

# Perdas e serviços ambientais do recurso água para uso doméstico\*

RONALDO SERÔA DA MOTA \*\*  
ANA PAULA FERNANDES MENDES \*\*\*  
FRANCISCO EDUARDO MENDES \*\*\*\*  
CARLOS EDUARDO FRICKMANN YOUNG \*\*\*\*\*

*Os custos ambientais decorrentes da utilização dos bens e serviços ambientais não são geralmente incorporados nas medidas convencionais de renda. Neste estudo são estimados os custos relativos do uso doméstico do recurso água nas áreas urbanas do país e sua relação com as medidas de consumo das famílias. A mensuração destes custos não é, entretanto, trivial. Dessa forma, foram adotados dois métodos de estimação: um que procura determinar valores associados aos custos de saúde relacionados à degradação da qualidade da água e outro que calcula os gastos de investimentos necessários para evitar estas perdas ambientais. A análise dos resultados permitirá também avaliar a economicidade das ações de saneamento básico no Brasil.*

## 1 - Introdução

Por renda sustentável entende-se aquela medida de renda que incorpora a dimensão intertemporal do uso do meio ambiente, a qual pode ser entendida como o custo de uso em virtude do esgotamento de um recurso finito, e também a sua dimensão intratemporal, que reflete o decréscimo corrente do nível de utilidade ou de produ-

---

\* Este artigo é parte do projeto da Diretoria de Pesquisa do IPEA "Estimativas de Contas Ambientais no Brasil", coordenado por Ronaldo Serôa da Motta. O exercício econométrico da Seção 3 contou com a participação decisiva do estagiário Leonardo Bandeira Rezende. Na coleta e análise de dados participou também Marco Aurélio Cardoso. Os autores agradecem os valiosos comentários de Armando Castelar Pinheiro, José Wellisson Rossi e Lauro Ramos. Foram também de grande importância as sugestões e informações estatísticas recebidas de Rosa Maria Ribciro da Silva, Luís Antonio Pinto de Oliveira e Ana Maria Sabóia (Deiso/IBGE), Maria Martha Maland Mayer e Vandeli dos Santos Gerena (Derem/IBGE), Hergo Oliveira (Sabesp) e Nilo Sílvio C. Serpa (Dataprev), bem como o apoio computacional de Jorge Luís Morandi e Henrique Costa Correia da Silva. São também reconhecidos os comentários de dois pareceristas anônimos.

\*\*Da Diretoria de Pesquisa do IPEA.

\*\*\*Do IEJ/UFRI.

\*\*\*\*Do PPE/COPPE/UFRI.

\*\*\*\*\*Da FEA/UFRI.

ção dos agentes econômicos devido às externalidades geradas pela degradação ambiental.<sup>1</sup>

Entendidas estas duas dimensões, a utilização dos recursos ambientais em um sistema produtivo implica duas formas distintas de interferência nas relações econômicas:

a) A utilização dos recursos ambientais como insumos (*inputs*) pelo setor produtivo corresponde a serviços ambientais que o meio ambiente presta. No caso de não ocorrer um respectivo pagamento, então trata-se de subsídios que deveriam ter seu valor imputado (acrescido) ao produto. Quando a comercialização deste serviço ocorre, o serviço resultante já está considerado na medida de renda como, por exemplo, a venda de minérios.

b) Todavia, a utilização de recursos ambientais por agentes econômicos pode implicar *perdas ambientais* que, quando ocorrem entre contemporâneos (isto é, uma questão intratemporal), impõem custos adicionais para solucionar problemas por elas desencadeados ou resultam em decréscimo de produção em setores dependentes destes recursos, e ainda porque vedam outros possíveis usos dos recursos naturais, reduzindo assim o nível de utilidade dos agentes econômicos afetados. Na dimensão intertemporal, a perda ambiental resume-se ao custo de uso que as gerações presentes devem pagar, ou deduzir de sua renda, de forma que compensem as gerações futuras pelo esgotamento deste recurso. Essas perdas ambientais representam, assim, um custo de uso, isto é, um sacrifício de outros usos possíveis dos recursos naturais exauridos ou degradados pela ação humana, devendo, portanto, ser abatidas do produto.

No caso da poluição hídrica doméstica (esgoto lançado nos corpos d'água), seria possível, então, estimar o consumo final sustentável das famílias que considerasse as respectivas perdas e serviços ambientais do recurso água.

Neste estudo serão apresentadas estimativas destas perdas e serviços ambientais em relação à população urbana brasileira para o período 1970/89 e sua relação com as medidas de consumo final das famílias.

Dessa forma, é possível oferecer uma medida de consumo final sustentável ajustada pelas estimativas de perdas e outra considerando os serviços ambientais. Além disso, conforme se observará, mesmo com as limitações das estimativas apresentadas, a comparação entre estes dois agregados permitirá que algumas orientações de política econômica e ambiental sejam formuladas.

Na seção seguinte é discutido o método de mensuração das perdas e serviços do recurso água para uso doméstico. Nas Seções 3 e 4 são apresentados os procedimentos estimativos, os resultados obtidos e sua relação com as medidas de consumo final.

---

1 Para uma discussão mais detalhada destas questões, ver Motta (1991), Hartwick e Hageman (1991), Ahmad *et alii* (1988), Tongeren *et alii* (1991) e Bartelmus (1992). Para aplicação destes conceitos nos casos de minérios e florestas no Brasil, ver, respectivamente, Motta e Young (1991) e Motta e May (1992).

A última seção fornece alguns subsídios para as políticas de controle de poluição hídrica através de iniciativas de saneamento básico.

## 2 - O recurso água

A água é um dos recursos naturais de uso mais intensivo e diversificado pelo homem. Entre os usos mais comuns, pode-se citar sua utilização para dessedentação humana e de animais, irrigação, criação de espécies aquáticas, geração de energia, insumo industrial, higiene pessoal e ambiental, transporte, lazer, composição de paisagens e diluição de efluentes industriais e dejetos orgânicos (inclusive os humanos).

Cada uma dessas possíveis formas de utilização da água demanda um padrão de qualidade diferenciado, que normalmente não é compatível com a qualidade da água devolvida após seu uso para um determinado fim. Com isso, a despeito de sua capacidade natural de renovação em um horizonte de tempo relativamente curto (se comparado ao de outros recursos naturais), a inexistência de esforços no sentido de controlar e recuperar a água utilizada pela ação humana pode comprometer, temporária ou definitivamente, outras possíveis aplicações deste recurso.

Portanto, quando um agente econômico serve-se da água e a devolve ao meio ambiente sem proceder a tratamentos que a mantenham com um nível de qualidade compatível para outros usos, está gerando externalidades negativas que reduzem o desempenho do sistema econômico como um todo. Desta maneira, o agente causador da degradação da água apropria-se de uma renda que equivale ao serviço ambiental prestado pelo meio ambiente.

Neste estudo será analisado o uso da água pelas comunidades urbanas que é devolvida aos meios hídricos sob a forma de esgoto *in natura*. Embora o esgoto doméstico rural seja igualmente relevante, sua difusão espacial é muito maior que a do esgoto urbano, permitindo, portanto, uma assimilação muito melhor pelo meio impactado. Tal regra está repleta de exceções, que por sua vez requerem um estudo detalhado e específico para identificá-las, o que excede os esforços desta pesquisa. Vale também mencionar que as soluções técnicas para esgotos no meio rural diferem bastante das adotadas para centros urbanos, onde se recorrem às soluções de redes gerais. Dessa forma, considerou-se para o cálculo dos serviços ambientais somente a população urbana poluidora. Mesmo assim, outras formas de degradação, como as provocadas por lixo doméstico ou aquelas resultantes do uso recreacional ou turístico dos corpos d'água, também não foram consideradas pela sua dificuldade de mensuração e por se reconhecer que o esgoto doméstico é o principal problema de poluição hídrica em termos de degradação da fauna e flora e, principalmente, como agente epidemiológico.

Além disso, neste estudo considerou-se que o recurso água no Brasil seria infinito (ou perfeitamente renovável) e somente a dimensão intratemporal do seu uso seria estimada. Dessa forma, assume-se que o uso corrente da água não levaria a uma redução do seu estoque, isto é, não haveria uma restrição quantitativa ao seu uso futuro. Isto equivale a dizer que o recurso seria de fluxo, na medida em que o valor

de seu estoque se baseia na qualidade e não na quantidade e, portanto, sua degradação geraria reduções no nível de bem-estar. A adoção desta hipótese pressupõe que:

a) a escassez pontual de água, em alguns casos em que, por exemplo, irrigação e geração de eletricidade encontram restrições de oferta, representará também no futuro problemas isolados e de pequena magnitude que não afetarão a mensuração das perdas ambientais;

b) as tarifas de água e esgoto refletem os seus custos marginais respectivos de serviço e, portanto, a valoração do consumo da água já efetivamente pago e incluído nas contas nacionais não precisa ser ajustada para representar melhor um valor destes serviços ambientais; e

c) os níveis de degradação existentes não afetam a capacidade futura de regeneração do recurso e não implicam perdas definitivas do estoque do recurso.

Dessa forma, uma completa mensuração dos serviços e perdas ambientais do recurso água terá que incluir os casos em que as hipóteses acima não prevalecem.

