto ($p_j(x_j)$) representa a *disposição a pagar* do consumidor.

A partir da geometria de $p_j(x_j)$ (figura 6.1) avalia-se o conceito de **preço de reserva**, p^r_j :

$$p^r_j x_j(p^r_j) = \int x_j(p_j) dp \text{ (IV)} \quad \text{ou} \quad p^r_j(x_j) x_j = \int p_j(x_j) dx \text{ (IV.a)}$$

Assim expressa, a figura 6.1 sugere a área **OABx_j** como o valor último a ser despendido pelo indivíduo de forma a ficar na **fronteira** de consumo, isto é, **no limite entre dispor ou não do bem econômico**. O preço associado a tal benefício é o dito *preço de reserva* ou *custo de oportunidade* (p^r_j) — altura da curva de demanda **tudo ou nada**⁸³.

⁸³ Ver apêndice (seção 6.6).

Sendo $p_j^r(x_j)$ decrescente em x_j , então $p_j^r(x_j) > p_j(x_j)$ ⁸⁴, implicando situar-se a curva de demanda **tudo ou nada** acima da **ordinária**; portanto, da **antiderivação** de (IV) em relação a p projeta-se:

$$\frac{d[p_j^r x_j(p_j)]}{dp} = x_j(p_j) \quad (V)$$

Destarte, denota a função $x_j(p_j)$ (demanda **ordinária**)⁸⁵ a **curva marginal** da função $x_j(p_j^r)$ ⁸⁶ (demanda **tudo ou nada**): a partir de processos de derivação e/ou integração, a estimativa de quaisquer delas resulta em alcance da outra. **Em não se dispondo dos pares quantidade-preço para o uso da água bruta ¾ impossibilitando a obtenção da demanda ordinária ¾ pode-se determinar o valor da água em cada específico emprego pela demanda tudo ou nada** (mormente quando se caracteriza o recurso natural como bem livre, por conseguinte cotado a preço zero; veja-se a experiência brasileira, onde inexistem mercados hídricos).

6.2.3 Preço de reserva

Da seção precedente, opina-se pela importância da demanda **tudo ou nada** às mensurações do *custo de oportunidade*, valor **marginal** dos recursos hídricos em emprego específico, e, por decorrência, da própria função de demanda Walrasiana. O valor da água em particular aplicação dimensiona-se a partir dos **custos adicionais de substituição** por solução alternativa menos onerosa produtora de símiles efeitos, revelando assim, via análise de preferências dos usuários, a máxima disposição a pagar para a contínua utilização do líquido.

A estipulação do preço zero às águas dos mananciais — malgrado consenso em tipificá-la bem econômico — implica a inexistência de estatísticas úteis à estimação da *disposição a pagar* dos usuários do sistema para cada metro cúbico aproveitado. Mira-se corrigir tal lapso de informação medindo-se os custos extras (*preço de reserva*) vinculados a simulações de **interrupção** no fornecimento regular da água pela companhia de abastecimento e conseqüente adoção de fonte outra ao alcance da população.

⁸⁴ Ver apêndice (seção 6.6).

⁸⁵ A expressão (V) poderia ser alternativamente reinterpretada como $d[p_j^r x_j(p_j)]/dx = p_j(x_j)$, que forneceria a demanda ordinária **inversa**, proveniente da antiderivação de (IV.a).

⁸⁶ Mais estritamente, a curva marginal da função **valor** [ganho da sociedade, avaliado por $p_j^r x_j(p_j^r)$] correspondente à demanda direta **tudo ou nada**, $x_j(p_j^r)$.

Cingindo-se à modalidade de **abastecimento humano**, o *preço de reserva* representaria a quantia **adicional** (por unidade de volume) gasta pelos consumidores ao valer-se de água de origem diversa⁸⁷ do sistema geral de abastecimento de modo a permanecerem **indiferentes** entre um e outro suprimento.

Assim⁸⁸:

$$p_r^{Ah} = \frac{x_{fa}}{q_{fa}} CMe_{fa} - \frac{x_m}{q_m} CMe_m \quad (VI)$$

onde:

p_r^{Ah} denota o *preço de reserva* por unidade de volume *consumido*;

x_i , o volume *produzido* para abastecimento pela fonte **i** por unidade de tempo ;

q_i , volume **efetivamente** colocado à disposição do usuário final do abastecimento a partir da fonte **i**, por unidade de tempo (volume *faturado*);

CMe, *custo médio* de cada volume unitário **captado** a partir da fonte **i**;

i assume-se como **m** (manancial) ou **fa** (fonte alternativa: poços artesianos, carros-pipa, etc.).

Quanto ao **esgotamento sanitário**, a **indiferença** a que nos reportamos no parágrafo anterior atém-se à opção entre utilização graciosa dos mananciais como fontes diluídas e soluções distintas⁸⁹.

Considere-se:

p_r^{Eg} verte o *preço de reserva* por unidade de *DBO* (demanda bioquímica de oxigênio);

Dc, o custo **extra** ao incorrer-se em esquema diverso, em reais;

x_{DBO} , carga **orgânica** potencial, por quilograma de *DBO*;

Logo, teríamos:

$$p_r^{Eg} = \frac{D c_t}{x_{DBO}} \quad (VII)$$

⁸⁷ Digamos, de poços superficiais ou carros-pipa (ver seção 7.3).

⁸⁸ Ver dedução no Apêndice (seção 6.6).

⁸⁹ Quais sejam, o próprio sistema de esgotamento sanitário promovido pelas companhias de saneamento e execução de sistema de tratamento secundário.

Finalmente, ainda se moldando ao raciocínio encetado, o emprego em fins de **irrigação** carrearía à expressão:

$$p_r^{ir} = \frac{(t_i - t_s) S_i}{x_i} \quad (\text{VIII})$$

p_r^{ir} traduz o *preço de reserva* por metro cúbico consumido;

t_s , o preço por unidade de área da terra em sequeiro;

t_i , os preços por unidade de área de terras **irrigadas** na alternativa **i** à agricultura de sequeiro;

S_i , área total **irrigada** por unidade de tempo a partir da conjuntura **i**;

x_i , vazão *captada* para irrigação sob a condição **i**;

i representa a possibilidade de **irrigação**, quer **permitida** a todas as áreas ou **restrita** àquelas sob regime de **outorga**.

O cálculo de p_r em cada atividade torna exequível elaborar a função de demanda *tudo ou nada*.

6.2.4 Método da avaliação contingente

Interpretada como esforço de **simulação de mercado hipotético**, consiste em estimar as funções de demanda por água por meio de métodos econométricos baseados em pesquisas diretas com consumidores e produtores, cogitando-lhes extrair a **disposição a pagar** pelo uso do recurso. Nesse sentido, supre a **falta** de mercados de água bruta, ensejando aos agentes econômicos a opção por bem inserido em suposto mercado, denunciando-lhes o valor subjacente do líquido. Segundo Carrera-Fernandez e Garrido (2001), além de custosa — envolvendo longo processo entre a concepção inicial do questionário, treinamento de pesquisadores, análise, processamento de dados e solução — pode carrear à imprecisão de resultados, visto não declarem os usuários o quanto de fato se dispõem a pagar pela utilização do recurso, assomando-se comportamento hedonístico — ganho de benefício extra proveniente de omissão dos reais interesses. O fenômeno é conhecido por **viés estratégico** ou *free-rider* (Fontenele, 1999).

6.3 INSTRUMENTOS ECONÔMICOS: A COBRANÇA PELO USO

Ações não-impositivas, prestando-se a estimular maiores eficiência econômica e conservação ambiental. Fornecendo sinal ao mercado na forma de modificação dos preços relativos — custos envolvendo certos produtos — ou de transferência financeira — pagamento de taxa ou cobrança, inúmeras ferramentas têm-se proposto a induzir uso mais racional dos recursos hídricos⁹⁰: permissão de comercialização (*tradeables permits*), subsídios, sistemas depósito/retorno, tributos sobre emissão ou produtor poluidor, cobrança sobre usuário (*user charge*). Concentremo-nos no último deles.

A cobrança pelo uso dos recursos hídricos é feita ao usuário primário, normalmente associada ao volume de água captado e à forma de aproveitamento; resulta da submissão do rareamento do recurso natural às forças de mercado e às leis da oferta e demanda, por imporem um nível de preço a ser cobrado⁹¹ pela utilização; configura-se em extensão do conceito de valia econômica que se lhe reconhece, por aceito em relação a outros bens — recursos minerais, alimento, solo — igualmente insumos básicos sujeitos à exaustão. No dizer de Stamford (1999a, p. 29), (...) *a água é renovável, porém tem escassez caracterizada pela velocidade do ciclo hidrológico (...) o estoque deve decrescer com o passar do tempo, de forma que é tratada como um recurso exaurível como qualquer recurso natural (...).*

No dizer de Carrera-Fernandez e Garrido(2002a), (...) *foram as prioridades humanas diante de recursos escassos que fizeram com que se buscasse estabelecer critérios de repartição que tornassem compatíveis disponibilidades e demandas. Lidar com o escasso é, pois, da essência da experiência do homem que, com o tempo, estabeleceu as bases e desenvolveu as ciências econômicas que presidem o ato de tomada de decisão humana e das instituições modernas, com normas, leis e princípios próprios (...).*

A despeito de embutir *custo marginal* aproximado a zero⁹², o gerenciamento hídrico exige *custos fixos* advindos de investimentos em projetos, obras e ações necessárias a garantir-lhes a disponibilidade, além de custos de operação e manutenção, arrazoando-se assim o pretense gravame como mecanismo de financiamento à boa gestão. Justifica-se, adicionalmente, por intencionar corrigir os danos mutuamente causados pelos usuários do sistema, isto é, **internalizar as externalidades** em suas decisões individuais de consumo e produção,

⁹⁰ Ver cap 5.

⁹¹ A Constituição Brasileira/88, em seus **artigos 20º, III e 26º, I**, caracteriza como bem público a água bruta de mananciais, impassível, destarte, de venda. A cobrança de que se trata refere-se ao **uso do bem** pelos usuários; a água tratada pelas companhias de saneamento afigura-se produto industrializado, vendido aos consumidores (Garrido, 2000).

avizinando os custos **social** e **privado**⁹³. Contribui à administração participativa, descentralizada e integrada por todos os interessados, visto preveja a **Lei 9.433/97** o advento dos **comitês de bacias**⁹⁴, arrolando entre suas atribuições a discussão de níveis de preço e o respectivo modo de implementação. Motivos outros se apresentam à instituição do encargo em comento, quais sejam racionalizar o emprego dos recursos hídricos, combatendo o desperdício; controlar-lhes a demanda, colaborando à eficiência e produtividade, disciplinando inclusive a localização dos atores envolvidos; redistribuir custos sociais com observância da equidade; promover nas dimensões social e ambiental o desenvolvimento regional; melhorar o padrão de qualidade de efluentes lançados nos mananciais. Constitui-se em medida **preventiva a eventual saldo crítico de balanço hídrico local** (Carrera-Fernandez, 2000a).

6.4 ALOCAÇÃO ÓTIMA: EXTERNALIDADES

Ao deliberar consumir, o usuário consuntivo dos recursos hídricos desconsidera as consequências de suas preferências sobre os demais integrantes do sistema, afetando o nível de utilização destes; assim, infligir-lhes **efeito externo**⁹⁵. Sob a ótica de Pareto⁹⁶, forma-se padrão ineficiente, posto que a melhoria da situação do indivíduo dá-se às custas da piora da condição de outrem.

A cotação do suprimento hídrico de determinada bacia hidrográfica a preço zero induz o consumidor àquele comportamento, ao requestar o metro cúbico adicional; nesse sentido, diz-se que a particular escolha impõe *externalidade ou custo social* aos remanescentes usuários do corpo d'água. Intencionando atribuir maior eficiência à alocação, impende-se a interveniência do órgão gestor no gerenciamento da demanda, permitindo a cada agente *internalizar* tal efeito quando de suas decisões de consumo e/ou produção: *internalizam-se, aos custos privados, as externalidades*.

⁹² O aumento no consumo do líquido não reflete obrigatoriamente nos correlatos custos de oferta, pelo aspecto cíclico que se lhe imputa.

⁹³ Ver cap 5.

⁹⁴ Ver capítulo introdutório e capítulo 4.

⁹⁵ ver cap 4.

⁹⁶ Vilfred Pareto, 1848/1923, um dos primeiros economistas a tratar do conceito.

A literatura econômica discorre prodigamente sobre o tema: **problema do custo social, externalidades tecnológicas**, são alguns dos títulos que se lhe dão. (figura 6.2):

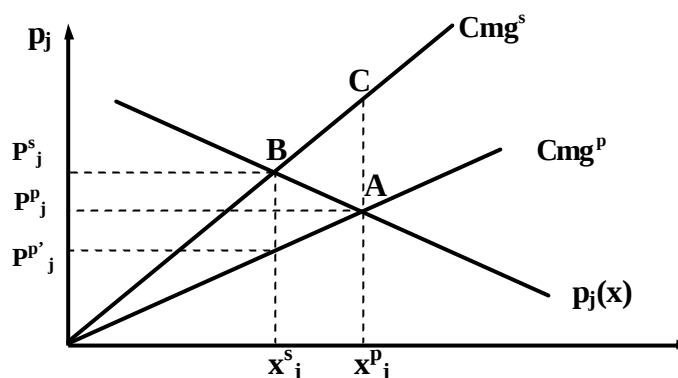


Figura 6.2 Distorção entre custos social e privado

Fonte: Carrera-Fernandez, 2000a

O eixo das abscissas mede o *volume* de água consumido no uso consuntivo j (x_j); no eixo das ordenadas representa-se o respectivo *preço* (p_j), a saber, o *benefício marginal*⁹⁷ para cada nível de utilização do recurso (*volume*) no uso j — em verdade, designa a própria *função de demanda inversa* por água no emprego j , ou seja, $p_j(x_j)$; a curva Cmg^p_j denota o *custo marginal privado* de captação de água para dada finalidade — o *custo de oportunidade* do recurso, avaliado em termos de mão-de-obra, equipamentos e outros insumos incorridos na captação. Conforme exposto, cada metro cúbico adicional captado causa custo adicional à sociedade, uma vez que os outros usuários do sistema dispõem agora de $1m^3$ a menos do líquido para uso. A curva Cmg^s_j mensura o *custo marginal social*, acrescentando ao custo de oportunidade privado o custo adicional imposto aos restantes indivíduos.

O ponto de intersecção entre as curvas de benefício marginal $p(x_j)$ e custo marginal privado Cmg^p_j (ponto A da figura 4) determina o volume demandado x_j^p . Desde que x_j^s designa a quantidade socialmente ótima a ser consumida, depreende-se estar o usuário requerendo volume de água superior ao nível ótimo ($x_j^p > x_j^s$), proporcionando prejuízos aos demais integrantes do sistema. Conforme visto, o processo é generativo de *externalidade*: a decisão individual não considerou o custo marginal social. A condição necessária à **alocação ótima** no consumo injunje do usuário demandar x_j^s , ou seja, na intersecção entre as curvas de *benefício marginal* e *custo marginal social* (ponto B da figura 4).

Portanto, caso o órgão gestor institucionalizasse encargo na exata diferença entre os custos marginais social e privado ($P^s_j - P^p_j$), o nível de utilização seria reduzido para x^s_j ; o **benefício total**⁹⁸ sofreria redução — representada pela área $x^s_j B A x^p_j$; porém, o decréscimo também verificado do **custo total**⁹⁹ — região $x^s_j B C x^p_j$ — **mais que compensaria** a redução do benefício; gera-se assim **ganho líquido** para a sociedade, representado pela **área ABC** (Carrera-Fernandez, 2000a).

Semelhante raciocínio arrazoa a ação do Poder Público ao excogitar a cobrança em tela, introduzindo preço a corrigir a distorção entre os custos **sociais** e **privados**. Em verdade, as conseqüências associadas às externalidades tecnológicas advêm da falta de definição do direito de propriedade. Bem econômico de domínio público e uso comum¹⁰⁰, à água cindem-se o uso e a apropriação¹⁰¹, negando-se a última. A lacuna responde pela alocação ineficiente do recurso (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002a), ao impedir negociem os usuários suas prerrogativas de utilização de forma análoga à procedida quanto à troca entre bens quaisquer.

6.5 METODOLOGIAS DE COBRANÇA

Consoante se depreende, **a imposição de gravame específico** — isto é, **a efetivação da cobrança pelo uso de recursos hídricos** — pode realocar de forma eficiente o bem econômico entre os usuários. Bens públicos como a água, com características de mobilidade, prestando-se a usos os mais distintos, originam **particulares** modelos de formação de preços em função da utilização que se lhes dê: soluções aplicáveis aos recursos hídricos tão somente se lhes restringem: se não estendem a outros recursos naturais (Garrido, 2000).

Centrados no alcance ou predominância de um ou mais dentre os três princípios econômicos básicos, quais sejam **eficiência econômica**, **eficiência distributiva** (ou **equidade**) e **recuperação dos custos (auto-sustentabilidade financeira)**, os vários métodos adotados para formação de valor ou preço de um bem público como a água arrima-se em teorias econômicas as mais diversas, enquadradas por Carrera-Fernandez e Garrido(2002a) acorde se valham ou não de processos de **otimização** fundamentados em premissas aceitas pelo enfoque

⁹⁷ Supondo ambiente competitivo.

⁹⁸ O **benefício total** vinculado ao consumo x_j mensura-se pela área sob a curva $p_j(x_j)$.

⁹⁹ Avaliado pela área sob a curva $Cmg_i(x_i)$, quando demandado x_j .

¹⁰⁰ EUA e Chile são as exceções conhecidas (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002a).

¹⁰¹ Características dos recursos hídricos como mobilidade, variabilidade de ocorrência — afetando a função oferta —, diversos empregos constituem empecilho à prática do direito de propriedade (Garrido, 2000).

neoclássico/utilitariano. Uma vez não acolhidos tais postulados, aos esquemas daí provenientes reservam os autores supracitados o termo *ad hoc*¹⁰².

6.5.1 Preço público: custo médio X custo marginal

Assomam-se duas concepções — de certo modo conflitantes — quanto aos objetivos encampados pelas políticas de preço público. Uma, ampla, determina-lhes a busca da **eficiência na alocação** de recursos, **maximizando o bem-estar social**, seja via **maximização do benefício líquido social ou minimização dos custos**. Outra, mais restrita, advoga —lhes **cobrir exatamente os custos de produção** — operação, manutenção e investimentos — cobrando-se proporção **justa** de tais montantes a cada usuário. A abordagem escolhida, portanto, **condiciona o parâmetro definidor do preço**, igualando-o ao *custo médio* de produção — caso a última opção se acolha — ou ao *custo marginal* de produção — se a eficiência de alocação constituir-se em meta precípua. Cotejemo-los.

O *custo marginal* de produção — relacionado à expansão de oferta hídrica — conceitua-se como o **custo para tornar disponível o próximo metro cúbico de água**. A asunção da cobrança com base em semelhante grandeza acarretaria seleção automática pelo preço, posto se manteriam com os usuários tão somente as atividades cujas *disposições a pagar* ao menos lhe iguallassem a magnitude¹⁰³. Conduz à **eficiência econômica** por maximizar a **função de bem-estar social**¹⁰⁴(ver Apêndice, seção 6.6).

O *custo médio* de produção obtém-se pelo quociente entre o *custo total* e o volume *produzido*. A imposição de gravame nesse valor propicia arrecadação de quantia idêntica aos correspondentes custos, conotando-se a **auto-sustentabilidade financeira** do empreendimento hídrico. Configurar-se-ia rateio dos custos totais, com os próprios beneficiários suportando o ônus de administração do sistema.