Na estimativa das perdas ambientais, o estudo limitou-se a avaliar aquelas associadas ao risco à saúde humana. Embora seja esta a dimensão socialmente mais relevante da perda ambiental em países de baixa renda, a valoração aqui realizada será uma subestimativa de todas as perdas resultantes da poluição hídrica doméstica, na medida em que as perdas ecológicas, recreacionais e de atividades produtivas como pesca e turismo não estão contempladas.<sup>2</sup> A inclusão destas formas de perdas exige a análise de cada caso específico em que a externalidade se manifesta, o que por sua vez ultrapassa as intenções desta pesquisa.

Dada esta restrição da estimativa das perdas ambientais, a mensuração dos serviços ambientais seguiu dois procedimentos distintos:

a) um deles representa também uma subestimativa dos serviços, ao estimar somente os gastos médicos e preventivos necessários para evitar os riscos de morte e morbidade associados a esta poluição na população urbana, sem, contudo, eliminar outras externalidades; e

b) o outro estima todos os investimentos necessários para expandir o serviço de coleta e tratamento adequado a toda a população urbana para evitar os riscos de contaminação humana e também elimina as causas de outros tipos de externalidades associados a esta fonte de poluição.

Dessa forma, as estimativas do procedimento *a* seriam o limite inferior, enquanto as do procedimento *b* determinariam o limite superior do total dos serviços ambientais do uso do recurso água pelas famílias. Note-se que o procedimento *a* apenas considera as ações que atuam na atenuação das conseqüências das doenças, sem,

---

2 Estudos realizados em países desenvolvidos demonstram que a disposição para pagar por qualidade de água para fins recreacionais tem sido relativamente alta quando comparada com outras finalidades de uso [ver, por exemplo, Kneese (1984), Freemann III (1982) e Vaughan e Russel (1982)].

entretanto, eliminar suas causas. Para atuar na eliminação das causas, seria necessário realizar os investimentos mensurados no procedimento *b*.

Conforme será observado nas seções seguintes, o restrito escopo do estudo foi por si só bastante ambicioso e acabou por exigir um difícil esforço metodológico e empírico.

### **3 - Perdas ambientais**

Os efeitos da pobreza nos países em desenvolvimento confirmam que os aspectos relacionados à saúde podem oferecer indicadores importantes para orientar os programas e ações de controle de poluição. Isto se comprova na medida em que os grupos de baixa renda são os que menos apresentam capacidade de gasto em consumo defensivo que minimize os efeitos negativos desta degradação.

O método aqui adotado para estimar as perdas ambientais associadas com custos de saúde considera que uma parte destes custos seria a produção sacrificada resultante da perda de dias de trabalho e da morte prematura de pessoas vitimadas por doenças relacionadas à poluição hídrica doméstica e outra aquela que seria viabilizada caso os gastos médicos incorridos para tratar estas doenças fossem utilizados para outros fins. Em suma, o total das perdas seria a soma da produção sacrificada por morbidade e mortalidade e os gastos médicos respectivos.<sup>3</sup>

Conforme pode ser observado, os valores a serem estimados não incluem o decréscimo do nível de utilidade dos agentes econômicos causado por estas doenças quanto a desconforto, dor e outras restrições. Para incorporar tais aspectos, seria necessário recorrer a métodos que determinassem as preferências individuais, nos quais seriam estimadas mensurações de disposição para pagar por melhoria de condições de saúde.

#### **3.1 - Procedimentos estimativos**

O primeiro passo para estimar os gastos médicos e a produção sacrificada gerados pela incidência de doenças associadas à poluição hídrica doméstica é a determinação da incidência de mortalidade e morbidade destas doenças. Para tal, procurou-se desenvolver uma função de estimação que permita determinar para cada ano o respectivo indicador de incidência.

---

<sup>3</sup> Devido à não-disponibilidade de dados, não foram considerados outros custos como a ausência escolar de crianças, o tempo da mãe com cuidados à criança adoentada e as perdas de produtividade do empregado que trabalha enfermo ou em convalescença.

De posse destas informações, foram obtidos os gastos hospitalares e a produção perdida por afastamento de trabalho por motivo de doença ou morte prematura.

### 3.1.1 - Incidência anual de morbidade e mortalidade

Para avaliar anualmente esta incidência, estimou-se uma função de dose-resposta para sete tipos de doenças (cólera, infecções gastrintestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose) consideradas associadas à poluição hídrica doméstica. Esta função correlaciona a incidência destas doenças com variáveis socioeconômicas e de qualidade da água.

Os dados sobre mortalidade e morbidade foram obtidos da base de dados Síntese do Inamps, que continha informações em nível de estado para o período 1988/89 (ver Anexo, Tabela A.1).

Os dados socioeconômicos e de qualidade da água (variáveis explicativas) foram estimados das informações das pesquisas demográficas (Censo e PNAD) e da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental.

Os dados de morbidade e mortalidade são autorizações de internação hospitalar (AIH), número de óbitos (NO) e tempo (dias) de permanência no hospital (TP).

A emissão de uma AIH ocorre quando da internação do paciente em hospital da rede pública ou privada que seja conveniado do Inamps. Em cada AIH registra-se o código internacional da doença do paciente internado e a ele estão associados os valores de NO e TP.

Regressões lineares foram aplicadas para expandir a série de AIH, NO e TP (variável dependente) em função de indicadores da má qualidade da água (variáveis explicativas) para os anos de 1988 e 1989.

No caso de AIH, representou-se por ATT o somatório de todas as AIH das doenças selecionadas, por PU a população urbana, por CEFS a população com coleta de esgoto (rede geral e fossa séptica) e por POPNÃOPOL a população com coleta e tratamento de esgoto e fossa séptica.

Esta regressão foi composta por 44 observações referentes às Unidades da Federação para 1988 e 1989 (1990 não foi considerado por falta de informações das variáveis explicativas). Foram excluídos também desta regressão o Acre, Roraima, Rondônia, Amapá e Fernando de Noronha, dada a carência de informações relacionadas às variáveis explicativas (ver Anexo, Tabela A.1).

Os resultados da regressão estão na Tabela 1 e a equação para ATT foi:

$$ATT = 6774,1 + 0,0080789.PU - 0,0000456.CEFS - 0,0088632.POPNÃOPOL$$

TABELA 1

*Resultados das regressões*

| Variável dependente | Coeficientes (e testes <i>T</i> a 5%) |                       |                         |                        | R <sup>2</sup> | DW     | Teste de heterocedasticidade <sup>a</sup> |
|---------------------|---------------------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|----------------|--------|---|
|                     | Constante                             | PU                    | CEFS                    | POPNÃO-POL             |                |        |   |
| MATT                | 38,383000<br>(0,8572)                 | 0,000095<br>(3,5164)  | -0,000020<br>(-0,5755)  | -0,000056<br>(-2,5110) | 0,8513         | 1,7579 | 0,0006531                                 |
| ATT                 | 6774,1<br>(1,5374)                    | 0,0080789<br>(3,0326) | -0,000046<br>(-0,0132)  | -0,008863<br>(-4,0326) | 0,8133         | 2,0154 | 0,5623                                    |
| TPATT               | 38373,9<br>(1,7172)                   | 0,0438<br>(3,2392)    | -0,0075707<br>(-0,4305) | -0,0415<br>(-3,7259)   | 0,7856         | 2,1422 | 0,357                                     |

<sup>a</sup>O teste de heterocedasticidade é baseado no teste F da regressão dos resíduos ao quadrado nas estimativas ao quadrado. Os graus de liberdade são 1 e 42.

Variáveis: MATT = número de óbitos por doenças de veiculação hídrica declarado pelo Sintese; ATT = número de AIH por doenças de veiculação hídrica declarado pelo Sintese; TPATT = número de dias de internação por doenças de veiculação hídrica declarado pelo Sintese; PU = população urbana; CEFS = população urbana atendida por rede geral ou fossa séptica; e POPNÃO-POL = população urbana atendida por rede geral com tratamento ou fossa séptica.

Os sinais dos coeficientes das variáveis explicativas induzem a resultados interessantes. No caso da variável PU verifica-se coerentemente uma relação direta com AIH, ou seja, quanto maior a população urbana, maior o número de autorizações para internação hospitalar. Já os sinais negativos dos coeficientes de CEFS e POPNÃO-POL confirmam que a incidência das doenças de veiculação hídrica está inversamente relacionada com os indicadores de coleta e tratamento de esgoto para a população.

A importância da variável população urbana justifica-se devido a problemas no teste de heterocedasticidade com a sua ausência. As observações envolvem diferenças substanciais de grandeza, que devem ser contornadas pela inclusão do tamanho da população urbana de cada estado.<sup>4</sup>

A análise dos demais testes da regressão (ver Tabela 1) também revelou algumas conclusões importantes. Por exemplo, o fato de o teste *T* não ser significativo no caso

<sup>4</sup> Dada a nossa hipótese inicial de que as instalações hospitalares se encontram concentradas na área urbana relativa a cada estado brasileiro, nos limitamos a trabalhar com os dados de população urbana.

da variável CEFS levou ao teste de mais duas regressões. Com um procedimento similar, experimentou-se primeiramente fazer uma nova regressão apenas sem a variável POPNÁOPOL. O que se verificou foi um significativo aumento do resultado do teste *T* da variável CEFS, confirmando a sua relevância para explicar a incidência de AIH:

$$ATT = 2529,7 + 0,0107.PU - 0,0071236.CEFS$$

O mesmo foi feito isolando-se a variável CEFS, o que refletiu um aumento do teste *T* da variável POPNÁOPOL:

$$ATT = 6816,3 + 0,0080456.PU - 0,0088778.POPNÁOPOL$$

Este exercício nos permite concluir que, ao confrontarmos as variáveis CEFS e POPNÁOPOL,<sup>5</sup> apesar de ambas serem altamente significativas quando analisadas isoladamente, acaba por prevalecer aquela que se apresenta mais abrangente por indicar o nível de tratamento aplicado sobre o esgoto coletado (POPNÁOPOL) e não apenas o nível de esgoto coletado por estado (CEFS).