O atendimento simultâneo às propriedades de **eficiência econômica e sustentabilidade financeira** afigura-se permanente desafio aos gestores e formuladores de políticas, posto de ordinário implique a persecução desta afastamento daquela, e vice-versa.

¹⁰² O *custo médio* de produção (seção 6.5.1) seria exemplo de cânone *ad hoc*.

¹⁰³ Em análoga conjuntura, os setores industrial e de abastecimento humano poderiam consumir recursos originalmente destinados à agricultura, por dessemelhantes as respectivas *disposições a pagar* (Lanna, 2001).

¹⁰⁴ Carrera-Fernandez e Garrido (2001) situam o *custo marginal* em modelos de equilíbrios **parcial** — restritos a um único setor usuário ou modalidade de emprego do líquido (produção ou consumo) — e **geral** — com interação de todos os mercados e agentes.

A figura 6.3 ilustra as curvas dos custos médio ($CMe(x)$) e marginal ($Cmg(x)$)¹⁰⁵, referentes ao volume de água produzido (x). Da teoria microeconômica sabe-se que esta última *cruza* aquela e seu ponto mínimo (ponto A)¹⁰⁶.

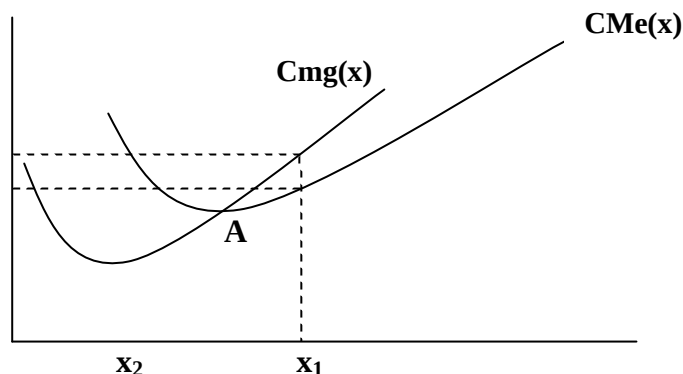


Figura 6.3 Custo médio X custo marginal

Fonte: Lanna, 2001

Enfatizamos os ramos **ascendentes** das curvas representadas (região à direita do ponto A), por sugerirem *deseconomias* de escala (*custos médios* crescentes) na provisão do recurso natural às várias finalidades demandadas em bacias e/ou conjunto de bacias com **carências hídricas**: o contexto de **deficiência** de oferta enseja obras — imperativas à obtenção de volumes incrementais do líquido — de dimensões e custos cada vez maiores, resultando em *custos marginais crescentes*.

Caso se cobre por cada volume suprido de água o preço indutor da eficiência econômica, $Cmg(x_1)$, a arrecadação — produto entre o *custo marginal* por m^3 ($Cmg(x_1)$) e o respectivo nível ofertado (x_1), isto é, $Cmg(x_1) \cdot x_1$ — **mais do que atenderá** os custos totais de produção — produto entre o *custo médio* por m^3 ($CMe(x_1)$) e o correlato volume provido (x_1), isto é, $CMe(x_1) \cdot x_1$ — visto se anote a partir do gráfico a desigualdade $Cmg(x_1) > CMe(x_1)$. Evidencia-se distorção: afigurando-se o **lucro econômico** ($Cmg(x_1) \cdot x_1 > CMe(x_1) \cdot x_1$), os usuários estariam transferindo recursos a fins outros que não os de suprimento hídrico, ocasio-

¹⁰⁵ Omitiu-se deliberadamente a curva $CVMe$ (*custo variável médio*) por simplicidade de representação gráfica.

¹⁰⁶ Dada uma seqüência de números, se o último valor que se lhe acrescenta (Cmg) for **inferior** à média até então registrada, esta terá de decrescer; ao revés, crescerá. Logo, se à esquerda do ponto A da figura 6.3 observa-se *custo médio declinante* ($d(CMe)/dx < 0$) é razoável admitir-se que o custo da unidade adicional produzida (Cmg) seja **menor** que aquele. À direita do ponto A denota-se situação oposta: a curva Cmg situa-se **acima** da agora crescente curva CMe . Conseqüentemente, A constitui-se ponto **mínimo** da curva de *custo médio* ($d(CMe)/dx = 0$).

nando, portanto, **ineficiência distributiva**¹⁰⁷. O contexto permitiria desvantagens comparativas de áreas econômicas deprimidas — necessitadas de investimentos aptos a sustentar desenvolvimento contínuo e auto-sustentado — em relação a regiões de oferta de água a custos menores e infra-estrutura instalada de modo a proporcionar economias de escala.

Se escolhida como parâmetro de preço a magnitude indutora da sustentabilidade financeira ($CMe(x_1)$), a arrecadação ($CMe(x_1).x_1$) igualará o custo total de produção ($CMe(x_1).x_1$). Não obstante, surgirão distorções na alocação do recurso: posto o *custo marginal* sinalize o custo dos fatores empregados na produção do **último** volume disponível ao consumidor, a cobrança por montante que lhe seja inferior ($CMe(x) < Cmg(x)$) induzirá a desperdício — conspirando contra a eficiência desejada — ao gerar **uso excessivo**¹⁰⁸ pelos agentes participantes — ante a percepção da baixa cotação do líquido — em confronto aos patamares ótimos.

O impasse entre as metas descrito agrava-se com o aumento da escala de produção, porquanto cresçam de maneira mais *acelerada* quando cotejados aos *custos médios*.

Malgrado induza à eficiência econômica, concorde postula a doutrina neoclássica — se não verificadas interferências espúrias, a exemplo de monopólios e externalidades, diga-se — a economia de mercado por si só não a alia à **eficiência distributiva**; impende-se condicionar o processo de otimização almejado à também consecução da equidade na repartição da riqueza.

6.5.2 Preços ótimos (Teoria do *second best*)

Um modelo de preços a resultar simultaneamente em maximização da diferença entre **benefícios** e **custos sociais** e minimização dos impactos distributivos sobre a economia constitui o fulcro do método *second best*. A política de preços ótimos não gera ganhos e/ou perdas financeiras — associadas a modelos com preço igual ao *custo marginal* — tampouco insere distorções na utilização dos recursos hídricos — característica da adoção de estratégias de preço igual ao *custo médio*.

¹⁰⁷ Se ater-se a análise à esquerda do ponto A, em volume x_2 (*custos médios* descendentes — economias de escala) perceber-se-á a presença de **prejuízos econômicos** ($Cmg(x_2).x_2 < CMe(x_2).x_2$): os contribuintes estariam subsidiando os usuários do sistema, ao arcarem com o ônus superveniente.

¹⁰⁸ Como decorrência, ao se admitir aproximadamente fixa a quantidade de água disponível, enseja-se a **subutilização** por parte dos demais indivíduos.

Provém da função de utilidade indireta de bem-estar social:

$$v = v(p, M), \text{ com } \partial v / \partial p < 0 \text{ e } \partial v / \partial M > 0 \quad (\text{IX})$$

p é o vetor-coluna de preços da economia — incluindo, portanto, todos os preços da água em suas diversas modalidades de uso — e M é a função de restrição orçamentária da sociedade, a função de excedente econômico, expressa por:

$$M(p) = \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)] \quad (\text{X})$$

$x_j(p)$ denota a quantidade demandada do bem j ; $c_j(x_j)$, o custo de produção do bem j . Como se observa, a renda da comunidade $M(p)$ e a demanda $x_j(p)$ são funções do vetor de preços p , enquanto a função custo $c_j(x_j)$ depende da quantidade demandada; para ser **eficiente em termos distributivos**, deve reduzir a **zero** as possibilidades de perdas e/ou ganhos financeiros por parte do órgão responsável pelo gerenciamento dos recursos hídricos, impondo seja **nulo** o *excedente econômico*: firma-se assim a desejável condição de auto-sustentabilidade do setor hídrico, ao se exigir se não lhe destinem **transferências excedentes de recursos a partir da sociedade**.

Assim, os preços são escolhidos de modo a **maximizar a função de utilidade indireta (eficiência econômica)**, sujeita à restrição $M(p) = 0$ ¹⁰⁹ (**eficiência distributiva**). Requer-se a existência da função de bem-estar, independentemente da exequibilidade de especificação matemática. Do problema de otimização resulta a condição *necessária* ao ótimo interior, supondo o atendimento da condição suficiente¹¹⁰:

$$(p_j - Cmg_j) / p_j = a (1 / |e_j|), \text{ para todo uso consuntivo } j; \quad (\text{XI})$$

Cmg_j é o *custo marginal* de gerenciamento relativo ao emprego j ; $|e_j|$, o módulo da *elasticidade-preço da demanda* por água no uso j ; a , constante de proporcionalidade que corresponde à diferença relativa entre os benefícios e os custos marginais, a ser calculada.

¹⁰⁹ Nada impede, porém, assumam-se valores negativos para M (no caso de concessão de subsídios pelo governo, por exemplo). O estudo de caso na seção 7.4 sugere tal hipótese.

¹¹⁰ Ver apêndice (seção 6.6).

O resultado obtido remete à importante conclusão quanto ao estabelecimento da **estrutura de preços ótimos** pelo uso da água, por sugerir relação proporcional **inversa** entre a variação percentual de preço da água na utilização **j** comparativamente a seu *custo marginal* — parcela do 1º membro $[(p_j - C_{mgj}) / p_j]$ — e *elasticidade-preço da demanda* em valor absoluto — parcela $(1/|e_j|)$.

Desmembrando a expressão (XI):

$$1 - C_{mgj}/p_j = a (1/|e_j|), \quad j \quad (XII)$$

evidencia-se quanto **menor a elasticidade-preço (em módulo) em determinada utilização da água, maior será o preço a ser cobrado em relação ao custo marginal** (e vice-versa); portanto, a prática de preços diferenciados entre os múltiplos usos minimiza as distorções na produção e consumo, relativamente a seus níveis ótimos. A elaboração também é conhecida como **regra de Ramsey** da teoria das finanças públicas¹¹¹.

A solução que conduz aos preços ótimos resulta do sistema de equações¹¹²:

$$p_j^* = [|e_j| \cdot C_{mgj}] / |e_j| - a, \quad j = 1, \dots, n \quad (XIII)$$

$$a_j p_j^* x_j - C = 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (XIV)$$

a incógnita p_j^* é o preço ótimo da água no emprego **j**; C_{mgj} , custo marginal de gerenciamento relativo ao uso **j**, a seguir descrito; $|e_j|$, módulo da elasticidade-preço da demanda por água na utilização **j**; x_j , a respectiva quantidade demandada do recurso hídrico após realização dos investimentos programados; C , custo de gerenciamento total da bacia, incluindo amortização dos investimentos nela realizados; a , constante de proporcionalidade — corresponde à diferença relativa entre benefícios e custos marginais.

A igualdade (XIV) é a restrição $M = 0$. As expressões acima formam sistema com $n + 1$ equações (n usos da água **mais** as restrições) e $n + 1$ incógnitas (n preços e a **constante de proporcionalidade** a), cuja solução fornece o conjunto de n preços ótimos pelo uso da água¹¹³.

¹¹¹ Desenvolvida por Frank Ramsey, em 1927.

¹¹² A identidade (XIII) decorre diretamente de manipulação algébrica da expressão (XI).

¹¹³ O estudo de caso desenvolvido no capítulo 7 abrangerá o uso dos recursos hídricos para fins de **abastecimento humano, diluição de esgotamentos sanitários e irrigação**.

Acorde Carrera-Fernandez e Garrido (2002a), duas são as formas que se apresentam ao cálculo do termo **Cmg** na expressão (XIII). A primeira delas, convencional (*custo incremental médio* ou *custo marginal de longo prazo*, **Cmg^{LP}**), vale a média dos custos de operação, manutenção e investimentos de expansão da oferta hídrica por unidade volume de suprimento (Lanna, 2001), **qualquer que lhe seja o uso**.

Estima-se como:

$$[Cmg^{LP}] = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t + R_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Q_t}{(1+r)^t}} \quad (XV)$$

onde **I_t** e **R_t** medem, respectivamente, os custos de investimento (ou a associada amortização) e de operação/manutenção no ano **t**, com **t** variando de **0** (presente) a **T** (horizonte de planejamento da próxima expansão); **Q_t**, a vazão incremental tornada disponível no ano **t**; **r**, a taxa social de desconto, qual seja, o custo de oportunidade do capital. Por inseridos em perspectiva de longo prazo, os **Cmg^{LP}**, além da grande magnitude, caracterizam-no a variabilidade e incerteza, devidas inclusive à dinâmica tecnológica, dificultando-lhes a determinação. Meio alternativo de avaliação surge por intermédio do conceito de **racionamento**, isto é, a insuficiência instantânea da disponibilidade hídrica no atendimento da demanda em específico emprego¹¹⁴. Dimensiona-se o *custo marginal de gerenciamento a curto prazo* (**Cmg***), fundando-se no *custo operacional médio* (**CMe_o**) e na probabilidade média (**P**) de ocorrência de racionamento em certo período. Logo, (Carrera-Fernandez/Garrido, 2001):

$$Cmg^* = (1 - P) CMe_o + P \sum_j c(x_j^0) \quad (XVI)$$

x_j⁰ denota a quantidade de água racionada no uso **j** por unidade de tempo; o termo **c(x_j⁰)** — *custo marginal de racionamento* no uso **j** — mensura-se pelo valor que o usuário se disporia a pagar pelo consumo de 1 m³ adicional de água **racionada**. Verte-se na perda de bem-estar — portanto com aumento dos custos — dos indivíduos ao se defrontarem com **redução** da oferta em volume de **x_j⁰**.

¹¹⁴ Por expressar com maior precisão o custo social do recurso natural em cada emprego, prefere-se esta abordagem à do *custo incremental médio* (Carrera-Fernandez/Garrido, 2002a).

Segue que (Carrera-Fernandez/Garrido, 2001):

$$c(x_j^0) = (1 - P)p(x_j^*) + Pp(x_j^* - x_j^0) \quad (\text{XVII})$$

$p(x_j^*)$ e $p(x_j^* - x_j^0)$ são os preços **sem** e **com** racionamento.

Ao lado das vantagens expostas, o método de preços ótimos — refletindo o *custo de oportunidade* da água em cada uso — permite internalizar, aos custos privados, as **externalidades negativas** impostas reciprocamente pelos agentes em suas decisões de consumo e produção, porquanto arrima-se em mecanismo de mercado. Ao implantar preços diferenciados para as várias utilizações factíveis indicia a ocupação e desenvolvimento das bacias hidrográficas em alcance, pois direciona investimentos às unidades subutilizadas (com balanço hídrico favorável), destarte de maiores possibilidades de expansão e utilização dos recursos hídricos. Derivado mediante processo de otimização do bem-estar social em *second best*, erige-se não exclusivamente a partir das demandas individuais¹¹⁵ pelo líquido por atividade, senão no equilíbrio geral do sistema, considerando o *custo marginal* de gerenciamento e as interdependências dos grupos usuários (em termos de *elasticidades-preço da demanda*), relevando-lhes a capacidade de pagamento. Consoante Garrido(2000), **torna-se singular por gerar eficiências econômica e distributiva**, aplicáveis sobretudo em economias de sombrio quadro social, a exemplo do Brasil.

No dizer de Lanna (2001), (...) *um problema de aplicação da regra dos preços públicos [second best]¹¹⁶, que tenderia a levar à eficiência econômica e à viabilidade financeira, é que as elasticidades-preço da procura de água pela indústria e, em alguns casos, da agricultura são maiores do que as do usuário doméstico. Isso pode ser explicado pelas opções tecnológicas de suas funções de produção, que permitem o estabelecimento de maior variabilidade na demanda de água. Nesses casos, com o uso dessa regra, os preços da cobrança do abastecimento doméstico deveriam ser maiores do que os de outros usuários, criando-se uma fonte de conflito setorial, especialmente por ser esse uso considerado prioritário (...). Continua o autor (...) conclui-se que buscar uma alocação ótima da água através de preços é tarefa de difícil implementação. Isso tem levado, na introdução da cobrança pelo*

¹¹⁵ Fernandez/Garrido (2001) incluem a *disposição a pagar* (via obtenção da demanda **tudo ou nada**) ou **avaliação contingente**) — seção 2.4) no rol dos métodos de cálculo do preço para a aplicação em questão.

¹¹⁶ Comentário nosso.

*uso da água em diversos países ou regiões, à adoção de **critérios políticos**, baseados na negociação entre as partes envolvidas*¹¹⁷ (...).

Múltiplas utilizações hídricas têm valores excedentes àqueles passíveis de se medir monetariamente. Por conseguinte, metas de eficiência econômica e viabilidade financeira, malgrado **essenciais**, se não afiguram **fins últimos** das políticas públicas: aspectos sociais, ambientais, de estabilidade político-institucional, de redução das desigualdades regionais **injuge-se** sejam objetos de tais planejamentos. Opina-se, em favor da boa gerência, ativa seja a participação da sociedade¹¹⁸ — consumidores, organismos públicos, entidades privadas — quanto à negociação do pretense gravame a ser fixado, norteando-o, pois, sob **condicionantes econômicas, sociais e políticas**.

¹¹⁷ Grifos nossos.

¹¹⁸ De acordo com o explanado, a legislação brasileira (**Lei 9.433/97**) exsurge os **Comitês de bacias hidrográficas**, imputando-lhes, entre outras tarefas, *estabelecer os mecanismos de cobrança pelo uso dos recursos hídricos e sugerir os valores a serem cobrados* (**art. 38, VI**).

6.6 APÊNDICE – CAPÍTULO 6

Deduzindo a expressão (IV), seção 6.2.2.

Sabe-se que a utilidade $U(x_j)$ de consumir a quantidade x de um bem é dada pela área sob a curva de demanda inversa; por conseguinte, $U(0) = 0$, e desta forma diremos que é verdadeira a igualdade $U(x_j) = U(x_j) - U(0)$, onde o segundo membro mede a área sob a curva $p_j(x_j)$ quando x varia de 0 a x_j e/ou a área sob a curva $x_j(p_j)$ quando p varia de 0 a p_j :

$$U(x_j) - U(0) = U(x_j) = \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx = \int_0^{p_j} x_j(p_j) dp \quad (6.1)$$

Associando o valor bruto $U(x_j)$ dado por (6.1) ao produto entre o **preço** e a **quantidade**, obteremos o **preço de reserva**:

$$p_j^r(x_j) x_j = \int_0^{x_j} p_j(x_j) dx \quad (6.2)$$

e/ou

$$p_j^r x_j(p_j^r) = \int_0^{p_j} x_j(p_j) dp \quad (6.3) \quad \text{c.q.d.}$$

Provando que $p_j^r(x_j) > p_j(x_j)$, seção 6.2.2.

A partir da primitiva acima configurada (6.2), encontramos a respectiva **função de derivação**:

$$\frac{d[p_j^r(x_j) x_j]}{dx} = p_j(x_j) \quad (6.4)$$

Utilizando a **regra da cadeia** para o 1º membro:

$$\frac{d p_j^r(x_j)}{d x} x_j + p_j^r(x_j) = p_j(x_j) \quad (6.5)$$

Como $\frac{d p_j^r(x_j)}{d x} < 0$ e $x_j > 0$, segue que $p_j^r(x_j) > p_j(x_j)$, c.q.d.

Deduzindo a expressão (VI), seção 6.2.3.

Sejam:

CMe, custo médio por m³;

Ct, custo total;

b, percentual de perda;

x, q, definidos no texto.

Sem considerarmos as perdas, o custo médio será expresso por:

$$CMe = \frac{Ct}{x} \quad (6.6)$$

Admitindo **perda** de **b**%:

$$CMe_{perdas} = \frac{Ct}{(1 - b)x} \quad (6.7)$$

onde

$$b = \frac{x - q}{x} \quad (6.8)$$

Assim, de (6.8) em (6.7), vem:

$$CMe_{perdas} = \frac{Ct}{\frac{x}{q} - \frac{x - q}{x}} \quad (6.9)$$

$$CMe_{perdas} = \frac{x}{q} \frac{Ct}{x}$$

$$CMe_{perdas} = \frac{x}{q} CMe \quad (6.10)$$

Da definição de **preço de reserva**, isto é, impondo a diferença entre os **custos médios** traduzidos por (6.10):

$$p_r^{Ah} = \frac{x_{fa}}{q_{fa}} CMe_{fa} - \frac{x_m}{q_m} CMe_m \quad \text{c.q.d.}$$

Com CMe_i , x_i e q_i ($i = m, fa$) conceituados no texto.

Deduzindo a expressão (XI), seção 6.5.2 (Regra dos preços públicos/second best)

Quer-se maximizar a **função de utilidade indireta de bem-estar social** (identidade (IX), seção 6.5.2) sujeita à função de restrição orçamentária da sociedade (dada por (X), seção 6.5.2):

$$\begin{aligned} \text{Max}_x \quad & v = v(p, M) \\ \text{s.a.} \quad & M(p) = 0 \end{aligned}$$

Se $M(p) = \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)]$, da restrição $M(p) = 0$ vem:

$$0 = \sum_j p_j x_j(p) - \sum_j c_j[x_j(p)]$$

Montando o Lagrangeano, tem-se:

$$L = v(p, M) + m(p_j(x_j(p)) - c(x_j(p))) \quad (6.11)$$

p e x são **vetores** de preços e demandas, nessa ordem. Derivando (6.11) em relação a p e valendo-se da condição de otimização:

$$\frac{\partial v}{\partial p_j} + m \left[x_j + p_j \left(\frac{\partial x_j}{\partial p_j} \right) - \left(\frac{\partial c_j}{\partial x_j} \right) \left(\frac{\partial x_j}{\partial p_j} \right) \right] = 0 \quad (6.12)$$

Usando a **identidade de Roy**, $\left(\frac{\partial v}{\partial p_j} \right) = -x_j \left(\frac{\partial v}{\partial M} \right)$, tem-se:

$$\begin{aligned} & - \frac{\partial v}{\partial M} x_j + m \left[x_j + p_j \frac{\partial x_j}{\partial p_j} - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} \right] = 0 \\ & - \frac{\partial v}{\partial M} x_j + m x_j + m \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j = 0 \\ & x_j \frac{\partial m}{\partial p_j} - \frac{\partial v}{\partial M} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} + m \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j = 0 ; \end{aligned} \quad (6.13)$$

Multiplicando ambos os membros de (6.13) por $p_j/m x_j$:

$$\frac{p_j}{m} \frac{\partial m}{\partial p_j} - \frac{\partial v}{\partial M} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} + \frac{p_j}{x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j = 0 \quad (6.14)$$

Lembrando que $\frac{p_j}{x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j}$ mede a *elasticidade-preço* e :

$$\frac{p_j}{m} \frac{\partial m}{\partial p_j} - \frac{\partial v}{\partial M} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} + e \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j - \frac{\partial c_j}{\partial x_j} \frac{\partial x_j}{\partial p_j} p_j = 0$$

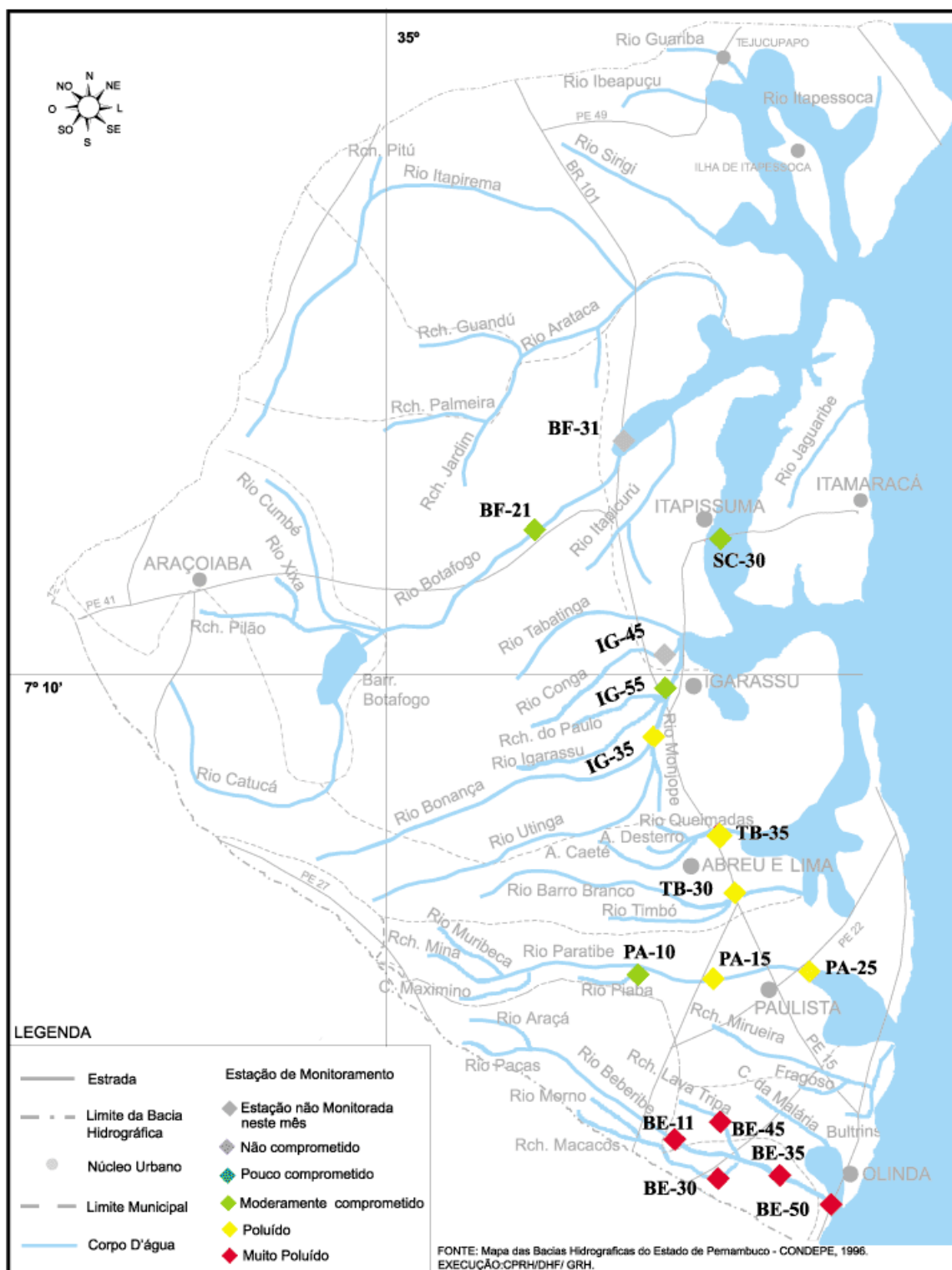
$$e \frac{d}{dt} \mathbf{p}_j - \frac{\nabla c_j}{\nabla \mathbf{x}_j} = - \frac{\mathbf{p}_j}{m} - \frac{\nabla v}{\nabla \mathbf{M}}$$

Finalmente, lembrando que $\frac{\nabla c_j}{\nabla \mathbf{x}_j} = \mathbf{C} \mathbf{m} g$:

$$\frac{\mathbf{p}_j - \mathbf{C} \mathbf{m} g_j}{\mathbf{p}_j} = a \frac{1}{|e|} \tag{6.15}$$

$$\text{Com } a = \frac{1}{m} - \frac{\nabla v}{\nabla \mathbf{M}} \quad \text{c.q.d.}$$

7. PERNAMBUCO: BACIA GL-1



Mapa 7.1 Bacia GL-1

Fonte : Agência Estadual de Meio-Ambiente e Recursos Hídricos, 2003

7.1 CARACTERIZAÇÃO

Incluído na região hidrográfica *Nordeste Oriental*, o **grupo de bacias de pequenos rios litorâneos GL-1** localiza-se integralmente na Zona da Mata Norte do Estado de Pernambuco, ocupando uma área de 1.189,95 km², no espaço definido pelas coordenadas 7°34'15" e 8°02'10" de latitude sul, 34°48'40" e 35°09'30" de longitude oeste de Greenwich. Constituído pelas bacias dos rios **Jaguaribe**, **Arataca**, **Botafogo**, **Igarassu**, **Timbó**, **Paratibe** e **Beberibe**, insere-se quase que inteiramente na Região Metropolitana do Recife (**RMR**), abrangendo oito municípios¹¹⁹ (todos componentes da Grande Recife), quais sejam, **Abreu e Lima**, **Itamaracá**, **Itapissuma**, **Olinda**, **Paulista** — com 100% dos respectivos territórios nela contidos — **Arassoiaba** (77,49%), **Igarassu** (97,26%) e a capital **Recife**, com 33,98% de sua extensão dentro dos limites do conjunto hidrográfico (Secretaria de Recursos Hídricos de Pernambuco — SRH —, 2000a). Seja a tabela 7.1:

MUNICÍPIO	Área IBGE	Parcela na unidade	
	(km ²)	Km ²	%
Abreu e Lima	129,1	129,1	100,00
Arassoiaba	70,0	54,2	77,49
Igarassu	331,1	322,0	97,26
Itamaracá	65,4	65,4	100,00
Itapissuma	74,3	74,3	100,00
Olinda	38,1	38,1	100,00
Paulista	102,3	102,3	100,00
Recife	218,7	74,3	33,98

Tabela 7.1 Áreas dos municípios inseridos na GL-1

Fonte: SRH, 2000a

Passamos a descrever-lhe as unidades componentes.

- **Bacia do rio Jaguaribe:** Menor integrante da **GL-1** — reduz-se-lhe a área a 18km² —, situa-se na ilha de Itamaracá. O relevo é suavemente ondulado, passando a plano nas proximidades do mar.

¹¹⁹ Não obstante incluía outros cinco municípios (Camaragibe, Itaquitinga, Goiana, Paudalho, Tracunhaém), tais localidades em termos práticos não têm reflexo sobre a área em estudo.

• **Bacia do rio Botafogo:** Localiza-se no extremo norte da Região Metropolitana do Recife, onde insere aproximados 85% de sua extensão, estimada em 280km². Não obstante, tem nascente no município de Tracunhaém, externo àquela área. O relevo é movimentado, conquanto carente de elementos topograficamente marcantes. Apresenta sedimentos terciários e quaternários, com afloramentos de rochas ao norte, na transição para as formações cristalinas. Constitui-se pela junção de outros pequenos rios — **Cumbe**, **Pilão**, **Catucá** (principal formador); próximo à foz, pela margem esquerda, recebe as águas do rio **Arataka**, de origem na reunião dos rios **Itapirema** e **Jardim**.

• **Bacia do rio Igarassu:** Engloba diversos cursos d'água secundários, destacando-se os rios **Conga** e **Tabatinga**, a ele unidos nas vizinhanças da desembocadura comum no **Canal de Santa Cruz**, ao sul da Ilha de Itamaracá. Nas partes superior e média de seu leito conhece-se como **rio Bonança** ou **Pitanga**, adquirindo a denominação em epígrafe a jusante do município de Igarassu. Abrange 164 km², 98% dos quais ínsitos na RMR, mormente nos municípios de Igarassu e Abreu e Lima.

• **Bacia do rio Timbó:** Inteiramente contida na área metropolitana, nos municípios de Igarassu, Abreu e Lima e Paulista, tem área de 104km². Após travessia da região ondulada de sedimentos do Grupo **Barreiras** e pequena ocorrência da Formação **Beberibe**, alarga-se ao alcançar a planície costeira, permitindo penetração da maré e constituição de extensos manguezais. Próximo ao leito, sobretudo na parte inferior, ocorrem significativas ocupações urbanas.

• **Bacia do rio Paratibe:** À semelhança do Igarassu, a unidade hidrográfica compreende pequenos afluentes do rio **Paratibe** — rios **Piaba** e **Mumbeca**, riacho do **Boi**, Arroio **Maximino** (parte superior) e Canal das **Tintas**, rio **Fragoso** (baixo curso). Também denominado rio **Doce** nas proximidades do mar, tem extensão de 118km², 99% dos quais inclusos na RMR. Particulariza-se geologicamente por sedimentos terciários e quaternários, ocorrendo alúvios, mangues, sedimentos de praia, além dos arenitos do Grupo **Barreiras**.

• **Bacia do rio Beberibe:** Com área de drenagem de 79km², restritos à Grande Recife, compõe-se pela fusão dos riachos das **Pacas** e **Araçá**, somente auferindo o termo em destaque após a confluência. No terço inferior acolhe o rio Morno — principal afluente, cujo tributário é o rio **Macacos**. Na porção final, em trecho urbano, colhe as águas dos canais do **Vasco da Gama** e **Malária** e dos córregos do **Abacaxi** e **Euclides**. De vale profundo na regi-

ão superior — cavado nos sedimentos arenosos grosseiros do Grupo **Barreiras**, atingindo também os siltitos da Formação **Beberibe** — exhibe componentes arenosos mais finos no curso inferior. Na planície (zonas estuarina e da barra), predominam materiais recentes como as aluviões flúvio-deltaicas, dunas litorâneas, mangues salinizados. Ao longo de sua extensão, tanto mais intensamente quanto a jusante, **conota-se por forte ocupação urbana**.

A faixa costeira do Nordeste do Brasil conhecida como *Zona da Mata* — trecho do Rio Grande do Norte ao sul da Bahia — caracteriza-se por clima quente e úmido, de significativos índices pluviométricos (1.000 a 2.000mm/ano; 1.611,6 mm/ano para o domínio da **GL-1**); apresenta extensa estação chuvosa, persistindo ao menos por seis meses: as principais chuvas têm início em março, prolongando-se a julho/agosto; o período seco distende-se de setembro a fevereiro, respondendo por 20 a 25% das precipitações anuais. A barragem de **Botafogo**, no município de Igarassu, verte-se no principal reservatório da região enfocada, com capacidade de armazenamento de 28 milhões de metros cúbicos (SRH, 2000a).

A classe de vegetação e o uso do solo — de grande diversidade de ocupação — da área em estudo discriminam-se pela tabela 7.2. Malgrado a intensa ação antrópica, preservam-se manchas significativas de remanescentes florestais, treze dentre elas denominadas **reservas ecológicas**, ainda que em sua maior parte degradadas pela comercialização de madeiras ou destruídas pela utilização do solo em atividades produtivas.

Classe	Área (km ²)	%
Mata – vegetação arbórea fechada	245,10	20,60
Mata - vegetação arbórea aberta	59,96	5,04
Vegetação arbustivo-arbórea fechada	8,63	0,73
Policultura	271,22	22,79
Cana	272,87	22,93
Mangue	51,02	4,29
Área Urbana	141,68	11,91
Açude	2,35	0,20
Areia	3,36	0,28
Corpo D'água	44,56	3,74
Nuvens e sombra	77,10	6,48
Área Degradada	12,10	1,02
TOTAL	1.189,95	100,00

Tabela 7.2 Classe de vegetação e uso do solo (bacia GL-1)

Fonte: SRH, 2000a

As aglomerações humanas carecem de sistemas coletivos e controle sobre as soluções isoladas, restritos a poucas localidades dos municípios de **Recife, Olinda, Paulista e Abreu e Lima**, com precário funcionamento. Como consequência, atendem-se cerca de 240.000 pessoas, fração **inferior** a 20% do contingente populacional da circunscrição (tabela 7.4). Decorre do contexto **concentração de esgotos em particulares regiões**, agravando a poluição das coleções de água: as adjacências dos rios **Beberibe** (bairro de **Peixinhos**, Olinda) e **Timbó** (Paulista) tipificam o enunciado. Na identificação de fontes polutas (tabelas 7.3 a 7.5) apartam-se as de origem doméstica (produção de esgotos e resíduos sólidos) e industrial.

Município	Carga orgânica potencial (kgDBO/dia)
Abreu e Lima	3.925
Arassoiaba	-
Igarassu	3.519
Itamaracá	1.643
Itapissuma	868
Olinda	18.867
Paulista	12.394
Recife	24.695
Total	65.911

Tabela 7.3 Carga orgânica potencial de esgotos (GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a

Município	Destinação final		Impacto ambiental	
	Tipo	Tratamento	Proximidade de corpo de água	Proximidade de núcleos habitacionais
Abreu e Lima	Lixão	Nenhum	—	—
Araçoiaba	Lixão	Nenhum	1.500 m	500 m
Igarassu	Lixão	Nenhum	—	—
Itamaracá	Lixão	Triagem de recicláveis	—	500 m
Itapissuma	Lixão	Compostagem/triagem	—	—
Olinda	Aterro controlado	Triagem de recicláveis	400 m	50 m
Paulista	Lixão	Nenhum	500 m	500 m

Tabela 7.4 Destinação final de resíduos sólidos (GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a

Município	Número de indústrias	Carga orgânica potencial (kgDBO/dia)
Botafogo	4	99.620
Canal de Santa Cruz	2	-
Igarassu	29	1.695
Timbó	21	1.361
Paratibe	31	1.200
Beberibe	59	102
Total	146	103.978

Tabela 7.5 Carga poluidora industrial por bacia (GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a

A contribuição maior à carga orgânica poluidora decorre do lançamento *in natura* dos esgotos domésticos nos respectivos corpos d'água, notadamente após áreas **urbanas** densamente povoadas, à exceção da sub-bacia do rio **Botafogo** (tabela 7.5), afetada pela atividade industrial, precipuamente de específica unidade industrial (usina) presente; aqui, os parâmetros de DBO de ordinário ultrapassam os limites legalmente tolerados.

Focando os mananciais **subterrâneos**, exsurtem os aquíferos das **Aluviões e Sedimentos de praia, Barreiras, Beberibe inferior, Fissural**. Nota-se expressiva variação da profundidade dos poços, com maior frequência no intervalo entre 100m e 150m. A vazão média abeira 40,4 m³/h. (SRH, 2000a)

7.2 USOS CONSUNTIVOS

Definem-se a seguir as variáveis a serem abordadas:

- a) **Demanda consuntiva**: Vazão necessária ao atendimento do consumo das categorias de usuários: populações urbana e rural, efetivo animal, irrigação, indústria etc;
- b) **Consumo**: Parte da demanda consuntiva **efetivamente** consumida;
- c) **Demanda ecológica**: Volume a se mantido em cursos de água em dado intervalo de modo a assegurar condições ambientais adequadas em face da retirada da demanda consuntiva. Assume-se como 10% da disponibilidade total (SRH, 2000a);
- d) **Retorno**: Diferença entre a **demanda consuntiva** e o **consumo**;
- e) **Vazão explorável**: denota a fração possível de mobilização por intermédio de ampliação da infra-estrutura hídrica.