A opção pela regressão linear em detrimento da regressão logarítmica, ou até mesmo da regressão *lin-log*, baseou-se não apenas no  $R^2$ , mas também no conjunto de testes que estão apresentados na Tabela 1.

Convém destacar também que a nossa regressão, além de apresentar um  $R^2$  bastante elevado de 81,33%, também tem um  $R^2$  corrigido bastante alto: 79,93%. Adicionalmente, foram feitas outras tentativas, com outras variáveis explicativas, que indicassem, por exemplo, a relação da incidência das doenças com o nível de abastecimento de água e existência de filtro nos domicílios.<sup>6</sup> Entretanto, tais variáveis não se mostraram significativas para explicar a variável dependente.

O número de óbitos e o tempo de permanência no hospital relativos ao número de AIH estimados para cada ano foram calculados com base em duas outras regressões, nas quais NO e TP aparecem como as novas variáveis dependentes:

$$NO = 38,3830 + 0,0000952.PU + 0,0000203.CEFS - 0,000561.POPNÁOPOL$$

$$TP = 38373,9 + 0,0438.PU - 0,0075507.CEFS - 0,0415.POPNÁOPOL$$

5 CEFS é equivalente à soma da população com esgoto coletado e fossa séptica e POPNÁOPOL é igual à população com esgoto coletado e tratado. Estes dados são apresentados no Anexo, Tabela A.4.

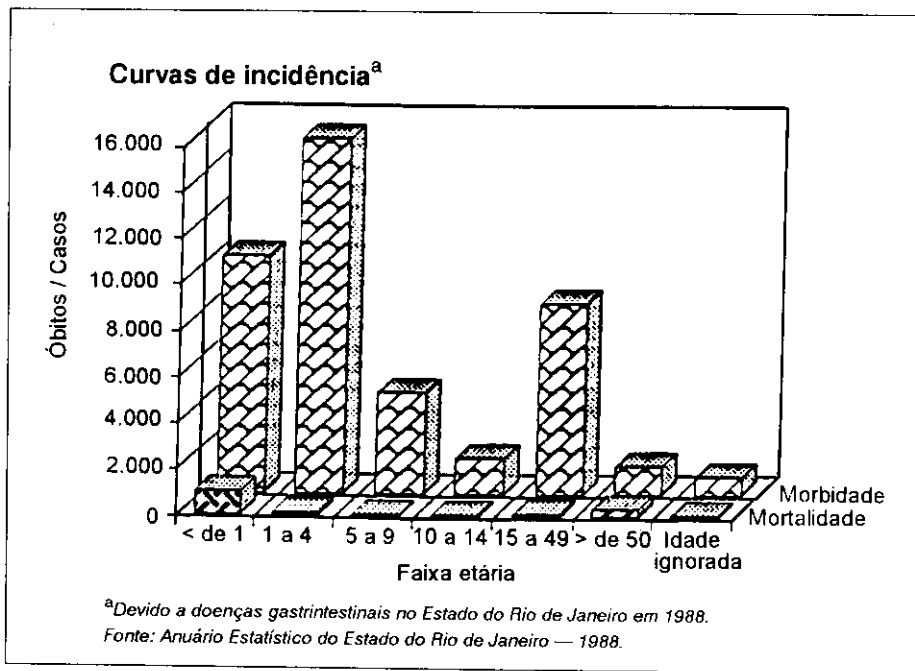
6 No caso das variáveis de renda, acredita-se que sua significância está relacionada não com a renda ou o tamanho da população de baixa renda do estado, mas sim com a renda da população assistida por serviços de saneamento cuja estatística não foi ainda possível obter.



A determinação dos valores de AIH, NO e TP associados à poluição hídrica foi realizada considerando que toda a população urbana estava atendida com serviço de coleta e tratamento de esgoto, isto é, supondo  $CEFS = POPNÁOPOL = PU$ . Os resultados são apresentados na Tabela 2.

Como os dados do Sintese não estão distribuídos por idade, recorremos a curvas de mortalidade e morbidade das doenças selecionadas, elaboradas pela Secretaria de Saúde do Rio de Janeiro para os anos de 1987 e 1988, a fim de obter a distribuição etária dos valores estimados (ver gráfico a seguir).<sup>7</sup>

Da mesma forma, os dados do Sintese não consideram os óbitos ocorridos fora do âmbito hospitalar do sistema previdenciário. Para corrigir esta subestimação, adotamos, na falta de informações anuais mais atualizadas, a incidência de mortalidade destas doenças estimadas para as capitais brasileiras no ano de 1980, que é de 48,91 pessoas por 100 mil habitantes. Esta incidência determinou um número de óbitos de 6,25 vezes o número registrado no âmbito hospitalar. Assim, os números de óbitos estimados pela regressão foram expandidos por este fator.



7 Embora esta distribuição tenha se mostrado estável neste biênio, a utilização de dados relativos a dois anos do fim da década para distribuir as estimativas dos anos anteriores e o fato de estas informações serem somente relativas ao Rio de Janeiro são restrições às estimativas apresentadas.

TABELA 2

*Estimativas de mortalidade e morbidade associadas às doenças de poluição hídrica<sup>a</sup>*

| Anos | Totais estimados              |                             | Associados à poluição hídrica |                | População urbana <sup>d</sup><br>(E) | (C)/(A)<br>(%) | (D)/(B)<br>(%) | (C)/(E)<br>(%) |
|------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|----------------|--------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|      | Mortali-<br>dade <sup>b</sup> | Morbi-<br>dade <sup>c</sup> | Mortali-<br>dade              | Morbi-<br>dade |                                      |                |                |                |
|      | (A)                           | (B)                         | (C)                           | (D)            |                                      |                |                |                |
| 1970 | 28.620                        | 2.386.700                   | 17.257                        | 1.815.944      | 51.884.940                           | 60,30          | 76,09          | 0,0333         |
| 1971 | 28.602                        | 2.351.541                   | 16.895                        | 1.796.222      | 54.813.762                           | 59,07          | 76,38          | 0,0308         |
| 1972 | 33.440                        | 2.816.053                   | 21.390                        | 2.276.171      | 57.742.583                           | 63,97          | 80,83          | 0,0370         |
| 1973 | 31.024                        | 2.552.073                   | 18.737                        | 2.022.818      | 59.758.853                           | 60,39          | 79,26          | 0,0314         |
| 1974 | 32.791                        | 2.699.034                   | 20.229                        | 2.182.118      | 62.099.802                           | 61,69          | 80,85          | 0,0326         |
| 1975 | 34.164                        | 2.803.466                   | 21.328                        | 2.298.888      | 64.440.750                           | 62,43          | 82,00          | 0,0331         |
| 1976 | 35.588                        | 2.918.037                   | 22.477                        | 2.425.797      | 66.781.699                           | 63,16          | 83,13          | 0,0337         |
| 1977 | 35.507                        | 2.850.875                   | 22.046                        | 2.374.199      | 69.734.441                           | 62,09          | 83,28          | 0,0316         |
| 1978 | 37.349                        | 2.990.344                   | 23.557                        | 2.528.818      | 72.608.779                           | 63,07          | 84,57          | 0,0324         |
| 1979 | 37.548                        | 2.965.374                   | 23.413                        | 2.519.178      | 75.517.605                           | 62,35          | 84,95          | 0,0310         |
| 1980 | 39.091                        | 3.052.305                   | 24.437                        | 2.629.324      | 79.921.953                           | 62,51          | 86,14          | 0,0306         |
| 1981 | 41.544                        | 3.235.237                   | 26.341                        | 2.837.009      | 84.618.274                           | 63,41          | 87,69          | 0,0311         |
| 1982 | 41.095                        | 3.148.653                   | 25.648                        | 2.761.297      | 86.680.962                           | 62,41          | 87,70          | 0,0296         |
| 1983 | 42.262                        | 3.226.368                   | 26.479                        | 2.853.889      | 89.503.609                           | 62,65          | 88,46          | 0,0296         |
| 1984 | 43.923                        | 3.366.039                   | 27.821                        | 3.008.003      | 92.243.913                           | 63,34          | 89,36          | 0,0302         |
| 1985 | 44.885                        | 3.437.733                   | 28.489                        | 3.093.000      | 94.767.779                           | 63,47          | 89,97          | 0,0301         |
| 1986 | 46.389                        | 3.553.918                   | 29.613                        | 3.226.354      | 98.025.337                           | 63,84          | 90,78          | 0,0302         |
| 1987 | 46.414                        | 3.514.334                   | 29.338                        | 3.199.953      | 100.526.402                          | 63,21          | 91,05          | 0,0292         |
| 1988 | 46.689                        | 3.500.405                   | 29.301                        | 3.200.126      | 103.202.112                          | 62,76          | 91,42          | 0,0284         |
| 1989 | 48.225                        | 3.586.804                   | 30.306                        | 3.310.332      | 107.718.875                          | 62,84          | 92,29          | 0,0281         |

<sup>a</sup>Cólera, infecções intestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose.