As cenas atual e tendencial ajustam-se aos critérios da tabela 7.6 (SRH, 2000a):

SEGMENTOS	CENA ATUAL	CENA TENDENCIAL
População Urbana e Rural	Contagem de população de 2002, com taxa de crescimento verificada no período 1996/2000 (IBGE).	Projeção a partir da evolução de taxas de crescimento para os períodos 1980/1991 e 1991/1996 (IBGE).
Irrigação	Valores das áreas irrigadas (EBAPE, SUDENE, BNB).	Admitida expansão do segmento em função de incentivos advindos do FINOR, FNE e BNDES; prevê-se taxa anual de crescimento de 3,0%.
Pecuária	Projeção dos dados da <i>Produção Pecuária Municipal</i> , relativos ao período 1991/1998 (IBGE).	Projeção dos efetivos dos rebanhos em cada horizonte temporal em idêntico período (IBGE).
Aqüicultura	Informações extra-oficiais de setores da Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária do Estado de Pernambuco, à falta de dados cadastrais.	Projeção a partir da programação 2000/2010 para o segmento (Secretaria de Produção Rural e Reforma Agrária).
Indústria Canavieira	Projeção dos dados da <i>Produção Pecuária Municipal</i> , referentes ao período 1992/1998 (IBGE).	Evolução da produção de cana-de-açúcar relativa ao mesmo período (IBGE).

Tabela 7.6 Critérios adotados na construção das cenas (bacia GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a.

Perscrutando o perfil do atual emprego **consuntivo**¹²⁰ das águas superficiais no conjunto das bacias, obtém-se o quadro a seguir (tabela 7.7):

Destino	Abast. Humano	Indústria Canavieira	Setor Pecuário	Irrigação	Aqüicultura	Ecológica	Total
Demanda	134.501.266	3.354.829,30	569.272	12.072.000	1.460.000	30.691.537	182.648.904
Consumo	134.501.266	3.354.829,30	569.272	8.450.400	1.022.000	30.691.537	178.589.304
Retorno	0,00	0,00	0,00	3.621.600	438.000,00	0,00	4.059.600,00

Tabela 7.7 Demandas, consumos e retornos – cenário atual (m³/ano)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a.

¹²⁰ A área objeto desta pesquisa não apresenta potencialidades de **geração de energia hidroelétrica**, nem condições propícias à **navegação interior**; as possibilidades de uso dos recursos hídricos para a **pesca, turismo, recreação e lazer** são limitadas e localizadas, portanto desconsideradas no balanço dos recursos hídricos; assim, setores potencialmente consumidores, por **irrelevantes quanto à bacia GL-1**, se não incluem na análise. No segmento industrial, cindiram-se os setores sucroalcooleiro e demais estabelecimentos, por diferentes quanto à forma de se lhes atender os requerimentos hídricos: este, predominantemente localizado em zonas urbanas e áreas periféricas, utilizando-se das águas dos sistemas de abastecimento público; aquele, característico de localidades rurais, mediante captações isoladas e dispersas.

Destino	Abast. Humano	Indústria Canavieira	Setor Pecuário	Irrigação	Aqüicultura	Ecológica	Total
ANO: 2005							
Demanda	140.813.386	3.354.019	639.949	13.392.000	2.920.000	30.691.537	191.810.891
Consumo	140.813.386	3.354.019	639.949	3.435.600	2.044.000	30.691.537	180.978.491
Retorno	0,00	0,00	0,00	9.956.400	876.000	0,00	10.832.400
ANO: 2010							
Demanda	144.213.438	3.402.019	723.076	16.224.000	3.796.000	30.691.537	199.050.070
Consumo	144.213.438	3.402.019	723.076	11.356.800	2.657.200	30.691.537	193.044.070
Retorno	0,00	0,00	0,00	4.867.200	1.138.800	0,00	6.006.000
ANO: 2025							
Demanda	146.771.909	3.552.019	1.071.631	25.272.000	7.300.000	30.691.537	214.659.096
Consumo	146.771.909	3.552.019	1.071.631	17.690.400	5.110.000	30.691.537	204.887.496
Retorno	0,00	0,00	0,00	7.581.600	2.190.000	0,00	9.771.600

Tabela 7.8 Demandas, consumos e retornos – cenário tendencial (m³/ano)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a

Para o cálculo dos valores expressos nas tabelas 7.7 e 7.8 tomam-se por referência (SRH, 2000a):

- Quanto ao **abastecimento humano**, discerniram-se as populações urbana e rural: para estas, adota-se valor sugerido pelo **Plano Estadual de Recursos Hídricos** (PERH, 1999c), vale dizer, **70 l/hab.dia** como *coeficiente de demanda*, dimensionado em **290 l/hab.dia** em relação àquela (SRH, 2000a), magnitude esta atinente a localidades com mais de 500.000 habitantes, posto se influenciem pelas áreas conurbadas da RMR. Assume-se retorno **nulo** — isto é, consumo de 100% — pela proximidade entre o mar e a área objeto desta dissertação, sendo imprudente admitir casuais retornos do sistema de coleta de esgotos como disponibilidade hídrica, uma vez proporcional a reutilização desses efluentes.

Analisa-se o elemento humano conforme a tabela 7.9:

Tipo	População			
	2002	2005	2010	2025
Urbana	1.257.595	1.320.642	1.352.530	1.376.525
Rural	54.201	40.056	41.023	41.751
Total	1.311.796	1.360.698	1.393.553	1.418.276

Tabela 7.9 População atual/projetada (GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a

- Considerando fatores naturais essenciais à atividade de **irrigação** — pluviosidade, temperatura, umidade relativa do ar, radiação solar, características dos solos, safras, tipos de cultura, etc. — mensura-se em **12.000 m³/ha.ano** o *fator de demanda* para área anualmente irrigada de **1006ha**; anota-se retorno em 30% do volume **extraído**¹²¹ do corpo d'água (SRH, 2000a). Embora o caráter complementar da irrigação na Zona da Mata e Litoral onde se insere a unidade em comento, é-lhe substancial o requerimento hídrico, ensejando conflitos de uso em regiões — curso superior da bacia do rio **Botafogo**, exemplificando — de maior necessidade de **abastecimento humano**.

- A partir das taxas de consumo comumente adotadas para animais domésticos, os fatores relativos à atividade de **pecuária** fundam-se na medida **BEDA** (bovinos equivalentes para demanda de água), a saber, a precisão de cada espécie comparativamente aos bovinos¹²². Toma-se por **nulo** o retorno (SRH, 2000a).

- Para a **aqüicultura**, anota-se a hipótese de utilização de **8 m³/ha/h** de requerimento do manejo e manutenção da produção de pescado, com percentual de **consumo** em 70% (SRH, 2000a).

- O esquema produtivo **sucroalcooleiro** solicita **21m³** por tonelada de cana-de-açúcar. Firma-se em 100% o consumo para indústrias inclusas ou contíguas à RMR, porquanto depositam efluentes próximo ou na foz dos rios e reutilizam o vinhoto advindo da produção para fertirrigação dos solos.

- Por imperativa a preservação das qualidades naturais, físicas, químicas e biológicas dos corpos hídricos, fixa-se índice de 10% das disponibilidades totais para cálculo da **demanda ecológica**. Com fins de manutenção das condições ambientais, desconsidera-se o **retorno**.

A conjuntura de emprego, proteção e controle dos recursos hídricos e os reflexos de intervenções antrópicas observam-se na tabela **7.10**.

¹²¹ Não confundir com o volume *demandado*.

¹²² Estimada em **50 l/cabeça/dia** (SRH, 2000a).

Tipo de uso ou controle	Situação observada Cenário atual	Evolução esperada Cenário tendencial
Abastecimento humano	-Gestão deficiente; -Baixo índice de medição; -Elevado percentual de perdas e desperdícios (aproximadamente 50%); -Sistemas obsoletos.	-Algumas melhorias no gerenciamento; -Inexpressiva redução de perdas e desperdícios; -Melhoria e ampliação de alguns sistemas físicos.
Esgotamento sanitário	-Maioria das aglomerações urbanas não atingidas; -Sistemas existentes de precário funcionamento; -Concentração dos esgotos sem tratamento adequado nos pontos de lançamento, agravando a poluição das coleções de água.	-Avanço insuficiente na implantação de novos sistemas; -Pequena melhoria em gestão e controle de poluição; -Melhoria insatisfatória das condições ambientais.
Irrigação	-Conflitos de uso dos recursos hídricos; -Risco de contaminação dos mananciais por fertilizantes e agrotóxicos; -Ausência de práticas efetivas de controle da erosão e redução do assoreamento; -Sistemas de irrigação por vezes inadequados às condições de solo e relevo.	-Melhoria moderada das situações observadas.
Abastecimento Industrial	-Localização de estabelecimentos em locais inadequados quanto à oferta e proteção dos recursos hídricos; - Controle insuficiente do tratamento e disposição dos efluentes e outros subprodutos; -Conflitos de uso na apropriação da água.	-Melhoria moderada dos problemas identificados.
Erosão e assoreamento	-Práticas agrícolas condenáveis, incrementando o processo erosivo e carreamento dos solos; -Ocupação urbana desordenada e agressiva das encostas, alterando o equilíbrio natural e ensejando desmoronamentos.	Adoção de providências para minimizar o problema em áreas críticas.
Enchentes e inundações	-Adstringem-se notadamente as zonas urbanas, em especial os municípios de Recife e Olinda. -Ocupação indiscriminada de zonas de risco; -Obstrução dos elementos de drenagem urbana pelo lançamento de lixo e detritos; - Deficiência de drenagem urbana para solução das enchentes e alagamentos urbanos de menor gravidade.	-Melhoria moderada de drenagem urbana; -Assistência às populações eventualmente atingidas; -Persistência das ocupações de zonas de risco e obstrução das vias de escoamento das águas.

Tabela 7.10 Apropriação, proteção e controle dos recursos hídricos (GL-1)

Fonte: Adaptado de SRH, 2000a.

7.3 DESENVOLVIMENTO ANALÍTICO

Esta seção cuida da determinação dos preços pela cobrança pelo uso da água do conjunto hidrográfico **GL-1**, cingidos às atividades de **abastecimento humano**, **esgotamento sanitário** e **irrigação** (ver capítulo 6).

7.3.1 Preços de reserva

Conforme ressaltado, representam o máximo valor a que se dispõe pagar o consumidor de modo a tornar-se **indiferente** entre alternativas diversas que se lhe apresentam. Simulam-se a partir de **interrupção/proibição** da situação vigente. Avaliemo-los para as três modalidades enfocadas. Parte-se da opção menos onerosa.

Preços de reserva

a) Abastecimento humano

Consideraram-se duas possibilidades em opção ao regular fornecimento pela **Compesa** ^{3/4} a partir do manancial **GL-1** em questão —, quais sejam, captações via **poços artesianos** e **carros-pipa**. Emprega-se a expressão (VI) do capítulo 6:

$$p_r^{Ah} = \frac{x_{fa}}{q_{fa}} CMe_{fa} - \frac{x_m}{q_m} CMe_m \quad (7.1)$$

onde:

p_r^{Ah} denota o *preço de reserva* por unidade de volume *consumido*;

x_i , o volume *produzido* para abastecimento pela fonte **i** por unidade de tempo ;

q_i , volume **efetivamente** colocado à disposição do usuário final do abastecimento a partir da fonte **i**, por unidade de tempo (volume *faturado*);

CMe, *custo médio* de cada volume unitário **captado** a partir da fonte **i**;

i assume-se como **m** (manancial) ou **fa** (fonte alternativa: poços artesianos, carros-pipa, etc.).

Para os itens a seguir, tomam-se:

• **Perdas de 50%** no processo (tabela 7.10), devidas a vazamentos, evaporação, derivações clandestinas, etc., proporcionando que o termo (q_m/x_m) seja igual a **0,5**; Assim, $(x_m/q_m) = 2$.

• **Custo médio (CMe_m)** de cada volume unitário **captado** a partir do conjunto hidrográfico **GL-1** avaliado por:

$$CMe_m = \frac{\text{custo}_{total}}{\text{volume}_{produzido}} \quad (7.2)$$

Com **custo total** valendo **R\$6.714.054,46** e o **volume produzido**, **10.236.499 m³**, tem-se com (7.2), $CMe_m = \text{R\$}0,66/\text{m}^3$.

• **Poços artesianos**

Cotações junto a empresas perfuradoras de poços estimaram em **R\$ 1,47** o **preço médio por metro cúbico**¹²³ extraído ($CMe_{pa} = \text{R\$}1,47$). Admite-se **perda** na extração de 5% (Carrera-Fernandez, 2000a); Assim, $(q_{pa}/x_{pa}) = 0,95 \setminus (x_{pa}/q_{pa}) = 1,053$.

Substituindo-se os valores de (x_m/q_m) , CMe_m , (x_{pa}/q_{pa}) e CMe_{pa} em (7.1):

$$p_{r1}^{Ah} = \text{R\$ } 0,2279/\text{m}^3$$

Para avaliar a associada demanda, contabilizam-se as perdas verificadas no abastecimento (**perdas_m = 50%**) a partir dos mananciais em tela pela companhia de saneamento, igualando a demanda por água advinda de **poços artesianos** (relevando-se as **perdas** na extração a partir desta fonte em 5%, consoante supramencionado) à vazão efetivamente posta à disposição de consumidor pelo regular fornecimento:

$$x_1^{Ah} = [(1 - \text{perdas}_m) \cdot 4,27] / 0,95 = 2,2474 \text{ m}^3/\text{s}$$

Destarte, surge o primeiro ponto da demanda **tudo ou nada**:

$$(x_1^{Ah}, p_{r1}^{Ah}) = (2,2474 \text{ m}^3/\text{s}, \text{R\$ } 0,2279/\text{m}^3)$$

¹²³ Em verdade, reporta-se o preço ao **metro linear**; dada a área de superfície, estima-se o valor por metro cúbico para **pequenas vazões**.

• **Carros-pipa**

De uso comum na região, pesquisas descreveram em **R\$ 8,41** ($CMe_{cp} = R\$8,41$) o **preço médio** estipulado para esse fim, **por metro cúbico**. Desprezando-se as perdas, por ínfimas (Carrera-Fernandez, 2000a), tem-se $(q_{cp}/x_{cp}) = (x_{cp}/q_{cp}) = 1$:

Substituindo-se os valores de (x_m/q_m) , CMe_m , (x_{cp}/q_{cp}) e CMe_{cp} em (7.1):

$$p_{r2}^{Ah} = R\$ 7,0900/m^3$$

Estimando a demanda de forma análoga à previamente descrita (atendo-se ao fato de apresentarem **perdas nulas** as derivações originadas da fonte em tela):

$$x_2^{Ah} = (1 - perdas_m) \cdot 4,27 = 2,1350 \text{ m}^3/s$$

Avulta-se o segundo par ordenado da demanda **tudo ou nada**:

$$(x_2^{Ah}, p_{r2}^{Ah}) = (2,1350 \text{ m}^3/s, R\$7,0900/m^3)$$

Em resumo, para o **abastecimento humano** :

$$(x_1^{Ah}, p_{r1}^{Ah}) = (2,2474 \text{ m}^3/s, R\$ 0,22279/m^3)$$

$$(x_2^{Ah}, p_{r2}^{Ah}) = (2,1350 \text{ m}^3/s, R\$7,0900/m^3)$$

b) Esgotamento sanitário

Denota-se por corrente o emprego **gratuito** de mananciais para diluição de esgotos domésticos. São opções o **serviço regular da Compesa** e o **implemento de sistema secundário**. Faz-se uso da expressão (VII) do capítulo 6:

$$p_r^{Eg} = \frac{D c_t}{x_{DBO}} \quad (7.3)$$

onde:

p_r^{Eg} , verte o *preço de reserva* por unidade de *DBO* (demanda bioquímica de oxigênio);

Dc , o custo **extra** ao incorrer-se em esquema diverso, em reais;

x_{DBO} , carga **orgânica** potencial, por quilograma de *DBO*.

Para a elaboração que se segue, fixa-se em **65.911 kgDBO/dia** (tabela 7.3) a **carga orgânica potencial** descartada no solo e corpos hídricos receptores da **GL-1**.

• **Serviço regular da Compesa**

Com *custo total* de **R\$2.844.208,46**, *volume tratado* de **2.139.033 m³** (Compesa, 2002) e valendo-se da expressão:

$$CMe_{\text{esgoto}} = \frac{\text{custo}_{\text{total}}}{\text{volume}_{\text{tratado}}} \quad (7.4)$$

apura-se o **custo** da prestação de serviço de esgotamento sanitário na área objeto em **R\$1,33/m³** ($CMe_{\text{esgoto}} = \text{R\$1,33/m}^3$).

Com proporção de **17 kgDBO** por cada unidade de volume tratado (Carrera-Fernandez, 2000a), de (7.3) vem:

$$p_{r1}^{Eg} = \frac{1,33}{1 \text{ m}^3} = \frac{1,33}{17 \text{ kgDBO}} = \text{R\$0,0782 / kgDBO}$$

Primeiro ponto da demanda *tudo ou nada*:

$$(x_1^{Eg}, p_{r1}^{Eg}) = (65.911 \text{ kgDBO/dia}, \text{R\$0,0782/kgDBO})$$

• **Implemento de sistema secundário**

Acorde estudos realizados (Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Social — SEPLAN —, 1999a e 2001), a adoção de esquema conjunto de **Reatores anaeróbios de fluxo ascendente (RAFA)**, **lagoa aerada** e **tanque de polimento** reduziria os níveis de **demandas bioquímica de oxigênio (DBO)** em aproximados 37%, ou **24.156 kgDBO/dia**; avaliando em **65.911 kgDBO/dia** (tabela 7.3) a **carga orgânica potencial**, toma-se por resíduo:

$$\text{resíduo orgânico} = 65.911 - 24.156 = 41.755 \text{ kgDBO/dia} \quad (7.5)$$

O **custo anual** do sistema cogitado estima-se como se segue.

Ação	Custos de construção (10 ⁶ R\$)	Custos diretos/indiretos (10 ⁶ R\$)	Saldo (10 ⁶ R\$)
1.Esgotamento Sanitário			
Sistema de Conceição	25,888	14,096	
Sistema do Janga	94,154	29,463	
Subtotal			163,601
Operação e Manutenção (6% do custo de construção)			7,203
Total Geral			170,804

Tabela 7.11 Investimentos: Sistemas de Conceição e Janga (milhões de reais)

Fonte:SEPLAN, 2001

Ação	Investimentos (10 ⁶ R\$)	Contingências (10 ⁶ R\$)	Saldo (10 ⁶ R\$)
1.Esgotamento Sanitário			
Sistema de Peixinhos	10,914	1,637	
Sistema de Aguazinha e outros	16,907	2,536	
Subtotal			31,9940
Operação e Manutenção (5% do subt. do custo de construção)			1,5997
Total Geral			33,5937

Tabela 7.12 Investimentos: Sistemas de Peixinhos, Aguazinha e outros (milhões de reais)

Fonte:SEPLAN, 1999a

Do subtotal apurado na tabela 7.12, por hipótese assumem-se 55% provenientes de financiamento (**R\$17.596.700,00**) e os restantes 45% (**R\$14.397.300,00**) de recursos próprios (SEPLAN, 1999a).

Do exame das tabelas 7.11 e 7.12:

Montante total = **R\$170.804.000,00** + **R\$33.593.700,00** = **204.397.700,00**, dos quais:

$$\text{Valor atual financiado} = 163,6010 + 17,5967 = \text{R\$181,1977 milhões} \quad (7.6)$$

$$\text{Valor atual próprio} = 14,3973 + 8,8027 = 23,2 \text{ milhões} \quad (7.7)$$

Com a 2ª parcela do **valor atual próprio** (**R\$8.802.700,00**) representando a soma dos custos de operação e manutenção expressos nas tabelas 7.11 e 7.12.