<sup>b</sup>Números de óbitos.

<sup>c</sup>Tempo (dias) e permanência no hospital.

<sup>d</sup>Não inclui Rondônia, Roraima, Acre, Amapá e Fernando de Noronha.

### 3.1.2 - Produção sacrificada

a) *Gastos médicos*. Os gastos médicos foram obtidos multiplicando-se o número estimado de AIH em cada ano, associado à poluição hídrica doméstica, pelo custo médio de internação obtido junto ao Sintese (deflacionados pelo IGP-DI) para o período 1988/89. Estes custos subestimam os gastos médicos por não incluírem outras despesas realizadas em domicílio e gastos ambulatoriais.

b) *Perdas de dias de trabalho (morbidade)*. A perda de dias de trabalho foi estimada pelo valor de TP associado à poluição hídrica doméstica distribuído por faixa etária de acordo com a curva de mortalidade anteriormente discutida. O valor da produção sacrificada resultou do produto entre o número de dias perdidos e o rendimento médio da população economicamente ativa por faixas etárias (10-18, 18-25, 25-30, 30-40, 40-50, 50-55, 55-65 e mais de 65 anos) obtido junto às pesquisas demográficas e de estimativas de Bonelli e Sedlacek (1988)<sup>8</sup> [ver Anexo, Tabela A.2]. Estes rendimentos situaram-se entre dois e três salários mínimos ao longo do período. Optamos por este valor médio na hipótese de que as pessoas afetadas pela poluição são aquelas de baixa renda que não têm acesso aos serviços de esgoto ou habitam áreas onde o esgoto coletado é lançado sem tratamento adequado [ver Bradley *et alii* (1990)].

c) *Morte prematura (mortalidade)*. No caso da produção sacrificada por morte prematura, a estimativa do número de óbitos associado à poluição é multiplicada pelo valor deste capital humano, perdido. Para tal, recorremos ao conceito de capital humano que supõe o valor da vida equivalente ao valor presente da produção futura, que seria gerada pela pessoa que veio a falecer prematuramente.<sup>9</sup> A fórmula utilizada segue de perto a adotada por Ridker (1967), que é definida como:

$$HCV_x = \frac{(P_x)_1^n \cdot (P_x)_2^n \cdot (P_x)_3^n \cdot Y_n}{(1 + r)^{n-x}}$$

onde:

$HCV_x$  é o valor presente da renda futura da pessoa de idade  $x$ ;

$(P_x)_1^n$  é a probabilidade de que esta pessoa estará viva na idade  $n$ ;

<sup>8</sup> Não foi possível, entretanto, obter informações sobre estes rendimentos para os anos de 1971 a 1975, 1977, 1978 e 1982, os quais, então, foram estimados de acordo com o crescimento da renda *per capita* das contas nacionais. Como os anos de 1976 a 1979 que foram obtidos de Bonelli e Sedlacek (1988) não continham informações por faixa etária, sua distribuição obedeceu à registrada no *Censo Demográfico de 1980*. O mesmo foi adotado para os outros anos da década de 70 que foram imputados.

<sup>9</sup> Ver Mishan (1981) e Ridker (1967) para uma discussão deste conceito, suas aplicações e limitações.

$(P_x)_2^n$  é a probabilidade de que esta pessoa estará na força de trabalho na idade  $n$ ;  
 $(P_x)_3^n$  é a probabilidade de que esta pessoa estará empregada na idade  $n$ ;  
 $Y_n$  é a produção esperada na idade  $n$ ; e  
 $r$  é a taxa de desconto.

O valor de  $Y_n$  é o mesmo adotado no cálculo das perdas de dias de trabalho. Note-se que a fórmula acima está revelando que a produção sacrificada depende do nível de remuneração, da expectativa de vida e da probabilidade de estar empregado das pessoas que vieram a falecer por causa das doenças analisadas.

A probabilidade  $(P_x)_1^n$  foi estimada a partir da *Tábua de Mortalidade segundo a idade*, publicada no *Censo Demográfico de 1980*, e reflete a probabilidade de que uma pessoa de idade  $n$  esteja viva na idade  $n + t$ , ou seja, a expectativa de vida para cada idade especificamente. Por hipótese, arbitramos que esta probabilidade é nula quando o indivíduo atinge os 85 anos. A probabilidade  $(P_x)_2^n$  foi também estimada a partir de dados demográficos. Já a probabilidade  $(P_x)_3^n$  foi considerada eliminando do cálculo do valor do rendimento médio aqueles sem rendimento ou sem declaração de rendimento.

Na teoria do capital humano, o óbito de crianças não ocasionaria uma perda de produção futura na medida em que os investimentos em educação e treinamento não foram realizados e, portanto, estes gastos poupados compensariam o sacrifício futuro de produção, já que o salário representaria o retorno a estes investimentos. Esta tem sido uma das críticas mais fortes a este tipo de mensuração. No caso das doenças selecionadas, a incidência de mortalidade se acentua justamente em crianças (ver gráfico anterior) e, portanto, optamos por computar os valores associados a menores de 10 anos no cálculo dos custos de mortalidade.

Igualmente dois valores de  $r$  (5 e 15%) foram utilizados para estimar  $HCV$ , cujo valor mais adequado para demonstrar a produção sacrificada seria aquele que representasse o produto líquido do trabalho, rendimentos menos consumo pessoal realizado. Assumindo que os rendimentos excedam o consumo pessoal na mesma proporção que o Produto Interno Bruto excede o consumo final das famílias, poder-se-ia estimar que o produto líquido estaria em torno de 30% do produto bruto. O conceito de produção sacrificada aqui utilizado é, todavia, uma *proxy* do decréscimo do nível de utilidade para o qual o nível de renda seria um indicador. Assim, consideramos este valor de rendimento bruto em vez de rendimento líquido. Por outro lado, o valor do rendimento  $Y_n$  obtido das pesquisas demográficas representa apenas a renda mensal, não incluindo vários encargos sociais, o que poderia crescer de 50 a 80% este valor de renda dos assalariados. Assumindo o nível de renda como uma *proxy* do nível de utilidade, seria necessário incluir nos valores de renda certos encargos que representam renda disponível, tais como FGTS e 13º salário. Por outro lado, o valor de rendimento das pesquisas demográficas é de salário bruto, o qual inclui os descontos a serem efetuados. Dessa forma, na hipótese de que tais descontos compensem os encargos não considerados, optamos por manter esta informação como uma medida adequada para as estimativas realizadas.

## 3.2 - Resultados

A Tabela 2 apresenta os resultados das estimativas totais de mortalidade e morbidade e daquelas diretamente associadas à poluição hídrica doméstica. Ao se considerar que toda a população urbana tem acesso aos serviços de coleta de esgoto, observa-se que, em todo o período, aproximadamente 60% dos casos de óbitos (mortalidade) registrados não ocorreriam, enquanto no caso de morbidade esta percentagem chegaria a 90%. Tais resultados confirmam a importância das condições de saneamento para a redução e controle das doenças estudadas e determinam os níveis dos custos de saúde associados à poluição hídrica doméstica que representam perdas ambientais.<sup>10</sup>

A incidência da mortalidade associada à poluição varia muito pouco ao longo do período, atingindo o número de 30.306 em 1989, o que já seria esperado na medida em que os déficits em investimentos em serviços de esgoto, estimados na seção seguinte, também se mostraram estáveis nas duas décadas. No caso de morbidade, em 1989, ainda se perdiam 3.310.332 dias de permanência em hospital devido às doenças associadas à poluição hídrica, o que equivale a 13.679 homens/ano. Os dados de curva de morbidade do gráfico anterior revelam que 30% dos casos ocorrem em maiores de 10 anos. Assumindo que 60% destes casos sejam de pessoas economicamente ativas, esta permanência equivaleria ao afastamento de aproximadamente 2.500 trabalhadores ao longo de todo o ano.

Na Tabela 3, à taxa de 5%, o total das perdas, em valores de 1980, chega a US\$ 387,9 milhões em 1989, dos quais US\$ 339,3 milhões são devidos à mortalidade e US\$ 8,3 milhões à morbidade, enquanto os gastos médicos somaram neste ano o total de US\$ 40,2 milhões.

Na Tabela 4 observa-se que estas perdas não chegaram a mais de 0,256% do consumo final das famílias. Dado que a incidência de mortalidade e morbidade apresenta certa estabilidade no mesmo período, as variações registradas devem ser explicadas pelas próprias alterações no nível de rendimento médio.

Este baixo percentual deve-se exclusivamente ao nível do rendimento médio utilizado como medida de produção sacrificada, o qual em 1980 representava apenas US\$ 2.300 por ano. Dividindo as perdas por mortalidade (à taxa de 5%) pelo número de óbitos associados à poluição hídrica doméstica para o ano de 1989, obtém-se

---

<sup>10</sup> Naturalmente, a expansão de serviços de abastecimento de água para consumo pessoal poderia minimizar esta situação. Todavia, estes serviços já cobrem mais de 80% da população urbana, o que revela que o contágio por contato direto é importante e a degradação dos cursos d'água está prejudicando estes serviços, ou seja, somente os serviços de coleta e tratamento adequado de esgoto é que permitiriam reduzir drasticamente esta situação, como parecem indicar as regressões da Seção 3. Estes resultados, todavia, podem ser enganosos porque não se utilizou um período maior onde a variável pudesse ser melhor captada. Os autores, inclusive, estão desenvolvendo um estudo semelhante para a década de 80 com uma base de dados mais abrangente para corrigir estes vieses.

TABELA 3

*Perdas ambientais associadas à poluição hídrica doméstica<sup>a</sup>*

(Dólares de 1980)

| Anos | Gastos médicos <sup>b</sup> | Mortalidade <sup>c</sup> |             | Morbidade <sup>d</sup> | Total       |             |
|------|-----------------------------|--------------------------|-------------|------------------------|-------------|-------------|
|      |                             | Taxa de 5%               | Taxa de 15% |                        | Taxa de 5%  | Taxa de 15% |
| 1970 | 21.124.777                  | 104.611.935              | 25.101.514  | 2.068.182              | 127.804.895 | 48.294.474  |
| 1971 | 21.153.237                  | 115.928.247              | 27.816.850  | 2.336.507              | 139.417.991 | 51.306.594  |
| 1972 | 26.832.029                  | 172.578.223              | 41.409.947  | 3.508.422              | 202.918.674 | 71.750.398  |
| 1973 | 24.246.838                  | 175.251.844              | 42.051.479  | 3.631.487              | 203.130.169 | 69.929.804  |
| 1974 | 26.136.699                  | 197.095.962              | 47.292.950  | 4.073.820              | 227.306.482 | 77.503.470  |
| 1975 | 27.510.939                  | 215.119.369              | 51.617.646  | 4.434.590              | 247.064.898 | 83.563.175  |
| 1976 | 29.066.432                  | 237.228.562              | 56.922.652  | 4.886.438              | 271.181.432 | 90.875.521  |
| 1977 | 28.379.924                  | 228.110.037              | 54.734.742  | 4.696.936              | 261.186.898 | 87.811.602  |
| 1978 | 30.118.924                  | 242.708.637              | 57.741.860  | 4.977.785              | 277.805.346 | 92.838.569  |
| 1979 | 30.086.923                  | 245.027.872              | 58.794.157  | 5.049.508              | 280.164.303 | 93.930.588  |
| 1980 | 31.397.483                  | 260.244.549              | 62.445.382  | 5.234.915              | 296.876.947 | 99.077.779  |
| 1981 | 33.920.410                  | 301.110.602              | 72.251.144  | 6.184.639              | 341.215.651 | 112.356.193 |
| 1982 | 32.995.536                  | 263.878.440              | 63.317.329  | 5.615.742              | 302.489.718 | 101.928.608 |
| 1983 | 34.143.387                  | 288.775.559              | 69.291.365  | 5.873.330              | 328.792.275 | 109.308.081 |
| 1984 | 36.122.362                  | 286.372.227              | 68.714.688  | 5.843.278              | 328.337.867 | 110.680.328 |
| 1985 | 37.317.216                  | 332.778.155              | 79.849.737  | 6.813.492              | 376.908.862 | 123.980.444 |
| 1986 | 39.082.357                  | 416.963.941              | 100.050.020 | 8.550.293              | 464.596.592 | 147.682.670 |
| 1987 | 38.807.805                  | 385.793.210              | 92.570.639  | 7.892.791              | 432.493.806 | 139.271.235 |
| 1988 | 38.867.944                  | 361.274.641              | 85.270.816  | 7.385.332              | 407.527.917 | 131.524.092 |
| 1989 | 40.209.797                  | 339.334.541              | 81.422.934  | 8.335.920              | 387.880.257 | 129.968.651 |

<sup>a</sup>Cólera, infecções intestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose.

<sup>b</sup>Gastos realizados pelo sistema Inamps.

<sup>c</sup>Produção sacrificada devido a morte prematura.

<sup>d</sup>Produção sacrificada devido ao tempo de permanência em hospital.

TABELA 4

*Perdas ambientais em relação ao consumo final<sup>a</sup>**(% do consumo das famílias)*

| Anos | Gastos médicos | Mortalidade |             | Morbidade | Total      |             |
|------|----------------|-------------|-------------|-----------|------------|-------------|
|      |                | Taxa de 5%  | Taxa de 15% |           | Taxa de 5% | Taxa de 15% |
| 1970 | 0,036          | 0,179       | 0,043       | 0,008     | 0,224      | 0,087       |
| 1971 | 0,032          | 0,178       | 0,043       | 0,008     | 0,218      | 0,083       |
| 1972 | 0,035          | 0,227       | 0,054       | 0,011     | 0,273      | 0,100       |
| 1973 | 0,025          | 0,184       | 0,044       | 0,009     | 0,219      | 0,079       |
| 1974 | 0,024          | 0,177       | 0,043       | 0,008     | 0,209      | 0,075       |
| 1975 | 0,023          | 0,183       | 0,044       | 0,009     | 0,215      | 0,076       |
| 1976 | 0,022          | 0,183       | 0,044       | 0,009     | 0,214      | 0,075       |
| 1977 | 0,020          | 0,162       | 0,039       | 0,008     | 0,190      | 0,067       |
| 1978 | 0,021          | 0,168       | 0,040       | 0,008     | 0,196      | 0,069       |
| 1979 | 0,019          | 0,157       | 0,038       | 0,007     | 0,183      | 0,064       |
| 1980 | 0,019          | 0,159       | 0,038       | 0,007     | 0,185      | 0,065       |
| 1981 | 0,023          | 0,200       | 0,048       | 0,009     | 0,232      | 0,080       |
| 1982 | 0,020          | 0,162       | 0,039       | 0,008     | 0,191      | 0,067       |
| 1983 | 0,023          | 0,190       | 0,046       | 0,009     | 0,222      | 0,077       |
| 1984 | 0,023          | 0,186       | 0,045       | 0,009     | 0,218      | 0,077       |
| 1985 | 0,024          | 0,210       | 0,050       | 0,010     | 0,244      | 0,084       |
| 1986 | 0,022          | 0,234       | 0,056       | 0,011     | 0,267      | 0,089       |
| 1987 | 0,025          | 0,246       | 0,059       | 0,012     | 0,282      | 0,095       |
| 1988 | 0,027          | 0,251       | 0,059       | 0,012     | 0,290      | 0,098       |
| 1989 | 0,026          | 0,218       | 0,052       | 0,012     | 0,256      | 0,090       |

<sup>a</sup>Consumo final das famílias das Contas Nacionais – IBGE (1989 e 1991).

aproximadamente US\$ 15.000, que pode ser entendido como valor estatístico da vida<sup>11</sup> e é, sem dúvida, por si só bastante polêmico. Mas vale lembrar que ele apenas reflete a capacidade produtiva da população de baixa renda afetada pelos efeitos negativos da poluição hídrica doméstica. Este talvez seja o critério não explícito de adiamento das decisões de investimentos de vulto na ampliação das condições de saneamento no país.

#### 4 - Serviços ambientais

Conforme já assinalado, a premissa fundamental deste trabalho está em considerar o meio ambiente como um agente privado que deveria ter recebido uma remuneração de mercado equivalente àquela recebida pelos demais agentes. Esta remuneração deveria igualar-se ao custo de oportunidade destes serviços. Assim, o serviço ambiental prestado pela água enquanto receptora de esgoto doméstico urbano seria mensurado pelo custo em que os agentes incorreriam caso tivessem que evitar o uso do recurso água para recepção de seu esgoto.

Uma aproximação deste custo de oportunidade seriam os gastos em coleta e tratamento deste esgoto doméstico, os quais poderiam ser obtidos pelo custo de capital necessário para que a carga de despejos domésticos potencialmente poluidora dos corpos d'água fosse ligada à rede e tratada adequadamente. Este valor representa, então, um limite superior destes serviços, na medida em que se supõe que, uma vez realizados estes investimentos, todo tipo de externalidade seria eliminado.

Considerando, contudo, somente as externalidades associadas aos riscos à saúde humana, poderíamos estimar este custo de oportunidade como aquele referente aos gastos médicos e preventivos necessários para evitar que estes riscos causem óbitos e perdas de dias de trabalho. Trata-se de mensurar o valor do serviço ambiental relativo somente a este tipo de externalidade e, portanto, um limite inferior do total dos serviços ambientais.

---

11 Em Margulis (1991) estima-se que este valor para o México esteja em torno de US\$ 75.000, com base no rendimento médio de um trabalhador urbano industrial, equivalente a US\$ 7.700. Em que pesem as diferenças de procedimentos estimativos entre os dois estudos, considerando a relação entre os rendimentos, as estimativas aqui calculadas se assemelham a estas utilizadas para o México.



#### 4.1 - Custo de capital do déficit em investimentos em serviço de esgoto

Como medida das quantidades de esgoto produzidas empregamos o número de habitantes das regiões urbanas, classificados de acordo com o serviço de esgoto a que têm acesso. As estatísticas relativas a estes serviços diferenciam as formas em rede geral, fossa séptica, precárias ou inexistentes. Como rede geral entende-se a coleta de esgoto, mas isso não significa necessariamente o tratamento deste despejo.