Para os recursos **financiados**, calcula-se o valor anual de amortização com a taxa usual de **12%a.a.** por período de **20** anos:

$$P_{\text{financiado}} = \frac{Va_{\text{financiado}}}{fva} \quad (7.8)$$

$$\text{Com } fva \text{ (fator de valor atual) dado por } fva = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n i} \quad (7.9)$$

Para $i=12\%a.a.$, $n=20$ anos, e $Va_{\text{financiado}} = R\$181,1977$ milhões, as identidades (7.8) e (7.9) fornecem:

$$P_{\text{financiado}} = R\$24.258.525,80 \quad (7.10)$$

Quanto aos recursos **próprios**, utiliza-se taxa de inflação (índice IPCA-IBGE para o ano de 2002) de **12,53%a.a.** por período de **20** anos¹²⁴ e $Va_{\text{próprio}} = R\$23,2$ milhões. Valendo-se de (7.8) e (7.9):

$$P_{\text{próprio}} = R\$3.209.721,70 \quad (7.11)$$

Portanto, de (7.10) e (7.11):

$$Custo_{\text{anual total}} = 24.258.525,80 + 3.209.721,70 = R\$27.468.247,50$$

De (7.3), convertendo o valor expresso em (7.5) para o período anual ($41.755 \text{ kgDBO/dia} = 15.240.575 \text{ kgDBO/ano}$) e para o *custo anual total* acima avaliado:

$$p_{r2}^{Eg} = R\$1,8023/\text{kgDBO} \quad (7.12)$$

Segundo ponto da demanda **tudo ou nada**:

$$(x_2^{Eg}, p_{r2}^{Eg}) = (41.755 \text{ kgDBO/dia}, R\$1,8023/\text{kgDBO})$$

¹²⁴ Embora se tenha firmado o horizonte de execução dos planejamentos do PROMETRÓPOLE em **15** anos, procede-se à troca por fluxo de pagamentos equivalentes em **20** anos, prazo previsto no perfil traçado pelo quadro 1.

Logo, para o **esgotamento sanitário**:

$$(x_1^{Eg}, p_{r1}^{Eg}) = (65.911 \text{ kgDBO/dia}, R\$0,0782/\text{kgDBO})$$

$$(x_2^{Eg}, p_{r2}^{Eg}) = (41.755 \text{ kgDBO/dia}, R\$1,8023/\text{kgDBO})$$

c) Irrigação

Prática difundida na área da **GL-1**, a agricultura em sequeiro, isto é, sem irrigação, requer volumes regulares de precipitação. Para o resultado pretendido, estipulam-se em **1006 ha** (SRH, 2000A) a área anualmente irrigada, **12,072.10⁶ m³** o volume anual demandado (tabela 7.7), **R\$2.400,00/ha** e **R\$2.800,00/ha**¹²⁵ os preços das terras em sequeiro e passíveis de se irrigarem, nessa ordem.

Calcula-se pela identidade **(VIII)** do capítulo 6:

$$p_r^{Ir} = \frac{(t_i - t_s) S_i}{x_i} \quad (7.13)$$

p_r^{Ir} traduz o *preço de reserva* por metro cúbico consumido;

t_s , o preço por unidade de área da terra em sequeiro;

t_i , os preços por unidade de área de terras **irrigadas** na alternativa **i** à agricultura de sequeiro;

S_i , área total **irrigada** por unidade de tempo a partir da conjuntura **i**;

x_i , vazão *captada* para irrigação sob a condição **i**;

i representa a possibilidade de **irrigação**, quer **permitida** a todas as áreas ou **restrita** àquelas sob regime de **outorga**.

Para os itens abaixo, consoante estipulado, empregam-se $t_i = R\$2.800,00/ha$, $t_s = R\$2.400,00/ha$, $S_i = 1006 \text{ ha/ano}$, $x_i = 12,072.10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$.

• Irrigação irrestrita (não vinculada à outorga)¹²⁶

Utilizando a equação (7.13) com as informações supracitadas:

$$p_{r1}^{Ir} = R\$ 0,0333/\text{m}^3 \quad (7.14)$$

¹²⁵ Valores de extrema variação em função de localização, condições de solo, tipo de cultura, etc. Adotouse avaliação conservadora a partir de enquête realizada. Assume-se a terra nua e plana.

¹²⁶ Sobre o instituto da **outorga**, ver capítulo 4.

Convertendo $x_1^{Ir} = 12,072.10^6 m^3/ano$ para $x_1^{Ir} = 0,3828 m^3/s$, tem-se:

Primeiro par ordenado da demanda **tudo ou nada**:

$$(x_1^{Ir}, p_{r1}^{Ir}) = (0,3828 m^3/s, R\$ 0,0333/m^3)$$

• Outorga

Condicionando-se a irrigação à concessão de outorga, de incipiente adoção nos domínios da **GL-1**, especula-se acréscimo na cotação do hectare irrigável em **10%** para os regimes outorgados e depreciação em **5%**, ao revés (Carrera-Fernandez, 2000b). As principais limitações à autorização em tela atêm-se a injungir a preservação da **demanda ecológica** (seção 7.2 e tabelas 7.7 e 7.8) e à irrigação a jusante, proporcionando patamares adstritos em média de **60%** do volume demandado pela atividade, concorde informações da Secretaria de Recursos Hídricos (PE).

Do exposto:

Limitando-se a outorga a **60%** :

$$S' = 0,6 \cdot (1006) = 603,60 \text{ ha/ano} \quad (7.15)$$

$$x' = 0,6 \cdot (12,072.10^6) = 7.243.200 m^3/ano \quad (7.16)$$

Em relação à cotação inicial da terra irrigada, atribui-se valorização de **10%** — uma vez concedida a outorga — e depreciação de **5%** em terras não outorgadas. Portanto:

$$\text{Terra irrigável c/ outorga} = 1,1(2.800) = R\$3.080,00/ha \quad (7.17)$$

$$\text{Terra irrigável s/ outorga} = 0,95(2.800) = R\$2.660,00/ha \quad (7.18)$$

Ponderando pela probabilidade de ocorrência da outorga:

$$t_i = 0,6 \cdot (3.080,00) + 0,4 \cdot (2.660,00) = R\$2.912,00/ha \quad (7.19)$$

Assim, com (7.15), (7.16), (7.19) e $t_s = R\$2.400,00/ha$, a partir de (7.13), chega-se a:

$$p_{r2}^{Ir} = R\$ 0,0427/m^3$$

Convertendo $x' = x_2^{Ir} = 7.243.200 \text{ m}^3/\text{ano}$ para $x_2^{Ir} = 0,2297 \text{ m}^3/\text{s}$, tem-se:

Segundo ponto da demanda *tudo ou nada*:

$$(x_2^{Ir}, p_{r2}^{Ir}) = (0,2297 \text{ m}^3/\text{s}, R\$ 0,0427/\text{m}^3)$$

Por conseguinte, para a **irrigação**:

$$(x_1^{Ir}, p_{r1}^{Ir}) = (0,3828 \text{ m}^3/\text{s}, R\$ 0,0333/\text{m}^3)$$

$$(x_2^{Ir}, p_{r2}^{Ir}) = (0,2297 \text{ m}^3/\text{s}, R\$ 0,0427/\text{m}^3)$$

O quadro 7.13 resume as estimativas:

Uso	Preço de reserva		Demanda	
	p_{r1}	p_{r2}	x_1	x_2
Abastecimento humano (a)	0,2279	7,0900	2,2474	2,1350
Esgotamento sanitário (b)	0,0782	1,8023	65.911	41.755
Irrigação (a)	0,0333	0,0427	0,3828	0,2297

Legenda: (a): preços em R\$/m³ e demandas em m³/s; (b): preços em R\$/kgDBO e demandas em kgDBO/dia.

Tabela 7.13 Preços de reserva

Fonte: Cálculos no texto

7.3.2 Demandas *tudo ou nada*, demandas ordinárias e elasticidades-preço

Com os pares ordenados definidos na tabela 7.13, procede-se à descrição analítica das **retas** de demanda em epígrafe, ensejando o cálculo das *elasticidades-preço da demanda* (e) nas atividades de interesse.

Seja o gráfico abaixo:

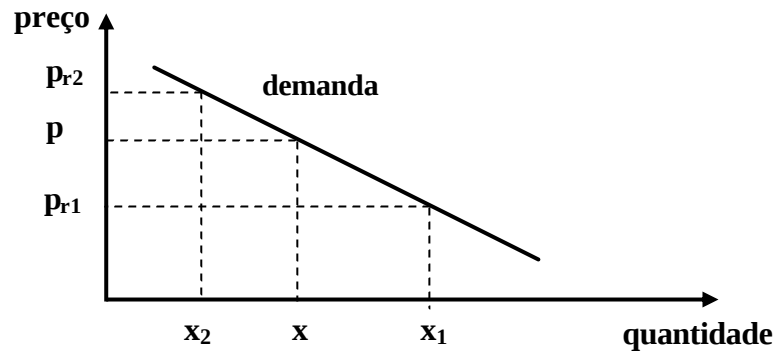


Figura 7.1 Curva de demanda

Fonte: Texto

Por interpolação geométrica:

$$\frac{p_{r2} - p_{r1}}{x_1 - x_2} = \frac{p - p_{r1}}{x_1 - x}$$

Resolvendo para x :

$$x = \frac{p_{r1} x_2 - p_{r2} x_1}{(p_{r1} - p_{r2})} + \frac{(x_1 - x_2)p}{(p_{r1} - p_{r2})} \quad (7.20)$$

Ou seja, a demanda **tudo ou nada** é do tipo $x = b + ap$, em que:

$$b = \frac{p_{r1} x_2 - p_{r2} x_1}{(p_{r1} - p_{r2})} \quad (7.21)$$

$$a = \frac{(x_1 - x_2)}{(p_{r1} - p_{r2})} \quad \text{com } a < 0, \text{ pois } x_1 > x_2 \text{ e } p_1 < p_2 \quad (7.22)$$

a partir de (7.20), obtém-se a demanda **tudo ou nada** para as atividades de **abastecimento humano, esgotamento sanitário e irrigação** substituindo os pares encontrados para **cada** modalidade de uso, ou seja, $[(x_1^{Ah}, p_{r1}^{Ah}), (x_2^{Ah}, p_{r2}^{Ah})]$, $[(x_1^{Eg}, p_{r1}^{Eg}), (x_2^{Eg}, p_{r2}^{Eg})]$, e $[(x_1^{Ir}, p_{r1}^{Ir}), (x_2^{Ir}, p_{r2}^{Ir})]$, respectivamente, na citada equação.

Uma vez obtida a demanda **tudo ou nada**, vale-se da sentença (V)¹²⁷ do capítulo 6, a saber:

$$\frac{\nabla [p_j x_j(p_j)]}{\nabla p_j} = x_j(p_j) \quad (7.23)$$

para encontrar a demanda **ordinária** $[x_j(p_j)]$.

Aplicando (7.23) à forma geral da demanda **tudo ou nada**, ou seja, $x = b + ap$:

$$\frac{\nabla [p_j x]}{\nabla p_j} = \frac{\nabla [p_j b]}{\nabla p_j} + \frac{\nabla [a p^2]}{\nabla p_j}$$

Resultando em:

$$x = b + 2ap \quad (7.24)$$

forma geral da demanda **ordinária**, com b e a definidos por (7.21) e (7.22).

Conhecida a aparência da demanda ordinária, mensura-se a *elasticidade-preço da demanda*, seguindo-se a formulação:

$$e = \frac{dx}{dp} \frac{p}{x} \quad (7.25)$$

A partir de (7.24) avaliam-se dx/dp , ou seja, $dx/dp = 2a$ e p , isto é, $p = \frac{(x - b)}{2a}$; Substituídos tais valores em (7.25), tem para a *elasticidade-preço*:

$$e = 1 - \frac{b}{x} \quad (7.26)$$

Em resumo, as igualdades (7.20), (7.21), (7.22), (7.24) e (7.26) determinam a forma analítica da demanda **tudo ou nada**, da demanda **ordinária** e medem a *elasticidade-preço*¹²⁸ para cada uma das atividades em comento.

¹²⁷ Ver seção 6.2.2.

¹²⁸ **Para cada modalidade cogitada**, adotam-se para a variável x em (7.26) valores das demandas expressos por x_I^{Ah} , x_I^{Eg} e x_I^P , quais sejam, as abscissas referentes aos primeiros pontos das respectivas demandas **tudo ou nada**, uma vez razoável seja admitir tenham-nas os consumidores por primeira opção — por menos onerosa — à interrupção do fornecimento regular (**abastecimento humano**) ou das práticas correntes (**demais usos**).

A tabela 7.14 sintetiza o desenvolvimento:

Uso	Demanda <i>tudo ou nada</i>	Demanda ordinária	$ e_j $
Abast. humano	$x = 2,2511 - 0,0164p$	$x = 2,2511 - 0,0328p$	0,0017
Esgot. sanitário	$x = 67.006,64 - 14.010,79p$	$x = 67.006,64 - 28.021,58p$	0,0166
Irrigação	$x = 0,9252 - 16,2872p$	$x = 0,9252 - 32,5744p$	1,4169

Tabela 7.14 Demandas e elasticidades-preço

Fonte: Cálculos no texto

Note-se pertencer à atividade de **irrigação** o maior valor **absoluto** da *elasticidade-preço*; por conseguinte, espera-se para o seu preço a **menor** variação percentual **em relação ao respectivo custo marginal** quando cotejado aos demais usos¹²⁹.

7.3.3 Custos

O Programa de Infra-Estrutura em Áreas de Baixa Renda (PROMETRÓPOLE), em convênio com o Banco Internacional de Reconstrução e Desenvolvimento (BIRD), supre os precípuos investimentos previstos no âmbito da bacia hidrográfica de pequenos rios litorâneos GL-1, com foco à bacia do rio Beberibe. Expõem-se na tabela 7.15 as ações sugeridas atinentes aos aspectos **hidrológicos/sanitários/gestão ambiental**¹³⁰ — incluída a instauração de futuro **Comitê de bacia do Beberibe** (COBH)¹³¹ —, com montante avizinhado em **R\$ 138** milhões de reais¹³², em prazo de quinze anos. Norteando-se por (...) *ações de melhoria das condições de habitação, infra-estrutura social e integração de áreas informais à malha da cidade formal* (SEPLAN, 1999a), planeja **hipoteticamente** compartilhar entre os agentes executores — Governo do Estado de Pernambuco, Prefeitura Municipal do Recife (PCR), Prefeitura Municipal de Olinda (PMO)¹³³ — 45% do total excogitado, à proporção de 52%, 21% e 23%, nessa ordem. Mira distribuir homogeneamente o investimento de modo a *não sobrecarregar orçamentos públicos em certo ano e ter capacidades [financeiras]*¹³⁴ *não aproveitadas em outros anos* (SEPLAN, 1999a).

¹²⁹ Ver seção 7.3.4.

¹³⁰ Abrigam-se diversos investimentos em outros segmentos, como transporte público, sistema viário, urbanização, comércio, etc (SEPLAN, 1999a).

¹³¹ Ver capítulo 4.

¹³² Estipula-se o projeto em US\$374.669.848,00 (R\$1.082.046.523,00). Câmbio: 2,888 (em 27/07/2003).

¹³³ Incluem-se ainda a Prefeitura Municipal de Camaragibe e o setor privado no rol dos participantes, com aportes de 1,7% e 2,3%, sucessivamente.

¹³⁴ Comentário nosso.

Ação	Investimento (R\$)	Contingência (15% do Inv.)	Total
1.Água	13.526.000,00	2.029.000,00	15.555.000,00
Setorização das redes distribuidoras	5.342.800,00		
Automação das unidades	2.707.500,00		
Macromedidores	541.500,00		
Ampliação da oferta	4.934.200,00		
2.Drenagem	41.395.000,00	6.209.000,00	47.604.000,00
Barragens de contenção: Beberibe, Morno, Macacos	1.805.000,00		
Regulação calhas dos rios Beberibe, Morno, Riacho dos Macacos	27.315.666,67		
Canal de Nova Descoberta	1.203.333,33		
Canal da Malária	4.813.333,00		
Córrego do Abacaxi	6.257.667,00		
3.Esgotamento sanitário	27.821.000,00	4.173.000,00	31.994.000,00
Sistema Peixinhos	10.914.233,33		
Sub-sistema de Aguazinha (RAFA)	4.259.800,00		
Sub-sistema de Caixa-d'água (RAFA)	2.948.166,67		
Sub-sistema de Dois Unidos (RAFA)	4.813.333,33		
Sub-sistema de Nova Descoberta (RAFA)	4.404.200,00		
Aquisição de terrenos	481.266,67		
4.Resíduos sólidos	19.855.000,00	2.978.000,00	22.833.000,00
Implantação do aterro sanitário Aguazinha	3.008.333,33		
Ampliação do aterro sanitário Agua- zinha	4.813.333,33		
Implantação do Aterro sanitário Norte	12.033.333,34		
5.Resíduos sólidos: coleta seletiva	2.407.000,00	361.000,00	2.768.000,00
Construção/adaptação de Galpões	1.383.833,33		
Aquisição de terrenos	60.166,67		
Aquisição de equipamentos	963.000,00		
6.Gestão Ambiental	9.025.000,00	1.354.000,00	10.379.000,00
Bacia do Beberibe	9.025.000,00		
7.Manutenção (5% do Inv.)			6.556.000,00
Total			137.689.000,00

Tabela 7.15 Programação Orçamentária : projeto PROMETRÓPOLE

Fonte: Adaptado de SEPLAN, 1999a

Concebido no ano de 2001, os valores primariamente expressos em dólares convertem-se (tabela 7.15) para a moeda nacional pela cotação oficial de **2,888**, em 27/07/2003. Especulam-se os **custos de contingência e de manutenção anual** em razões de **15%** e **5%** do volume de investimentos, respectivamente (SEPLAN, 1999a).

De acordo com a tabela 7.15, o *valor atual* dos investimentos previstos em **15 anos** para a **GL-1** monta em **R\$137.689.000,00**, dos quais **R\$131.133.000,00** para execução dos projetos — conforme **hipótese** sugerida por estudo do PROMETRÓPOLE (2001), com-partir-se-iam em **55%** advindos de financiamento (**R\$72.232.000,00**), e os residuais **45%** (**R\$58.901.000,00**) provenientes de recursos próprios do governo estadual e municipalidades — e **R\$6.556.000,00** destinados às necessárias atividades de manutenção.

Assim:

$$\text{Valor atual financiado} = \text{R\$72.232.000,00} \quad (7.27)$$

$$\text{Valor atual próprio} = 58.901.000,00 + 6.556.000,00 = \text{R\$65.457.000,00} \quad (7.28)$$

Para os recursos **financiados**, calcula-se o valor anual de amortização adotando-se taxa de **12%a.a.**¹³⁵ por período de **15 anos**:

$$P_{\text{financiado}} = \frac{Va_{\text{financiado}}}{fva} \quad (7.29)$$

$$\text{Com } fva \text{ (fator de valor atual) dado por } fva = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n i} \quad (7.30)$$

Para $i=12\%a.a.$, $n=15$ anos, e $Va_{\text{financiado}} = \text{R\$72,232 milhões}$, as equações (7.29) e (7.30) fornecem:

$$P_{\text{financiado}} = \text{R\$10.605.407,68} \quad (7.31)$$

Quanto aos recursos **próprios**, utiliza-se taxa de inflação (índice **IPCA-IBGE**¹³⁶ relativo ao ano de 2002) de **12,53%a.a.** por período de **15 anos** e $Va_{\text{próprio}} = \text{R\$65,457 milhões}$. Valendo-se de (7.29) e (7.30):

$$P_{\text{próprio}} = \text{R\$9.884.095,89} \quad (7.32)$$

¹³⁵ Posto não especifique o projeto PROMETRÓPOLE a exata **taxa de juros** a ser aplicada, faz-se a assunção usual de **12% ao ano**.