Além disso, de acordo com o nível de tratamento utilizado, o esgoto lançado aos recursos hídricos é gerador de externalidades ou não. Como não foi possível obter informações sobre estes níveis no país, consideramos, para efeito de estimação, que o tratamento secundário seria o adequado e que 1/3 do tratamento realizado no país se encontrava neste estágio e os 2/3 restantes somente com técnica primária.

O tratamento primário consiste em combinações de operações físicas e químicas que têm como objetivo a eliminação de sólidos suspensos, coloidais, voláteis e graxas, bem como a remoção de odores e a desinfecção das águas residuais. O tratamento secundário compreende adicionalmente processos biológicos que convertem a matéria orgânica em sólidos sedimentáveis flocculentos, que podem ser eliminados em tanques de sedimentação secundária. Já as fossas sépticas são tanques subterrâneos em que a digestão dos sólidos faz-se anaerobiamente [Silveira e Sant'Anna (1990)]. As fossas sépticas podem ser comparadas a um tratamento primário em certos casos em que condições de permeabilidade do solo e as soluções de depósito da sua depuração não são satisfatórias. Por hipótese, assumimos que metade dos serviços de fossa séptica era adequada e equivalente a um tratamento secundário e a outra metade consideramos como uma forma primária.

Assim, a população urbana foi classificada em:

a) população não-poluidora (PN): com rede de coleta e tratamento secundário ou fossa séptica equivalente;

b) população poluidora I (POI): com rede de coleta e tratamento primário ou fossa séptica equivalente; e

c) população poluidora II (POII): com rede de coleta sem tratamento ou sem rede de coleta ou fossa séptica.

Logo:

$$PN = ET/3 + FS/2$$

$$POI = 2.ET/3 + FS/2$$

$$POII = PU - (PN + POI) = EN + OU$$

onde:

PU é a população urbana total;

PN é a população não-poluidora;

POI é a população poluidora I;

POII é a população poluidora II;

ET é a população urbana que tem seu esgoto coletado e tratado por rede geral;

EN é a população urbana que tem seu esgoto coletado mas não tratado por rede geral;

FS é a população urbana que dispõe de fossa séptica no domicílio; e

OU é a população urbana que dispõe de instalações sanitárias precárias ou inexistentes no domicílio.

Para estimar os investimentos totais necessários para atender toda a população urbana com serviço adequado de esgoto, foram identificados três tipos de custos de investimento:

*e*: custo de coleta por habitante;

*tp*: custo de tratamento primário; e

*ts*: custo de tratamento secundário adicional a *tp*.

O custo total (*K*), déficit do estoque de capital necessário para atender com serviços de esgoto adequados a POI e a POII, seria dado por:

$$K = ts.2.EI/3 + (ts + tp).EN + (e + tp + ts).(OU + FS/2)$$

Finalmente, o serviço ambiental (SA) é obtido aplicando o custo de oportunidade de capital (*r*) ao valor do estoque total estimado. Logo,  $SA = r.K$ . Este serviço representa, então, o custo de capital do investimento de montante *K*.<sup>12</sup>

#### 4.1.1 - Procedimentos estimativos

Observe-se que (ET + EN) é o total da população com esgoto coletado, aqui denominado EC. As séries de EC, FS e OU foram estimadas a partir dos dados sobre

---

12 Os custos de operação, manutenção e depreciação para cada caso são de difícil determinação. Sua inclusão teria, então, que ser através de percentuais fixos que, de acordo com especialistas, poderiam variar entre 5 e 10% dos custos anuais de capital. Considerando as imprecisões dos valores estimados para *K*, optamos por assumir que tais custos já estariam incluídos nos valores estimados.

condições sanitárias dos domicílios, divulgados pelo IBGE e disponíveis nos Censos Demográficos e nas Pesquisas Nacionais por Amostra de Domicílios (PNAD) de 1970 a 1989. Durante este período, os valores para os anos em que essas informações não estavam disponíveis (1971, 1972, 1974, 1975, 1977, 1979 e 1985 a 1988) foram obtidos por interpolação.

A série ET foi determinada como uma proporção de EC estimada com dados dos catálogos da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes), que informam o volume de esgoto coletado e tratado por estado, declarado pelas companhias estaduais de saneamento básico.

Estes dados são precários, pois certos estados deixaram de informar ou o fizeram de forma sensivelmente destoante dos outros anos. Para ajustar estes dados, foram utilizados os seguintes critérios:

a) substituir os dados de volume coletado pelo produto da população atendida no ano pela média do equivalente populacional de esgoto (calculado pela razão entre total coletado e população atendida) para cada estado;

b) no cálculo destas médias foram descartados os equivalentes populacionais de volume coletado que estivessem abaixo de 100 litros/habitante e acima de 500 litros/habitante;

c) não consideramos o volume tratado que tivesse sido informado apenas em alguns anos, enquanto nos anteriores e posteriores a informação não existisse ou fosse igual a zero;

d) estimamos por interpolação o volume tratado de certos anos em que não havia informação, mas o restante da série era consistente e continha vários registros; e

e) para os anos anteriores a 1975, que não são informados pela Abes, ajustamos somente os dados do Rio de Janeiro e de São Paulo e assumimos que o volume tratado em 1975 já existia em 1970.

As estimativas destas proporções estão apresentadas no Anexo, Tabela A.3. Com base nestes percentuais, estimamos as séries de ET e EN, as quais, junto com as séries de PU, PN, POI, POII, FS e OU, estão apresentadas na Tabela A.4 do Anexo.

As estimativas de custo exigiram procedimento mais elaborado. Os custos de tratamento secundário foram considerados por especialistas como aproximadamente três vezes superiores aos de nível primário. Admitindo que 1/3 da população atendida por tratamento de esgoto (ET) recebe tratamento secundário, então o valor total dos investimentos ( $I$ ) seria igual ao somatório dos diversos custos de investimentos multiplicados pelas variações das respectivas parcelas da população atendidas e diferentes formas de serviços de esgoto. Logo:

$$I = (e \cdot (\Delta ET + \Delta EN)) + (tp \cdot 2 \Delta ET/3) + (ts \cdot \Delta ET/3)$$

Sendo  $ts = 3 \cdot tp$ :

$$I = (e \cdot (\Delta ET + \Delta EN)) + (tp \cdot 2 \Delta ET/3) + (3 \cdot tp \cdot \Delta ET/3) =$$

$$I = (e \cdot (\Delta ET + \Delta EN)) + (tp \cdot 2 \Delta ET/3) + (tp \cdot \Delta ET) =$$

$$I = (e \cdot (\Delta ET + \Delta EN)) + (tp \cdot 5 \Delta ET/3)$$

ou:

$$e = I - (tp \cdot (5 \cdot \Delta ET/3)) / \Delta ET + \Delta EN$$

ou:

$$tp = I - e \cdot (\Delta ET + \Delta EN) / (5 \cdot \Delta ET/3)$$

onde:

$e$  = custo de coleta;

$tp$  = custo de tratamento primário; e

$ts$  = custo de tratamento secundário.

Para compatibilizar os dados disponíveis sobre custos — tais como custo de coleta de US\$ 120/habitante (preços de 1988), estimado pela Caixa Econômica Federal [ver Bio (1990), custo de tratamento em nível primário de US\$ 32,5/habitante (preços de 1988), obtido junto a uma empresa de engenharia especializada,<sup>13</sup> e os dados observados de investimentos totais realizados em esgoto do Plano Nacional de Saneamento (Planasa)<sup>14</sup> [ver Anexo, Tabela A.5] —, dois procedimentos alternativos foram adotados de acordo com as hipóteses consideradas de valor de coleta e tratamento:

a) assumindo um custo de tratamento primário ( $tp_1$ ) de US\$ 32,5/habitante (a preços de 1988) ou US\$ 20,41 (a preços de 1980); o custo de coleta ( $e_1$ ) foi estimado pela seguinte expressão simplificada:

$$e_1 = \frac{I - (tp_1 \cdot (5 \cdot \Delta ET/3))}{\Delta ET + \Delta EN}$$

onde  $I$  é o total dos investimentos realizados do Planasa em esgoto, no período 1970/89, e  $ET$  e  $EN$  são as variações, no mesmo período, de  $ET$  e  $EN$ ; o valor de  $e_1$

13 Uma estação com capacidade de tratar 5.400 kg de DBO/dia estaria orçada em torno de US\$ 3.250.000 (a preços de 1988) e, com isso, o custo de tratamento seria de US\$ 32,50/habitante. O custo adicional do tratamento secundário/terciário seria três vezes maior do que o de um tratamento primário, ou seja, US\$ 97,50/habitante (a preços de 1988).

14 Os custos acima foram deflacionados para preços de 1980 pelo deflator implícito da formação bruta de capital das contas nacionais.

assim estimado foi de US\$ 126,24/habitante (a preços de 1988) ou US\$ 79,30/habitante (a preços de 1980); e

b) assumindo o custo de coleta ( $e_2$ ) de US\$ 120/habitante (a preços de 1988) ou US\$ 75,38/habitante (a preços de 1980), o custo de tratamento ( $tp_2$ ) foi estimado pela seguinte expressão simplificada:

$$tp_2 = \frac{I - e_1 \cdot (\Delta ET + \Delta EN)}{5 \cdot \Delta ET / 3}$$

O valor de  $tp_2$  encontrado foi de US\$ 27,39/habitante e o de  $ts_2$  de US\$ 82,18/habitante (a preços de 1980).

A partir dos valores alternativos de  $e$ ,  $tp$  e  $ts$ , é calculado o estoque de capital total ( $K_T$ ) necessário para coletar e tratar toda a carga poluidora em cada ano. Seus respectivos valores e a média entre as duas alternativas são apresentados na Tabela 5.

TABELA 5

*Investimentos em serviços de esgoto urbano<sup>a</sup> – 1970/89*

(Dólares constantes de 1980)

| Anos | $K_T$<br>(I)   | $K_T$<br>(II)  | $K_T$<br>(Média I-II) |
|------|----------------|----------------|-----------------------|
| 1970 | 6.578.030.418  | 7.703.376.726  | 7.140.703.572         |
| 1973 | 6.877.718.499  | 8.201.641.727  | 7.539.680.113         |
| 1976 | 7.841.018.143  | 9.370.161.766  | 8.605.589.954         |
| 1978 | 8.363.751.801  | 9.957.824.436  | 9.160.788.119         |
| 1980 | 9.078.060.343  | 10.814.373.188 | 9.946.216.765         |
| 1981 | 9.632.232.158  | 11.490.690.365 | 10.561.461.261        |
| 1982 | 9.681.954.088  | 11.532.759.357 | 10.607.356.722        |
| 1983 | 9.859.878.039  | 11.766.659.697 | 10.813.268.868        |
| 1984 | 10.232.605.198 | 12.234.408.911 | 11.233.507.054        |
| 1985 | 10.339.536.319 | 12.402.183.723 | 11.370.860.021        |
| 1986 | 10.577.991.392 | 12.723.918.111 | 11.650.954.751        |
| 1987 | 10.616.750.932 | 12.800.684.903 | 11.708.717.917        |
| 1988 | 10.705.370.663 | 12.939.176.365 | 11.822.273.514        |
| 1989 | 10.857.521.924 | 13.151.744.100 | 12.004.633.012        |

<sup>a</sup>Ver texto para a diferença entre as hipóteses I e II.

O serviço ambiental foi, enfim, obtido aplicando-se valores alternativos para o custo de oportunidade do capital (5, 10 e 15%) sobre o valor médio das estimativas de  $K_T$ .<sup>15</sup> Os resultados e sua participação no Consumo Final das Famílias encontram-se na Tabela 6.

TABELA 6

*Serviço ambiental (SA) em relação ao consumo final das famílias (CFF) – 1970/89*

(Dólares constantes de 1980)

| Anos | SA          | SA            | SA            | CFF <sup>a</sup> | SA/CFF | SA/CFF  | SA/CFF  |
|------|-------------|---------------|---------------|------------------|--------|---------|---------|
|      | (r=5%)      | (r=10%)       | (r=15%)       |                  | (r=5%) | (r=10%) | (r=15%) |
|      |             |               |               |                  | (%)    | (%)     | (%)     |
| 1970 | 357.035.179 | 714.070.357   | 1.071.105.536 | 72.161.064.082   | 0,495  | 0,990   | 1,484   |
| 1973 | 376.984.006 | 753.968.011   | 1.130.952.017 | 103.274.995.544  | 0,365  | 0,730   | 1,095   |
| 1976 | 430.279.498 | 860.558.995   | 1.290.838.493 | 127.743.948.892  | 0,337  | 0,674   | 1,010   |
| 1978 | 458.039.406 | 916.078.812   | 1.374.118.218 | 141.559.577.776  | 0,324  | 0,647   | 0,971   |
| 1980 | 497.310.838 | 994.621.677   | 1.491.932.515 | 163.795.066.414  | 0,304  | 0,607   | 0,911   |
| 1981 | 528.073.063 | 1.056.146.126 | 1.584.219.189 | 153.443.629.494  | 0,344  | 0,688   | 1,032   |
| 1982 | 530.367.836 | 1.060.735.672 | 1.591.103.508 | 158.278.134.412  | 0,335  | 0,670   | 1,005   |
| 1983 | 540.663.443 | 1.081.326.887 | 1.621.990.330 | 154.947.206.125  | 0,349  | 0,698   | 1,047   |
| 1984 | 561.675.353 | 1.123.350.705 | 1.685.026.058 | 160.849.137.423  | 0,349  | 0,698   | 1,048   |
| 1985 | 568.543.001 | 1.137.086.002 | 1.705.629.003 | 165.145.373.630  | 0,344  | 0,689   | 1,033   |
| 1986 | 582.547.738 | 1.165.095.475 | 1.747.643.213 | 179.802.007.081  | 0,324  | 0,648   | 0,972   |
| 1987 | 585.435.896 | 1.170.871.792 | 1.756.307.688 | 177.077.037.800  | 0,331  | 0,661   | 0,992   |
| 1988 | 591.113.676 | 1.182.227.351 | 1.773.341.027 | 172.153.895.724  | 0,343  | 0,687   | 1,030   |
| 1989 | 600.231.651 | 1.200.463.301 | 1.800.694.952 | 173.842.659.984  | 0,345  | 0,691   | 1,036   |

<sup>a</sup>FONTE: IBGE (1989 e 1991).

15 Este procedimento é equivalente ao de distribuir o serviço ambiental (SA) através da seguinte expressão:

$$SA_T = SA_{T-1} + (K_T - K_{T-1}) \cdot r$$

onde:  $SA_0 = K_0 \cdot r$ .

## 4.1.2 - Resultados

Conforme observado na Tabela 6, os resultados destes serviços ambientais variam segundo o valor do custo de oportunidade do capital, ou seja, da taxa de retorno do capital. Assumindo uma taxa de 5%, os valores dos serviços ambientais da poluição hídrica doméstica, em termos absolutos, crescem de US\$ 357 milhões para US\$ 600 milhões (constantes de 1980) entre os anos de 1970 e 1989, o que representava nesses anos, respectivamente, 0,495 e 0,345% do consumo final das famílias. Entretanto, a partir de 1973 este percentual mantém-se razoavelmente constante, devido à realização dos investimentos do Planasa (ver Anexo, Tabela A.5), que se inicia nestes anos.<sup>16</sup>

Por um lado, estes resultados podem questionar a opção tecnológica de saneamento adotada no país, uma vez que os montantes de investimentos parecem ultrapassar a capacidade atual de financiamento do setor público. Por outro, sua relevância em termos de proporção do consumo final das famílias, que são as próprias geradoras desta poluição, revela que as formas de financiamento podem ser desenhadas de modo que estes poluidores assumam totalmente os custos de controle.

## 4.2 - Custo do déficit dos gastos médicos e preventivos para controle dos riscos à saúde

Na Tabela 7 observa-se que as doenças gastrintestinais em 1988 e 1989 representaram em torno de 90% dos casos de internação e mortalidade das doenças associadas à poluição hídrica de origem doméstica. Neste tipo de doença a morte em geral é causada por desidratação em decorrência de diarreia. Uma conduta para se evitar a morte seria a adoção de terapia de reidratação oral através da administração de soro caseiro, a qual, embora adotada no Brasil, ainda não é aplicada universalmente.

O sucesso dessa terapia tem sido comprovado em diversos países [ver Martines *et alii* (1991) e Margulis (1991)]. Entretanto, para que o soro se torne uma forma eficaz para eliminar as mortes por diarreia, faz-se necessário que seu uso seja universal. Para tanto, incorre-se em gastos com a produção em escala do soro (nos casos em que os ingredientes necessários à sua elaboração precisam ser oferecidos à população) e a oferta de serviços de assistência social e educação sanitária para a aplicação da terapia. Além disso, a terapia somente corrige a desidratação e, portanto, a cura da diarreia eventualmente pode requerer gastos médicos ambulatoriais para consultas, exames e medicamentos.

O somatório destes gastos seria a medida dos gastos médicos e preventivos para evitar morte e morbidade por doenças gastrintestinais.

<sup>16</sup> Os percentuais se reduzem a uma e duas terças partes, respectivamente, se as taxas de retorno forem 5 e 10%.

## 4.2.1 - Procedimentos estimativos

Note-se na Tabela 7 que a incidência de óbitos nos hospitais em relação ao número de internações é bastante baixa (em torno de 5%), só ocorrendo — uma vez que a terapia de reidratação é aplicada nos hospitais — porque o doente só é admitido quando o quadro de desidratação é bastante avançado, com alto risco de morte e fora do alcance da eficácia da terapia. Provavelmente, a mesma percentagem de recuperação registrada nos hospitais poderia ocorrer nos casos das mortes extra-hospitalares. A aplicação universal da terapia é, assim, uma prevenção para o não-agravamento do estado do doente, elimina seu risco de morte e evita a sua internação.

Se a terapia fosse aplicada universalmente, os casos de internação hospitalar não existiriam, mas apenas os serviços ambulatoriais. Logo, o número de internações associadas à poluição seria zero. Além disso, o número de mortes, também na hipótese de aplicação universal do soro, seria praticamente nulo.

Conforme já explicado nas estimativas de perdas na Seção 3, o número de óbitos registrados em hospitais foi expandido para incluir também aqueles ocorridos fora do âmbito hospitalar. Assim, o total dos casos a serem tratados pela terapia seria o somatório dos números de internações mais estes óbitos extra-hospitalares.