¹³⁶ Utilizado pelo Governo Federal para metas de inflação.

Adicionando (7.31) a (7.32) e acrescentando **R\$600.000,00**¹³⁷ atinentes ao *custo operacional* do órgão gestor dos recursos hídricos para operar **suposto** comitê de bacia, dimensiona-se o custo anual total (C):

$$\text{Custo anual total (C)} = \text{R\$21.089.503,57} \quad (7.33)$$

Custo marginal de gerenciamento (Cmg)

Acorde explanado no capítulo 6, seção 6.5.2, determina-se a partir do conceito de *acionamento* ou do convencional *custo incremental médio*. Em ambos os casos, dissociam-se as iniciativas de melhoria e expansão da oferta dos recursos hídricos (ações 1 e 2 da tabela 7.15) daquelas votadas à debilitação do potencial poluidor e conseqüente ganho de qualidade de águas (itens de 3 a 6)¹³⁸. Na presente simulação, destinar-se-iam a um e outro 48,25% e 51,75% do investimento previsto, respeitada a ordem.

• *Custo marginal de gerenciamento a curto prazo (Cmg*)*: vertido em função do *custo operacional médio (CMe_o)*, da probabilidade média (P) de **acionamento** em dado intervalo temporal, do *custo marginal de acionamento* no uso *j* (*c(x_j⁰)*), afigura-se forma não-habitual de avaliação de **Cmg** (Carrera-Fernandez/Garrido, 2001).

Estima-se a partir das expressões (XVI) e (XVII) do capítulo 6:

$$\text{Cmg}^* = (1 - P) \text{CMe}_o + P \text{ } \dot{\text{a}}_j \text{ } c(x_j^0) \quad (7.34)$$

$$c(x_j^0) = (1 - P)p(x_j) + Pp(x_j - x_j^0) \quad (7.35)$$

com P representando a probabilidade média de ocorrência de **acionamento** em certo período, tomada em 18%¹³⁹; CMe_o, o **custo operacional médio**; *c(x_j⁰)*, o **custo marginal de acionamento** no uso *j*; *p(x_j^{*})* e *p(x_j^{*} - x_j⁰)* são os preços **sem** e **com** racionamento.

¹³⁷ Carrera-Fernandez (2000b), avaliou-o em R\$255.996,00 para a bacia do rio Pirapama; corrigindo-o pelo índice de inflação acumulada 2000/2002 **IPCA-IBGE (1,28394)**, chega-se a aproximados **R\$329.000,00**; considerando que a bacia **GL-1** conta com quase o **dobro** da área e população superior àquela em **41 %**, admite-se por **hipótese** o montante de **R\$600.000,00**, ressalte-se referendada por técnicos da área (CPRH) quando argüidos pelo autor.

¹³⁸ Em verdade, há projetos simultaneamente benéficos aos escopos supracitados. A divisão comentada, portanto, faz-se a juízo do gestor.

¹³⁹ Percentual sugerido pelos técnicos da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Estipula-se inicialmente $c(x_j^0)$, de acordo com a tabela 7.16:

Modalidade	Demanda (x_j)	Consumo no racionamento ($x_j - x_j^0$)	Preço de demanda $p(x_j)$	Preço de racionamento $[p(x_j - x_j^0)]$	Custo marg. de racionamento $c(x_j^0)$
Abast. Humano (a)	2,2474	1,5732	0,1128	20,6677	3,8127
Esgot. Sanitário (b)	65.911	46.137,70	0,0391	0,7448	0,1661
Irrigação (a)	0,3828	0,1148	0,0167	0,0249	0,0182
Total ($\sum c(x_j^0)$) em R\$/m ³					3,8309
Total ($\sum c(x_j^0)$) em R\$/kgDBO					0,1661

Legenda: (a): preços em R\$/m³ e demandas em m³/s; (b): preços em R\$/kgDBO e demandas em kgDBO/dia.

Tabela 7.16 Preços de racionamento

Fonte: Cálculos no texto

A coluna **demanda** (x_j) representa x_1^{Ah} , x_1^{Eg} e x_1^{Ir} , coordenadas das abscissas dos primeiros pontos nas simulações dos preços de reserva, isto é, as atuais requisições hídricas (ver tabela 7.7); o **preço de demanda** $p(x_j)$, são os respectivos preços para os valores de x_1^{Ah} , x_1^{Eg} e x_1^{Ir} , aplicados nas correspondentes demandas **ordinárias** aqui determinadas. Os valores do **consumo no racionamento** calculam-se pela incidência dos percentuais de redução de oferta de água em cada modalidade (**30%** para as duas primeiras e **70%** para a irrigação¹⁴⁰) sobre x_1^{Ah} , x_1^{Eg} e x_1^{Ir} ; $[p(x_j - x_j^0)]$ são os preços associados às demandas de racionamento. A grandeza procurada, $c(x_j^0)$ — última coluna —, é estimada por (7.35), com as definições atribuídas a P ($P=18\%$), $p(x_j)$ e $p(x_j - x_j^0)$.

Conforme sugerido na página 125, **48,25%** dos investimentos sugeridos voltam-se à expansão da disponibilidade hídrica; os restantes **51,75%** dedicam-se à diminuição da carga orgânica. A avaliação dos associados *custos operacionais* (C_o , montando anualmente em **R\$600.000,00**, ver página 125) respeita a cisão:

$$CMe_o \text{ água} = 0,4825 \cdot (600.000,00) = R\$289.500,00 \quad (7.36)$$

$$CMe_o \text{ diluição} = 0,5175 \cdot (600.000,00) = R\$310.500,00 \quad (7.37)$$

¹⁴⁰ Percentuais excogitados pelos técnicos da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA).

Estimando as correlatas vazões anuais, a saber, $8,30 \cdot 10^7 \text{ m}^3/\text{ano}$ ($2,2474 \text{ m}^3/\text{s} + 0,3828 \text{ m}^3/\text{s}$) e $2,41 \cdot 10^7 \text{ kgDBO}/\text{ano}$ ($65.911 \text{ kgDBO}/\text{dia}$), medem-se as sucessivas grandezas de CMe_o (custo operacional médio):

$$\text{CMe}_{o\text{ água}} = \frac{289.500}{8,30 \cdot 10^7} = \text{R\$}3,4879 \cdot 10^{-3} / \text{m}^3 \quad (7.38)$$

$$\text{CMe}_{o\text{ diluição}} = \frac{310.500}{2,41 \cdot 10^7} = \text{R\$}1,2884 \cdot 10^{-2} / \text{kgDBO} \quad (7.39)$$

Apartando os $c(x^0_j)$ dimensionados no tabela 7.16 segundo o critério exposto, chega-se a $\text{R\$}3,8309/\text{m}^3$ ($3,8127/\text{m}^3 + 0,0182/\text{m}^3$) e $\text{R\$}0,1661/\text{kgDBO}$, respectivamente. Aplicando (7.34) para os valores de $c(x^0_j)$ acima determinados, $P = 18\%$ e os resultados de (7.38) e (7.39):

$$\text{CMg}^*_{\text{ água}} = \text{R\$}0,69/\text{m}^3 \quad (7.40)$$

$$\text{CMg}^*_{\text{ diluição}} = \text{R\$}0,04/\text{kgDBO} \quad (7.41)$$

• *Custo incremental médio (Cmg^{LP})*: também conhecido como *custo marginal de longo prazo*, reporta-se ao investimento total **anual** previsto (**R\\$21.089.503,57**), em oposição ao Cmg^* (consoante mencionado, adstrito aos custos **operacionais**), malgrado mensure-se obedecendo premissa semelhante à empregada no item anterior, qual seja, da repartição proporcional entre $\text{Cmg}^{\text{LP}}_{\text{ água}}$ e $\text{Cmg}^{\text{LP}}_{\text{ diluição}}$, subordinando-se aos mesmos percentuais. Por conseguinte:

$$\text{Investimentos}_{\text{ água}} = 0,4825 \cdot (\text{R\$}21.089.503,57) = \text{R\$}10.175.685,47 \quad (7.42)$$

$$\text{Investimentos}_{\text{ diluição}} = 0,5175 \cdot (\text{R\$}21.089.503,57) = \text{R\$}10.913.818,10 \quad (7.43)$$

A sentença (XV) do capítulo 6 mede o Cmg^{LP} pelo **quociente** entre os valores presentes dos *investimentos e custeios* e montantes atuais *dos fluxos adicionais*, quer relacionados à oferta ou à carga orgânica. Quanto aos primeiros, quantificam-se por (7.42) e (7.43); para as vazões incrementais — denominador da fórmula (XV) — concernentes ao potencial poluidor — posto especule-se em $8,417 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ a volume anual *explorável adicional* (SRH, 2000a) — acolhe-se índice **0,054 kgDBO/habitante** (Pernambuco, 2000a). Projetan-

do-se população urbana de **1.333.158** para o ano de **2018**¹⁴¹ (assumindo iniciem-se as obras em **2003**), com o contingente atual dado pela tabela 7.9, advém:

$$Carga\ pol.\ adicional = 0,054.(1.333.158) - 65.911 = 2,22.10^6\ kgDBO/ano\ (7.44)$$

Logo, dada a igualdade (XV) do capítulo 6:

$$[CMg^{LP}] = \frac{\sum_{t=0}^T \frac{I_t + R_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{Q_t}{(1+r)^t}} \quad (7.45)$$

Do exposto:

$$Cmg_{\acute{a}gua}^{LP} = \frac{10.175.685,47}{8,417.10^6} = R\$1,21 / m^3 \quad (7.46)$$

$$Cmg_{diluição}^{LP} = \frac{10.913.818,10}{2,22.10^6} = R\$4,92 / kgDBO \quad (7.47)$$

Por significativamente **menores, utilizar-se-ão os custos marginais de gerenciamento a curto prazo (Cmg*)**, dados por (7.40) e (7.41).

¹⁴¹ Para tal escopo emprega-se a interpolação geométrica, respeitando as informações da tabela 7.9.

7.3.4 Determinação dos preços pelo uso da água

Conforme visto no capítulo 6, o cálculo da contraprestação a ser exigida pelo emprego dos recursos hídricos funda-se na metodologia *second best*, arrimada na **regra dos preços públicos**. Assim, repetindo as expressões (XIII) e (XIV), seção 6.5.2:

$$p_j^* = [|e_j| \cdot Cmg_j] / [|e_j| - a], \quad j = 1, \dots, n \quad (7.48)$$

$$\hat{a}_j p_j^* x_j - C = 0, \quad j = 1, \dots, n \quad (7.49)$$

Seja a tabela 7.17:

Usos	Preços de reserva		Demanda Anual	Elasticidade-preço (módulo)
	inferior	superior		
Abastecimento humano (a)	0,2279	7,0900	$7,09 \cdot 10^7$	0,0017
Esgotamento sanitário (b)	0,0782	1,8023	$2,41 \cdot 10^7$	0,0166
Irrigação (a)	0,0333	0,0427	$1,21 \cdot 10^7$	1,4169

Legenda: (a): preços em R\$/m³ e demanda em m³/ano; (b): preços em R\$/kgDBO e demanda em kgDBO/ano.

Tabela 7.17 Parâmetros úteis ao estabelecimento dos preços

Fonte: Cálculos no texto

Da substituição dos valores acima e dos *custos marginal de gerenciamento a curto prazo* $Cmg^*_{\text{água}} = \text{R\$}0,69/\text{m}^3$, $Cmg^*_{\text{diluição}} = \text{R\$}0,04/\text{kgDBO}$ e do *custo total anual de gerenciamento* $C = \text{R\$}21.089.503,57$ ^{3/4} consoante (7.33) — nas igualdades (7.48) e (7.49) exsurge sistema de terceiro grau em a de **quatro** incógnitas (p^*_{Ah} , p^*_{Eg} , p^*_{Ir} , a) e **quatro** equações, três advindas de (7.48) — concernentes às três atividades em foco (**abastecimento humano, esgotamento sanitário, irrigação**) —, mais a função de *excedente econômico* (7.49).

Assim, substituindo os valores de e_j e Cmg_j (tabela 7.17) em (7.48), vem:

$$p_{Ah}^* = \frac{0,0017 \cdot (0,69)}{0,0017 - a} = \frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} \quad (7.50)$$

$$p_{eg}^* = \frac{0,0166(0,04)}{0,0166 - a} = \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} \quad (7.51)$$

$$p_{irrig}^* = \frac{1,4169(0,69)}{1,4169 - a} = \frac{0,9777}{1,4169 - a} \quad (7.52)$$

Transportando as igualdades advindas de (7.50), (7.51), (7.52), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor de C (R\$21.089.503,57) para a igualdade (7.49), gesta-se sistema de terceiro grau em a :

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 + \frac{0,9777}{1,4169 - a} 1,21 \cdot 10^7 = 21.089.503,57$$

Resolvendo para a :

$$a_1 = -0,0051918879; a_2 = 0,8589610920; a_3 = 0,0157880172$$

Substituindo o valor de a_1 (única solução a produzir **todos** os preços positivos, posto $a_2 = 0,8589610920$ implique $p_{Ah}^* < 0$, $p_{Eg}^* < 0$ e $a_3 = 0,0157880172$ ocasione $p_{Ah}^* < 0$, destituindo-se, por conseguinte, de significado econômico ao produzirem preços **negativos**) em (7.50), (7.51) e (7.52), encontram-se os preços ótimos:

$$p_{Ah}^* = R\$0,1698/m^3, p_{Eg}^* = R\$0,0305/kgDBO, p_{Ir}^* = R\$0,6875/m^3 \quad (7.53)$$

Restrição à capacidade de pagamento

Cotejando os preços dados por (7.53) aos patamares máximo e mínimo dos preços de reserva em cada modalidade disposta, verifica-se serem todos de **menor** magnitude que os respectivos limites inferior e superior dos **preços de reserva** (tabela 7.17), **exceção feita ao preço para a irrigação p_{Ir}^*** (uma vez tenha-se $p_{Ir}^* > p_r^{Ir}$), insinuando **transferência de renda** entre os participantes do sistema — dos irrigantes aos consumidores residenciais de abastecimento humano e esgotamento sanitário — condição desejável a ensejar maximização do benefício social coletivo, depreciando distorções na utilização dos recursos hídricos na bacia **GL-1**. Manifesta-se, porém, pela mesma razão ($p_{Ir}^* > p_r^{Ir}$), a incapacidade de pagamento dos usuários da água para fins de irrigação, impondo à viabilidade do instituto de cobrança a **restrição** do respectivo preço (dito p_{Ir}^* *restrito*) ao associado **preço de reserva** (p_r^{Ir}), preferencialmente ao limite inferior ($p_r^{Ir inferior} = 0,0333$, tabela 7.15). Assim procedendo, aufere-se

$$Receita_{irrigação} = p_r^{Ir inferior} \cdot x^{Ir} = 0,0333 \cdot 1,21 \cdot 10^7 = R\$402.930,00 \quad (7.54)$$

vertendo-se na receita proveniente da irrigação com $p_{Ir}^* = p_{Ir}^* \text{ restrito} = p_r^{Ir inferior} = 0,0333$.

Deduzindo-se (7.54) do valor do custo total anual C:

$$21.089.503,57 - 402.930,00 = R\$20.686.573,57 \quad (7.55)$$

Portanto, utilizando (7.50), (7.51), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor do custo anual total agora fornecido por (7.55) (R\$ 20.686.573,57) na igualdade (7.49), gera-se sistema de segundo grau em $a_{restrito}$ com três incógnitas ($p^*_{Ah\ restrito}$, $p^*_{Eg\ restrito}$, $a_{restrito}$) e três equações, duas resultantes de (7.48) (abastecimento e esgotamento) e a sentença (7.49):

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 = 20.686.573,57$$

Resolvendo para a :

$$a_{1\ restrito} = 0,0159969710; \quad a_{2\ restrito} = -0,0024805279$$

Substituindo o valor de $a_{2\ restrito}$ (para o qual **todos** os preços são positivos, visto para $a_{1\ restrito} = 0,0159969710$ o preço para a modalidade de **abastecimento humano** torna-se negativo) em (7.50) e (7.51), avaliam-se os preços ótimos para as atividades de **abastecimento humano** e **esgotamento sanitário**, posto **tenha-se estipulado** $p^*_{Ir\ restrito} = R\$0,0333/m^3$:

$$p^*_{Ah\ restrito} = R\$0,2799/m^3, \quad p^*_{Eg\ restrito} = R\$0,0348/kgDBO \quad (7.56)$$

Verifica-se os preços acima **excedem** aqueles previamente determinados ($p^*_{Ah} = R\$0,1698/m^3$, $p^*_{Eg} = R\$0,0305/kgDBO$): reduzida a contribuição dos irrigantes, à manutenção da receita original (C) impera-se o **acréscimo proporcional das frações dos outros agentes**, quais sejam, vinculados ao abastecimento humano e esgotamento sanitário. Em uma e outra simulação (**sem** e **com** restrição) anota-se resultado presumido, vale dizer, a relação **inversa** entre a *elasticidade-preço* da demanda (em valor absoluto) em cada usufruto do líquido e a **variação** do correlato preço relativamente ao *custo marginal* naquele particular emprego (termo $[(p^*_j - C_{mgj}) / p^*_j]$ na expressão (XI), seção 6.5.2). De fato, exemplificando, no primeiro arranjo verifica-se para o item **irrigação** — de maior elasticidade em valor absoluto, $|e_{Ir}| = 1,4169$ — variação de **0,36%**, menor percentual dentre as modalidades em análise.

Preços com subsídio oficial¹⁴²

Pode-se cogitar de política governamental a **arcar** com parte dos custos de gerenciamento de bacia (C), isto é, reduzir o ônus incorrido pelos indivíduos. Modifica-se, destarte, a expressão (7.49) ao admitir-se a possibilidade de subsídio (b) sobre o encargo anual:

$$\sum_j p_j^* x_j - (1-b)C = 0 \quad (7.49.1)$$

Conjugando-se à expressão (7.49.1) a identidade (7.48), medem-se os preços condicionados ao implemento de tais gestões.

Sugerem-se **por hipótese de razoabilidade** os níveis de **10% (dez por cento)**, **25% (vinte e cinco por cento)** e **50% (cinquenta por cento)** para b . Para as três percentagens propostas, desconsideram-se os respectivos valores de a que ensejam preços negativos.

• $b = 10\%$ (dez por cento)

A concessão de subsídio por parte do Poder Público reduz proporcionalmente o custo anual total (C) repassado aos consumidores na forma do encargo em comento. Logo, o agora **custo anual total com subsídio** ($C_{10\%}$, no presente contexto) quantificar-se-á por:

$$C_{10\%} = (1-b)C = (1-0,1) \cdot R\$21.089.503,57 = R\$18.980.553,21 \quad (7.57)$$

Substituindo (7.50), (7.51), (7.52), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor de C [dado por $C_{10\%}$ em (7.57)] na igualdade (7.49), gesta-se sistema de terceiro grau em a :

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 + \frac{0,9777}{1,4169 - a} 1,21 \cdot 10^7 = 18.980.553,21$$

¹⁴² O sentido conotativo do termo *subsídio* **difere** do empregado na seção 5.3.3, capítulo 5, onde traduzia-se como **concessão de preços diferenciados para usuários congêneres**; ao revés, cuida a presente seção de pagamentos de **igual** valor, não obstante insira-se comentário ulterior sobre a subjetiva conveniência do implemento de contraprestações diversas subordinadas à classe social do consumidor (ver seção 7.3.5).

Resolvendo para a :

$$a_1 = -0,0066114411; a_2 = 0,7976353476; a_3 = 0,0156841171$$

Substituindo o valor de a_1 (preços positivos) em (7.50), (7.51) e (7.52), encontram-se os preços ótimos:

$$p^*_{10\%Ah} = R\$0,1408/m^3, p^*_{10\%Eg} = R\$0,0286/kgDBO, p^*_{10\%Ir} = R\$0,6868/m^3 \quad (7.58)$$

Uma vez mais, exsurge $p^*_{10\%Ir} > p_r^{Ir}$. Equalizando-o a $p_r^{Ir inferior} = 0,0333$, e subtraindo o montante respectivo — dado por (7.54) — do valor $C_{10\%}$ (R\$18.980.553,21):

$$18.980.553,21 - 402.930,00 = R\$18.577.623,21 \quad (7.59)$$

As expressões (7.50), (7.51), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor do custo em (7.59) (18.577.623,21) lançadas em (7.49) ensejam sistema de segundo grau em a :

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 = 18.577.623,21$$

Resolvendo para a :

$$a_{1 \text{ restrito}} = 0,0159452551; a_{2 \text{ restrito}} = -0,0029718461$$

Substituindo o valor de $a_{2 \text{ restrito}}$ (preços positivos) em (7.50) e (7.51), denotam-se os preços ótimos para as atividades de **abastecimento humano** e **esgotamento sanitário**, porquanto firmou-se $p^*_{Ir \text{ restrito}} = R\$0,0333/m^3$:

$$p^*_{10\%Ah \text{ restrito}} = R\$0,2504/m^3, p^*_{10\%Eg \text{ restrito}} = R\$0,0339/kgDBO \quad (7.60)$$

• $b = 25\%$ (vinte e cinco por cento)

O custo anual total com subsídio ($C_{25\%}$) vem de:

$$C_{25\%} = (1 - b)C = (1 - 0,25) \cdot R\$21.089.503,57 = R\$15.817.127,68 \quad (7.61)$$

Substituindo (7.50), (7.51), (7.52), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor de $C_{25\%}$ em (7.61) na igualdade (7.49):

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 + \frac{0,9777}{1,4169 - a} 1,21 \cdot 10^7 = 15.817.127,68$$

Resolvendo para a :

$$a_1 = -0,0102662893; a_2 = 0,6758033253; a_3 = 0,0154725925$$

Do transporte de a_1 (preços positivos) a (7.50), (7.51) e (7.52), vêm os preços ótimos:

$$p_{25\%Ah}^* = R\$0,0978/m^3, p_{25\%Eg}^* = R\$0,0247/kgDBO, p_{25\%Ir}^* = R\$0,6851/m^3 \quad (7.62)$$

Como $p_{25\%Ir}^* > p_r^{Ir}$, de forma análoga aos casos pregressos procede-se:

$$15.817.127,68 - 402.930,00 = R\$15.414.197,68 \quad (7.63)$$

As expressões (7.50), (7.51), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e o valor do custo em (7.63) substituídos em (7.49) permitem a expressão:

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 = 15.414.197,68$$

Resolvendo para a :

$$a_{1 \text{ restrito}} = 0,0158489272; a_{2 \text{ restrito}} = -0,0039686840$$

Com a_2 restrito (preços positivos) em (7.50) e (7.51), surgem os preços ótimos para as atividades de **abastecimento humano e esgotamento sanitário** ($p_{Ir}^* \text{ restrito} = R\$0,0333/m^3$):

$$p_{25\%Ah}^* = R\$0,2064/m^3, p_{25\%Eg}^* = R\$0,0323/kgDBO \quad (7.64)$$

• $b = 50\%$ (cinquenta por cento)

Calculando o **custo anual total com subsídio** ($C_{50\%}$):

$$C_{50\%} = (1 - b)C = (1 - 0,50) \cdot R\$21.089.503,57 = R\$10.544.751,79 \quad (7.65)$$

A partir de (7.50), (7.51), (7.52), das respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e de $C_{50\%}$ em (7.65) na igualdade (7.49):

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 + \frac{0,9777}{1,4169 - a} 1,21 \cdot 10^7 = 10.544.751,79$$

Resolvendo para a :

$$a_1 = -0,0375191405; a_2 = 0,3265838571; a_3 = 0,0148497266$$

De a_1 (preços positivos) em (7.50), (7.51) e (7.52), surgem:

$$p_{50\%Ah}^* = R\$0,0298/m^3, p_{50\%Eg}^* = R\$0,0123/kgDBO, p_{50\%Ir}^* = R\$0,6722/m^3 \quad (7.66)$$

Em sendo $p_{50\%Ir}^* > p_r^{Ir}$:

$$10.544.751,79 - 402.930,00 = R\$10.141.821,79 \quad (7.67)$$

Com (7.50), (7.51), as respectivas demandas anuais x_j (tabela 7.17) e (7.67) inseridos em (7.49):

$$\frac{1,17 \cdot 10^{-3}}{0,0017 - a} 7,09 \cdot 10^7 + \frac{6,64 \cdot 10^{-4}}{0,0166 - a} 2,41 \cdot 10^7 = 10.141.821,79$$

Resolvendo para a :

$$a_{1 \text{ restrito}} = 0,0156073689; a_{2 \text{ restrito}} = -0,0070645311$$

Para $a_{2 \text{ restrito}}$ (preços positivos) lançado em (7.50) e (7.51), surgem os preços ótimos para o **abastecimento humano e esgotamento sanitário** ($p_{Ir \text{ restrito}}^* = R\$0,0333/m^3$):

$$p_{50\%Ah \text{ restrito}}^* = R\$0,1335/m^3, R\$ p_{50\%Eg \text{ restrito}}^* = R\$0,0281/kgDBO \quad (7.68)$$

Ao fim, ressalte-se pela ainda pertinência de propriedade anteriormente descrita nas hipóteses envolvendo subsídios, a saber, a relação inversa entre *elasticidade-preço* e *variação percentual de preços*.

A tabela 7.18 sintetiza os preços mensurados:

Usos	Preços sem subsídio		Preços c/ subsídio					
	S/ restr.	C/ restr.	10%		25%		50%	
			S/ restr.	C/ restr.	S/restr.	C/restr.	S/restr.	C/restr.
Abast. humano (a)	0,1698	0,2799	0,1408	0,2504	0,0978	0,2064	0,0298	0,1335
Esgot. Sanit. (b)	0,0305	0,0348	0,0286	0,0339	0,0247	0,0323	0,0123	0,0281
Irrigação (a)	0,6875	0,0333	0,6868	0,0333	0,6851	0,0333	0,6722	0,0333

Legenda: (a): preços em R\$/m³; (b): preços em R\$/kgDBO.

Tabela 7.18 Preços estimados: GL-1

Fonte: Cálculos no texto

7.3.5 Estimação de receitas

Do produto entre as **demandas anuais** listadas na tabela 7.17 e os **preços** supra-mencionados (tabela 7.18) advém a **receita anual esperada** quando da instituição da cobrança em comento (tabelas 7.19 e 7.20):

Usos	Receitas anuais <i>sem</i> subsídios oficiais	
	S/ restrição	C/ restrição
Abastecimento humano	12.038.820,00	19.844.910,00
Esgotamento sanitário	735.050,00	838.680,00
Irrigação	8.318.750,00	402.930,00
Total	21.092.620,00	21.086.520,00

Tabela 7.19 Arrecadação anual prevista *sem* concessão de subsídios (R\$)

Fonte: Cálculos no texto

Usos	Receitas anuais <i>com</i> subsídios oficiais					
	10%		25%		50%	
	S/ restrição	C/ restrição	S/ restrição	C/ restrição	S/ restrição	C/ restrição
Abastecimento humano	9.982.720,00	17.753.360,00	6.934.020,00	14.633.760,00	2.112.820,00	9.465.150,00
Esgotamento Sanitário	689.260,00	816.990,00	595.270,00	778.430,00	296.430,00	677.210,00
Irrigação	8.310.280,00	402.930,00	8.289.710,00	402.930,00	8.133.620,00	402.930,00
Total	18.982.260,00	18.973.280,00	15.819.000,00	15.815.120,00	10.542.870,00	10.545.290,00

Tabela 7.20 Arrecadação anual prevista *com* concessão de subsídios (R\$)

Fonte: Cálculos no texto

O quadro 7.21 cuida da participação percentual — por atividade e nas conjunturas em enfoque — das receitas provenientes do gravame sugerido sobre a arrecadação potencial total.

Usos	Sem subsídios		Com subsídios					
	Sem restr.	Com restr.	10%		25%		50%	
			Sem restr.	Com restr.	Sem restr.	Com restr.	Sem restr.	Com restr.
Abastecimento humano	57,08%	94,11%	52,59%	93,57%	43,83%	92,53%	20,04%	89,76%
Esgotamento sanitário	3,48%	3,98%	3,63%	4,31%	3,76%	4,92%	2,81%	6,42%
Irrigação	39,44%	1,91%	43,78%	2,12%	52,41%	2,55%	77,15%	3,82%
Total	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Tabela 7.21 Receitas previstas: rateio percentual por atividade (em termos decimais)

Fonte: Cálculos no texto

Exame das tabelas 7.19 a 7.21 permite opinar pela absoluta **prevalência** da atividade de **abastecimento humano** como fonte precípua dos pretensos recursos nas hipóteses de nos atermos à capacidade de pagamento dos irrigantes — independentemente da concessão ou não de subsídios — e até da não-observância de tal limite, nas simulações de $b = 0$ e/ou $b = 10\%$; para b fixado em **25%** e/ou **50%** — sem observância do limite suportável pelos usuários da irrigação — destolda-se a **irrigação** como financiadora **primeira**, malgrado tenha arrecadação inferior à propiciada pelo **esgotamento sanitário** nos cenários de restrição. Em cada situação proposta, **assemelham-se as receitas totais** limitando-se ou não os preços à capacidade de pagamento dos indivíduos. À medida que aumenta o percentual do subsídio, debilita-se gradualmente a contribuição financeira *relativa* devida ao **abastecimento humano**, crescendo-se, por conseguinte, o montante advindo das demais atividades¹⁴³.

¹⁴³ Exceção feita ao **esgotamento sanitário**, com $b = 50\%$, sem restrição.

Seja a tabela 7.22:

Usos	Hipótese	p_{Ah}	Impacto (em R\$)		Impacto (percentual)	
			Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda
Menor preço	C/ subsídio (b=50%), s/restrição	0,0298	0,2384	0,7450	2,99%	3,05%
Maior preço	S/subsídio, c/ restrição	0,2799	2,2392	6,9975	28,13%	28,62%

Tabela 7.22 Impacto da cobrança no abastecimento humano: baixa renda x alta renda

Fonte: Cálculos no texto

Dados os preços praticados pela Companhia Pernambucana de Saneamento (Compesa), em 01/07/2003, consumidores **residenciais**¹⁴⁴ típicos de **baixa renda** — consumo *mensal* de 8 m³, segundo Carrera-Fernandez (2000a) — pagam R\$7,96/mês pela prestação dos serviços de água e esgoto, enquanto os classificados como de **renda alta** (vazão requerida de 25 m³/mês conforme Carrera-Fernandez, op. cit.) arcam com R\$24,45 (R\$14,50 somado a R\$1,99 por metro cúbico excedente a volume de 20m³) no mesmo período. Concentrando-se em cenários extremos, quais sejam, o de **adoção de subsídio oficial de 50% sem observância da capacidade financeira** ($p^*_{50\%Ah} = \text{R\$}0,0298/\text{m}^3$, ver tabela 7.18) e de **ausência de subsídios com subordinação ao patamar inferior do preço de reserva** ($p^*_{Ah \text{ restrito}} = \text{R\$}0,2799/\text{m}^3$, remete-se ainda à tabela 7.18) registrar-se-iam, com a efetivação da suposta contraprestação, incrementos nos gastos individuais no intervalo em questão de **R\$0,2384** ou **2,99%** (baixa renda) e **R\$0,7450** ou **3,05%** (renda alta) — para a situação primeira — e **R\$2,2392** ou **28,13%** (baixa renda) e **R\$6,9975** ou **28,62%** (renda alta), em atenção à conjuntura última (tabela 7.22).

Poder-se-ia sugerir adoção gradual da cobrança em tela, de forma a minimizar o impacto aos usuários finais; adotar-se-ia, por exemplo, em um primeiro momento, percentual de 30% sobre os preços calculados, elevando-se a 60% no ano subsequente e atingindo a integralidade no terceiro ano de implemento.

¹⁴⁴ Acorde discorrido, fulcro de referência na GL-1.

A tabela 7.23 resume as simulações:

Impacto	30%				60%				100%			
	Preço mínimo		Preço máximo		Preço mínimo		Preço máximo		Preço mínimo		Preço máximo	
	Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda	Baixa renda	Alta renda
Absoluto (R\$)	0,0715	0,2235	0,6718	2,0993	0,1430	0,4470	1,3435	4,1985	0,2384	0,7450	2,2392	6,9975
Relativo (%)	0,90%	0,91%	8,44%	8,59%	1,80%	1,83%	16,88%	17,17%	2,99%	3,05%	28,13%	28,62%

Tabela 7.23 Adoção gradual do encargo: impactos anuais

Fonte: Cálculos no texto

Abstraindo-se de preceitos de eficiência¹⁴⁵, com fito de introdução de políticas sociais, ao Poder Público pode-se mostrar factível e profícua a aplicação de pesos distributivos, regulados consoante a classe em que se insira o usuário; cobrar-se-iam, por decorrência, preços **distintos**¹⁴⁶ (subsídios cruzados) entre agentes que se servem de recursos hídricos para fins idênticos.

¹⁴⁵ Ver capítulo 5, seção 5.3.3.

¹⁴⁶ Ver seção 7.3.4.

8. COMENTÁRIOS FINAIS

Manifestamente a partir da realização da Conferência do Rio de Janeiro (ECO-92), a noção de *desenvolvimento sustentável* emerge como cânone de **crescimento econômico integrado, expressiva participação social e proteção ambiental**, sugerindo o enfoque **multidisciplinar e interdependente como fulcro de políticas de longo prazo**.

É pacífico o entendimento sobre o crítico cenário hídrico configurado antes de chegar a termo a primeira metade do século XXI, requestando expressivos recursos, quer financeiros ou materiais, com o escopo de mitigar a dramática deficiência, posto projete-se atinja em 2025 aproximados três bilhões e meio de pessoas — grandeza a representar metade da população da Terra (ONU, 2002).

A diversidade de climas, relevos, condições sócio-econômicas e culturais torna complexo o gerenciamento hídrico em nosso país. Alinham-se urgentes a preservação da água em ecossistemas de riqueza ambiental, o rompimento do ciclo de miséria a que se submete o contingente humano do semi-árido nordestino, o controle da poluição e inundações de áreas urbanas.

Fonte de vida e bem-estar, afigurando-se inclusive insumo de processo produtivo, não raro se antagonizam os interesses intrínsecos de aproveitamento do líquido. A gestão integrada, descentralizada e participativa mostra-se desafio aos objetivos planejados.

O modelo brasileiro composto por Comitês de Bacia, Agências de Águas e cobrança pelo uso é inovador, ensejando mudanças no quadro legal — permitindo soluções diversificadas e progressivas, sem cerceamento de iniciativas e adoção de soluções incompatíveis às peculiaridades de cada região — e postura dos administradores públicos, impondo sejam receptivos à parceria com a sociedade. Segundo Barth (1999), deve-se encarar o *implemento* do gerenciamento hídrico como processo político, gradual e progressivo, aperfeiçoando-se em consonância às características brasileiras.

O Estado de Pernambuco encontra-se em estágio de consolidação dos instrumentos de gestão de águas, imperando reforçar-se a estrutura existente, malgrado se não constitua fator impeditivo à efetivação do encargo em tela, cuja oportunidade e conveniência atrelam-se à vontade política dos tomadores de decisão. As particularidades da rede hidrográfica do Estado — formada preponderantemente por corpos constrictos a seu domínio — contribui à adoção do gravame de que se cogita, porquanto para estes independe de regulamentação federal. Não obstante, a carência de planos de investimentos, informações hidrológicas imprecisas —

panorama do qual se não excetua a **GL-1** —estrutura organizacional difusa, vicissitudes administrativas dificultam a instituição do esquema em comento.

8.1 SUGESTÕES

Significativos volumes de captação e exploração dos mananciais componentes da **GL-1** transferem-se ao sistema de abastecimento integrado da Região Metropolitana do Recife (RMR), alcançando populações situadas além de seus limites. A constatação de que unidades fluviais contíguas influenciam-se pelo consumo e preços individuais anotados em qualquer delas conhece-se na literatura econômico-ambiental como *multi-zone problem*. Logo, a cobrança do usuário **i** (P_{2i}) atentaria a todo o conjunto **j**:

$$P_{2i} = q_{ij} \cdot P_{1j}$$

onde q_{ij} denota a matriz de coeficientes de consumo de água em cada unidade integrante de **j** pelo usuário **i**, cujo mapeamento requer ampla informação do balanço hidrológico local e sofisticado sistema de gestão, em que comitês de bacias interligadas se articulem; P_{1j} representa a matriz de preços praticados nas componentes do universo de bacias **j**. Analogamente, passível de dimensionamento seria o impacto da carga poluidora proveniente de indivíduo **i** sobre padrão ambiental de corpos hídricos adjacentes (difusão de poluição). O contexto relatado poderia estimular estudos futuros sobre tais interações.

Uma vez incidam preferencialmente sobre a Bacia do rio Beberibe (Municípios de Olinda e Recife, precipuamente) os investimentos planejados pelo *Programa de Infra-Estrutura em Áreas de Baixa Renda na RMR* (PROMETRÓPOLE), aqui considerado na determinação dos preços aplicáveis a **GL-1** (capítulo 7), sugerir-se-ia introdução de pesos distributivos entre os municípios ínsitos ao complexo hídrico, ponderando a contribuição individual consoante a localização do domicílio. Indicadores sócio-econômicos outros — nível de renda, consumo, preservação ambiental exemplificam — poderiam contabilizar-se na definição de tais coeficientes, de modo a atribuir justiça social à ação em comento e induzir melhorias na redistribuição de renda às municipalidades de maior carência em sistemas de abastecimento de água. Pesquisas ulteriores incentivariam o equacionamento e discussão do tema.

Concorde revela a tabela 7.5 (capítulo 7), a Bacia do rio Botafogo recebe carga de efluentes industriais advindos sobretudo de singular unidade industrial vizinha à área. Desconsiderou-se assim, no estudo elaborado, a possibilidade de pagamento por poluição gerada em atividade industrial, posto tenha-se ajuizado por razoável e pertinente negociação específica entre futuro órgão gestor hídrico e a empresa poluidora, mirando se lhe inflija encargo pelo agudo dano provocado.

8.2 CONCLUSÃO

Ao fim, infere-se que a observância dos princípios microeconômicos expostos não prescinde da ativa participação da sociedade na fixação de critérios objetivos quando da efetivação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. A viabilidade financeira e a eficiência econômica, conquanto relevantes, conforme se intencionou realçar, não exaurem as metas perseguidas pelo implemento da pretensa contraprestação, senão aliam-se aos parâmetros sociais e ambientais desejáveis.

Nesse sentido, a tabela 8.1 resume presumíveis e factíveis cenários hídricos projetados em horizonte de vinte e cinco anos, fundados em premissas a seguir dispostas:

- **Crítico:** afigura-se mera reprodução da atual situação de empregos do recurso natural;
- **Eficiência econômica:** privilegia abordagem do recurso hídrico como bem econômico, avocando-se solucionar problemas associados a aproveitamento ineficiente do líquido;
- **Valores sociais:** objetivos coletivos de uso e aproveitamento da água, firmados inclusive por aspectos sociais e de qualidade de vida. Afigura-se (este enfoque) **complemento** à cena anterior, porquanto adiciona variáveis por esta desconsideradas. Reveste-se, por conseguinte, em conjuntura a se perseguir, visto conjugue metas econômicas, financeiras, tecnológicas, sociais e ambientais.

Dimensão	Crítico	Eficiência Econômica	Valores sociais
Institucional	-Regulamentação da legislação implementada, conquanto com resistência à cobrança pelo uso da água e ausência de mecanismos econômicos e instituições atuantes, mantendo-se o cenário atual sem gerenciamento integrado; -Limitações às ações estaduais e municipais no gerenciamento dos recursos hídricos; -Privatização restrita aos serviços rentáveis.	-Regulamentação da legislação implementada; -Sistema de cobrança pelo uso da água implementado; -Criação de Comitês e Agências; -Bacias hidrográficas administradas por poder público e usuários, com pequena participação da sociedade civil.	-Regulamentação da legislação implementada; -Sistema de cobrança pelo uso da água implementado, considerando os condicionantes sociais; -Criação de Comitês e Agências; -Bacias hidrográficas administradas por usuários e poder público, com intensa participação da sociedade civil.
Desenvolvimento Urbano	-Agravamento da falta de água nas grandes metrópoles e cidades médias onde se concentra o aumento da urbanização; -Aumento da incidência das doenças de veiculação hídrica e contaminação química; -Aumento dos índices de mortalidade infantil e decréscimo na expectativa de vida em regiões críticas; -Agravamento sanitário dos rios próximos das cidades e rede de drenagem.	-Sistemas de água potável e de saneamentos privatizados; -Contraprestação aos serviços relacionados ao aumento da oferta hídrica e de controle de efluentes; -Melhoria dos indicadores sociais e redução das doenças; -Recuperação da qualidade da água de rios contaminados.	-Sistemas de água potável e saneamento parcialmente privatizados; -Garantia de atendimento às populações independentemente das respectivas capacidades de pagamento; -Melhoria dos índices sociais e redução das doenças; -Recuperação da qualidade da água de rios contaminados.

Tabela 8.1 Possíveis cenários: 2000 a 2025

Fonte: Adaptado de MMA/SRH/ANA, 2002c

9. BIBLIOGRAFIA

AIDIS; CWWA; OEA et al. **Água e saúde: um brinde à vida. Dia interamericano da água.** Rio de Janeiro : ABES, 2001.

AGÊNCIA ESTADUAL DE MEIO-AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS. **Bacias hidrográficas.** [on line]. Disponível : <<http://www.cprh.pe.gov.br>> [capturado em 19 abr. 2003].

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **A evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil.** Brasília, 2002a.

_____. **Overview of hydrographic regions.** Brasília, 2002b.

_____. **Regiões hidrográficas do Brasil $\frac{3}{4}$ recursos hídricos e aspectos prioritários.** Brasília, 2002c.

_____. **Águas subterrâneas.** Brasília, 2002d.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **Vulnerabilidade climática, recursos hídricos e energia elétrica no nordeste brasileiro.** ANEEL, Superintendência de Estudos e informações Hidrológicas. Brasília, 1999.

AGENDA 21. **United Nations Conference on Environment and Development.** Rio de Janeiro, 1992. [on line]. Disponível : <<http://www.unep.org>> [capturado em 28 mar. 2003].

ANDRADE. Thompson A.; LOBÃO, Waldir A. **Tarifação social no consumo residencial de água.** Rio de Janeiro : IPEA, 1996. (Texto para discussão, 438)

AZEVEDO, Luiz Gabriel T. de; BALTAR, Alexandre Moreira; FREITAS, Paula. A experiência internacional. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água.** São Paulo : IQUAL, 2000. p. 19-32.

- BARTH, Flávio T. Evolução nos aspectos institucionais e no gerenciamento de recursos hídricos no Brasil. In: FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de (Ed). **O estado das águas no Brasil – 1999**. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999.
- BASTOS, Celso R. **Curso de direito financeiro e de direito tributário**. 2. ed. São Paulo : Editora Saraiva, 1992.
- BAUMOL, William J.; OATES, Wallace E. **The theory of environmental policy**. Second edition. Cambridge University Press, 1988.
- BEZERRA, Maria do Carmo de L.; MUNHOZ, Tânia Maria T. (Coord.). **Gestão dos recursos naturais: subsídios à elaboração da agenda 21 brasileira**. Brasília : Ministério do Meio-Ambiente; Instituto Brasileiro de Recursos Naturais Renováveis; Consórcio TC/BR/FUNATURA, 2000. 200p.
- BORSOI, Zilda Maria F.; TORRES, Solange Domingo A. A política de recursos hídricos no Brasil. **Revista do BNDES**, dez. 1997.
- BRASIL. Lei nº 3.071/16, de 01 de janeiro de 1916. **Código Civil**. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 5 jan. 1916.
- _____. Decreto nº 24.643/34, de 10 de julho de 1934. **Código das Águas**. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 11 jul. 1934.
- _____. Lei nº 6.938/81, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a a Política nacional do Meio-Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação**. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 02 set. 1981.
- _____. Resolução Conama nº 20/86, de 18 de junho de 1986. **Dispõe sobre a classificação das águas doces, salobras e salinas, em todo o Território Nacional, bem como determina os padrões de lançamento**. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 30 jul. 1986.

_____. Lei nº 9.433/97, de 08 de janeiro de 1997. **Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de gerenciamento de Recursos Hídricos**. Diário oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 9 jan. 1997.

BROWN, Lester R. um deserto cheio de gente. **World Watch Institute**, 2001. [on line]. Disponível : <<http://www.wwiuma.org.br>> [capturado em 26 mar. 2003].

CAMPOS, Jander Duarte. A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul. In: FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de (Ed). **O estado das águas no Brasil – 1999**. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999.

CARRERA-FERNANDEZ, J. Cobrança e preços ótimos pelo uso e poluição da água de mananciais. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 28, n. 3, jul-set. 1997. p. 249-277.

_____. **A valorização da água e a cobrança pelo uso : teoria, metodologia e um estudo de caso para a bacia hidrográfica do rio Pirapama em Pernambuco**. Salvador : UFBA/FCE/CME, 2000a.

_____. **Estudo de cobrança pelo uso da água na bacia hidrográfica do rio Pirapama (relatório final)**. Recife : CPRH/DFID/ERM, 2000b.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, Raymundo J. Teorias e metodologias de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas. **Economia**, Campinas, v. 2, n. 2, jul-dez. 2001. p. 447-484.

_____._____. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador : Edufba, 2002a.

_____._____. O instrumento de cobrança pelo uso da água em bacias hidrográficas: uma análise dos estudos no Brasil. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. Especial, dez. 2002b. p. 604-628.

- CARRERA-FERNANDEZ, J.; MENEZES, Wilson F. A avaliação contingente e a estimativa da função de demanda por água potável. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 1, jan-mar. 2000. p. 8-34.
- CARRERA-FERNANDEZ, J.; PEREIRA, Rogério. **A cobrança pelo uso da água em bacias de domínio da união: o caso da bacia do Vaza-Barris**. In: Encontro Regional de Economia da ANPEC, 7., 2002. Fortaleza.
- CEPAL; PNUD. División de medio Ambiente y Asentamientos Humanos. **Aplicación de instrumentos económicos en la gestión ambiental en América latina y el Caribe: desafíos y factores condicionantes**. Santiago de Chile, dic. 2000.
- CLARET, Marcelo. Após ameaça, União libera as verbas do Paraíba do Sul. **Folha on line**. [on line]. Disponível : <<http://www.folhaonline.com.br>> [capturado em 21 jun. 2003].
- COASE, Ronald H. The problem of social cost. **Journal of Law and Economics**. p. 1-44, 1960.
- CONSTITUIÇÃO DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. 8. ed. São Paulo : Editora Revista dos Tribunais, 2003.
- DIAS, Fernando de M. **Mercados artificiais e controle da poluição: três ensaios sobre mercado artificial e controle da poluição em mercados imperfeitos**. Recife, 2001. Tese (Doutorado em Economia) — Departamento de Ciências Econômicas, PIMES/UFPE.
- DOMINGUES, Eloísa (Coord.). **Indicadores de sustentabilidade para a gestão de recursos hídricos no Brasil**. FGV; CIDS; EBAP, 2000.
- FARO, Clóvis de. **Matemática financeira**. 7. ed. Rio de Janeiro : Apec, 1977.
- FONTENELE, Eduardo; ARAÚJO, José Carlos de. Tarifa de água como instrumento de planejamento dos recursos hídricos da bacia do Jaguaribe-CE. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, n. 2, abr-jun. 2001. p. 234-251.

FONTENELE, Raimundo Eduardo S. Proposta metodológica para implantação do sistema de cobrança pelo uso dos recursos hídricos no estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30, n. 3, jul-set. 1999. p. 296-315.

GARRIDO, Raymundo J. Considerações sobre a formação de preços para a cobrança pelo uso da água no Brasil. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 57-86.

GORGULHO, Silvestre. Atenção! Cobrança pela água: Saiba por, para que, quando, como e onde pagar. **Folha do Meio-Ambiente**. Ano 12. Edição 116 [on line]. Brasília, jun. 2001. Disponível : <<http://www.folhadomeioambiente.com.br>> [capturado em 17 jul. 2002].

GORGULHO, Silvestre. O que é enquadramento de um rio?. **Folha do Meio-Ambiente**. Ano 13. Edição 125 [on line]. Brasília, mar. 2002. Disponível : <<http://www.folhadomeioambiente.com.br>> [capturado em 17 jul. 2002].

HOTELLING, Harold. The economics of exhaustible resources. **Journal of Political Economy**, vol. 39, Number 2, p. 124-142, apr. 1931.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Produto interno bruto do Brasil – PIB, total e per capita – 1997-1999**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de Contas Nacionais, Contas Regionais do Brasil 1985-1999. [on line]. Disponível : <<http://www.ibge.gov.br>> [capturado em 03 mar. 2003].

_____. **Indicadores sociais mínimos-1999**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. [on line]. Disponível : <<http://www.ibge.gov.br>> [capturado em 04 mar. 2003].

_____. **Censo demográfico 2000: resultados preliminares**. [on line]. Disponível : <<http://www.ibge.gov.br>> [capturado em 03 mar. 2003]. (a)

_____. **Censo demográfico 2000: resultados do universo**. [on line]. Disponível : <<http://www.ibge.gov.br>> [capturado em 03 mar. 2003]. (b)

_____. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2000**. IBGE, Diretoria de Pesquisas, Departamento de População e Indicadores Sociais. [on line]. Disponível : <<http://www.ibge.gov.br>> [capturado em 03 mar. 2003]. (c)

_____. **Pesquisa nacional por amostra de domicílios: síntese de indicadores 2001**. IBGE, Departamento de Empregos e Rendimento. Rio de Janeiro, 2002a. 205p.

_____. **Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2002**. IBGE, Diretoria de Geociências. Rio de Janeiro, 2002b. 195p.

IPEA; PNUD. **Novo Atlas de desenvolvimento humano no Brasil, 2000**. [on line]. Disponível : <<http://www.undp.org.br>> [capturado em 15 abr. 2003].

KELMAN, Jerson. Outorga e cobrança de recursos hídricos. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 93-113.

KETTELHUT, Júlio Tadeu S.; RODRIGUEZ, Fernando A.; GARRIDO, Raymundo J. et al. Cobrança e outorga pelo uso da água. In: FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de (Ed). **O estado das águas no Brasil – 1999**. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999a.

_____._____._____. Experiências de gestão descentralizada de recursos hídricos. In: FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de (Ed). **O estado das águas no Brasil – 1999**. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999b.

KRAUTKRAEMER, Jeffrey A. Nonrenewable resource scarcity. **Journal of Economic Literature**, Volume XXXVI, p. 2065-2107, dec. 1998.

LANNA, Antônio E. **Instrumento econômicos de gestão das águas - aplicações no Brasil**. Ministério do Meio-Ambiente, 2001.

LANNA, Antônio E.; PEREIRA, J.S. **Sacuarema: sistema de apoio à cobrança pelo uso da água e de recursos do meio-ambiente**. Porto Alegre : UFRS, 1996.

- LEAL, Antônio de S. As águas subterrâneas no Brasil. Ocorrência, disponibilidades e usos. In: FREITAS, Marcos Aurélio Vasconcelos de (Ed). **O estado das águas no Brasil – 1999**. Brasília : ANEEL - MMA/SRH – OMM, 1999.
- LIMA, Jandir Ferreira de. Os recursos hídricos no Brasil: algumas considerações preliminares. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 30, n. 1, jan-mar. 1999. p. 64-75.
- MACEDO, Hypérides Pereira de. A experiência do Estado do Ceará. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 29-32.
- MACRIS, Vanderlei. A legislação estadual. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 35-39.
- MAGALHÃES, P. Canedo de. **Cobrança pelo uso da água bruta em Pernambuco**. Recife, 1998. (Relatório de consultoria)
- MARTINEZ JÚNIOR, Francisco. Princípio usuário pagador e desenvolvimento sustentável. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 115-123.
- MAS-COLELL, Andreu; WHINSTON, Michael D.; GREEN, Jerry R. **Microeconomic theory**. New York : Oxford University Press, 1995.
- MEIRELLES, Hely L. **Direito administrativo brasileiro**. 25. ed. São Paulo : Malheiros Editores, 2000.
- MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Secretaria de Recursos Hídricos. **Avaliação das águas no Brasil**. Brasília, 2002a.
- _____. _____. **Recursos hídricos no Brasil**. Brasília, 2002b.
- _____. _____. Agência Nacional De Águas. **Plano nacional de recursos hídricos: Documento base de referência**. Brasília, 2002c.

MOTTA, Ronaldo S. da. **Utilização de critérios econômicos para valorização da água no Brasil**. Rio de Janeiro : IPEA, 1998. (Texto para discussão, 556)

PANYOTOU, T. **Economic instruments for environmental management and sustainable development**. United Nations Environment Programme, 1994. (Environmental Economics Series Paper, 16).

PEARCE, David W.; TURNER, R. Kerry. **Economics of natural resources and the environment**. Harvester Wheatsheaf, 1990.

PIGOU, A. **The economics of welfare**. Londres : Macmillan and Co., 1990.

PERNAMBUCO. Governo do Estado. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Social. Fundação de Desenvolvimento Municipal. **Programa PROMETRÓPOLE**. Recife, set. 1999a.

_____._____. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio-Ambiente. **Sistema de saneamento ambiental da região metropolitana do Recife – documento estratégico de investimentos – relatório final**. Recife, 1999b.

_____._____. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano estadual de recursos hídricos ¾ documento síntese**. Recife, 1999c.

_____._____._____. **Diagnóstico dos recursos hídricos da bacia do rio Goiana e dos grupos de bacias de pequenos rios litorâneos GL-1 e GL-6**. Recife, 2000a.

_____._____._____. **Recursos hídricos - leis e decretos**. Recife, 2000b.

_____._____. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Social. **Estudo sobre o plano de gerenciamento da drenagem de águas pluviais e do esgotamento sanitário para a região metropolitana do Recife na República Federativa do Brasil**. Recife, jan. 2001.

_____. Companhia Pernambucana de Saneamento. **Custos de serviço de abastecimento de água/esgoto sanitário**. COMPESA, Gerência Econômica. Recife, 2002.

- PINHEIRO, José César V.; SHIOTA, Ricardo. Determinação do preço eficiente da água para irrigação no projeto Curu-Paraipaba. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 31, n. 1, jan-mar. 2000. p. 36-47.
- PIO, Anícia. A água como fator crítico ao desenvolvimento sustentável. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 227-235.
- PNUD. **Relatório de desenvolvimento 2002. Aprofundar a democracia num mundo fragmentado**. Lisboa : MENSAGEM, 2002.
- POMPEU, Cid T. Fundamentos jurídicos do anteprojeto de lei da cobrança pela utilização ds águas do domínio do Estado de São Paulo. In: THAME, Antônio Carlos de M. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 41-53.
- POPULAÇÃO sofreu as cheias e agora vive racionamento. Edição comemorativa 80 anos. **Jornal do Commercio** [on line]. Recife, 1999. Disponível : <<http://www.jc.com.br>> [capturado em 19 jun 2002].
- REBOUÇAS, Aldo da C. **Mercado de águas subterrâneas**. In: Encontro Nacional de Perfuradores de Poços, 11., 1999. Belém. Anais eletrônicos... [online]. Disponível : <<http://www.abas.org.br>> [capturado em 05 mar. 2003].
- _____. O preço da água “gratuita”. **Revista Meio-Ambiente Industrial**, p. 84-87, jun. 2002.
- RIO DECLARATION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **United Nations Conference on Environment and Development**. Rio de Janeiro, 1992. [on line]. Disponível : <<http://www.unep.org>> [capturado em 28 mar. 2003].
- SILVA, Simone Rosa da; WANDERLEY, Sandra Ferraz de Sá. **Ações pertinentes à cobrança pelo uso da água em Pernambuco**. Recife, 2000.
- SIMON, C.P. & BLUME, L. **Mathematics for economic analysis**. W.W. Norton, 1994.

STAMFORD, Alexandre, da Silva. **O uso dos recursos energéticos, água e energia solar: implicações econômicas e decisão através de modelos dinâmicos**. Recife, 1999a. Tese (Doutorado em Economia) — Departamento de Ciências Econômicas, PIMES/UFPE.

_____. Algumas palavras sobre a escassez de recursos naturais e modelagem dinâmica. **Revista Textos Econômicos**, Recife, v. 1, n. 2, p. 91-112, 1999b.

STAMFORD, Alexandre, da Silva; CAMPELLO DE SOUZA, Fernando M. Introdução à economia da extração dos recursos naturais. In: SAMPAIO, Yony (org). **Ensaio sobre economia agrícola e meio- ambiente no Nordeste**. Recife : PIMES/UFPE, 2000. p. 229-255.

THAME, Antônio Carlos de M. Fundamentos e Antecedentes. In: _____. **A cobrança pelo uso da água**. São Paulo : IQUAL, 2000. p. 11-16.

TUCCI, Carlos E.; HESPANHOL, Ivanildo; CORDEIRO NETTO, Oscar de M. **Gestão da água no Brasil**. Brasília : UNESCO, 2001. 156p.

UNESCO; SHI. **World water resources at the beginning of the 21st century**. New York, 1999.

UNITED NATIONS ORGANIZATION. Department of Economic and Social Affairs. **Global challenge, global opportunity. Trends in a sustainable development**. Johannesburg Summit 2002, aug. 2002.

USO da água começa a ser tributado. **Revista brasileira de saneamento e meio-ambiente**, jul-set. 2001. p. 38-41.

VARIAN, Hal R. **Microeconomic analysis**. New York : Norton Company Inc, 1978.

WORLD COMISSION FOR THE ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. **Brundtland report – our common future**, 1987. [on line]. Disponível : <<http://www.erf.es/eng>> [capturado em 28 mar. 2003].