Segundo Martines *et alii* (1991), estimativas em diversos países revelam que os custos da terapia variam entre US\$ 0,17 e US\$ 10 por aplicação de soro, incluindo o próprio soro e os gastos para sua administração. Esta variação se deve à escala de adoção da terapia, aos investimentos realizados, ao número de pessoas ocupadas para conduzir os serviços de assistência e à eficiência do próprio sistema. Na falta de um valor mais preciso, optamos pelo custo de US\$ 10, imaginando que este venha a incluir todos os gastos necessários para a universalização da terapia.

Os gastos ambulatoriais serão estimados como o custo médio de internação obtido das estimativas de gastos médicos das perdas ambientais da Seção 3.

## 4.2.2 - Resultados

A Tabela 8 apresenta os resultados dos custos da terapia de reidratação oral assumida como uma *proxy* dos gastos de controle e prevenção das doenças associadas de veiculação hídrica. Os custos totais variaram (a preços de 1980) de US\$ 7,4 milhões a US\$ 14,4 milhões entre 1970 e 1989 e representaram nestes anos apenas 0,0127 e 0,0092% do consumo pessoal. O custo médio implícito pós-aplicação em 1989, por exemplo, foi de US\$ 22.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> Margulis (1991) adotou custo médio de US\$ 16 no caso do México.



TABELA 7

*Dados do Síntese: mortalidade e morbidade*

|   | Valores relativos (%) |        |                       | Óbitos<br>por AIH | Dias de<br>internação<br>por AIH |
|---|-----------------------|--------|-----------------------|-------------------|----------------------------------|
|   | AIH<br>(internações)  | Óbitos | Dias de<br>internação |                   |                                  |
| <b>Shigelose</b>  |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 0,64                  | 1,01   | 0,78                  | 1,82              | 6,16                             |
| 1989  | 0,61                  | 0,64   | 0,73                  | 1,08              | 6,11                             |
| <b>Febre tifóide</b>  |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 0,61                  | 0,43   | 0,79                  | 0,80              | 6,46                             |
| 1989  | 0,72                  | 0,45   | 0,90                  | 0,63              | 6,36                             |
| <b>Infecções intestinais por microrganismos específicos</b> |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 7,23                  | 10,49  | 7,92                  | 1,66              | 5,53                             |
| 1989  | 6,63                  | 8,84   | 7,24                  | 1,37              | 5,57                             |
| <b>Infecções intestinais maldefinidas</b>                   |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 90,84                 | 87,31  | 89,47                 | 1,10              | 4,97                             |
| 1989  | 91,44                 | 89,23  | 90,16                 | 1,00              | 5,03                             |
| <b>Poliomielite</b>   |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 0,05                  | 0,02   | 0,06                  | 0,56              | 6,54                             |
| 1989  | 0,03                  | 0,04   | 0,06                  | 1,29              | 8,92                             |
| <b>Amebíase</b>   |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 0,14                  | 0,02   | 0,13                  | 0,20              | 4,72                             |
| 1989  | 0,12                  | 0,01   | 0,12                  | 0,12              | 4,92                             |
| <b>Esquistossomose</b>                                      |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 0,49                  | 0,71   | 0,86                  | 1,64              | 8,79                             |
| 1989  | 0,45                  | 0,79   | 0,80                  | 1,80              | 9,01                             |
| <b>Total</b>  |                       |        |                       |                   |                                  |
| 1988  | 100,00                | 100,00 | 100,00                | 1,14              | 5,05                             |
| 1989  | 100,00                | 100,00 | 100,00                | 1,03              | 5,10                             |

FONTE: Inamps/Dataprev.

TABELA 8

*Gastos médicos e preventivos de doenças gastrintestinais<sup>a</sup>*

(Dólares de 1980)

| Anos | Custo total <sup>b</sup> | % do consumo pessoal |
|------|--------------------------|----------------------|
| 1970 | 7.410.954                | 0,0127               |
| 1971 | 7.463.147                | 0,0114               |
| 1972 | 9.471.050                | 0,0125               |
| 1973 | 8.625.542                | 0,0091               |
| 1974 | 9.294.614                | 0,0084               |
| 1975 | 9.779.243                | 0,0083               |
| 1976 | 10.338.261               | 0,0080               |
| 1977 | 10.082.711               | 0,0072               |
| 1978 | 10.682.440               | 0,0074               |
| 1979 | 10.684.914               | 0,0068               |
| 1980 | 11.149.469               | 0,0068               |
| 1981 | 12.052.581               | 0,0080               |
| 1982 | 11.720.627               | 0,0072               |
| 1983 | 12.135.238               | 0,0080               |
| 1984 | 12.861.313               | 0,0084               |
| 1985 | 13.316.056               | 0,0084               |
| 1986 | 13.972.375               | 0,0078               |
| 1987 | 13.881.849               | 0,0088               |
| 1988 | 13.913.227               | 0,0097               |
| 1989 | 14.394.092               | 0,0092               |

<sup>a</sup>Somente associadas à poluição hídrica doméstica.<sup>b</sup>Custo do soro e dos serviços de assistência e ambulatoriais.

Comparando estes resultados com os da Tabela 3 de perdas ambientais, observa-se que estes gastos de controle e prevenção representam mais da metade dos gastos médicos ocorridos para tratar estas doenças. Isto demonstra que as estimativas da terapia para estes gastos não estão subestimadas e que representam uma opção mais eficiente para o sistema médico-hospitalar nacional.

Em que pesem as estimativas bastante incipientes aqui adotadas, elas indicam um valor significativamente inferior ao dos serviços ambientais estimados pelos gastos com investimentos em saneamento.

## 5 - Comentários finais

Uma comparação dos valores de serviços e perdas ambientais acima apresentados revela que os valores determinados para serviços com base no custo de capital do déficit de investimentos em saneamento estão próximos dos valores de perdas quando a taxa adotada para ambos for de 5%, conforme mostra a Tabela 9. Neste caso, os serviços excedem as perdas em 50%, percentual relativamente baixo na medida em que as estimativas de perdas representam limites inferiores destes custos. Entretanto, na mesma tabela constata-se que esta diferença é sensível à taxa de desconto e pode se elevar até a 1.300% quando a taxa é de 15%. Este distanciamento reflete o fato de que taxas elevadas representam opções pelo consumo presente. Dessa forma, estas taxas reduzem os valores presentes de custos futuros, como são os valores de produção sacrificada dos óbitos de crianças, e aumentam os custos de serviços ao exigirem um retorno maior para os gastos de capital.

TABELA 9

*Perdas e serviços ambientais do recurso água para uso doméstico no Brasil*

(Dólares constantes de 1980)

|      | Taxa de desconto = 5% |             | Taxa de desconto = 15% |               |
|------|-----------------------|-------------|------------------------|---------------|
|      | Perdas                | Serviços    | Perdas                 | Serviços      |
| 1970 | 127.804.895           | 357.035.179 | 48.294.474             | 1.071.105.536 |
| 1973 | 203.130.169           | 376.984.006 | 69.929.804             | 1.130.952.017 |
| 1976 | 271.181.432           | 430.279.498 | 90.875.521             | 1.290.838.493 |
| 1980 | 196.876.947           | 497.310.838 | 99.077.779             | 1.491.932.515 |
| 1985 | 376.908.862           | 568.543.001 | 123.980.444            | 1.705.629.003 |
| 1989 | 387.880.257           | 600.231.651 | 129.968.651            | 1.800.694.952 |

FONTE: Tabelas 3 e 6.

Todavia, deve-se observar também que estas perdas foram mensuradas com base nos rendimentos médios da população, que se situam em níveis bastante baixos. Esta opção de rendimento foi considerada a mais indicada na medida em que a produção sacrificada a ser mensurada é a de pessoas de baixa renda, sobre as quais justamente há maior incidência destas doenças, por não terem acesso aos serviços de coleta de esgoto ou por habitarem áreas onde há despejo de esgoto sem tratamento. Tal fato reflete igualmente uma questão distributiva.

Entretanto, vale desenvolver um exercício na suposição do surgimento de uma epidemia de cólera de grandes proporções que resultasse em 50 mil casos de óbito com 700 mil internações. Um cálculo com base nas estimativas aqui desenvolvidas duplicaria os valores das perdas ambientais associadas à saúde.

Este simples exercício apenas procura demonstrar que os valores de perdas aqui determinados também não consideram expectativas de grandes surtos epidemiológicos das doenças analisadas, o que, no caso específico da cólera — no momento uma ameaça real —, representaria uma provável elevação drástica nas medidas de perdas ambientais. Outra limitação destas estimativas, já mencionada, refere-se à sua própria abrangência restritiva às perdas associadas à saúde, não incorporando, portanto, outros custos externos ambientais.

Constatou-se, por outro lado, que as estimativas dos serviços ambientais determinadas pelos gastos médicos e preventivos de controle de doenças gastrointestinais apresentaram ao longo do período valores bastante inferiores aos das perdas ambientais associadas à saúde. Dessa forma, torna-se evidente a economicidade das ações de terapia de reidratação oral. Por último, vale ressaltar que os valores estimados para serviços ambientais em termos dos custos de investimento em saneamento no país representariam uma parcela muito pequena (menos de 1% do consumo final das famílias). Esta constatação revela que formas de financiamento podem ser adotadas com base no pagamento efetivo pelos usuários destes serviços ambientais.

## Anexo

TABELA A.1

*Dados do Síntese<sup>a</sup>*

| Ano 1988            | Gasto hospitalar total (cruzeiros correntes) | AIH (total) | Pacientes (total) | Óbitos (total) | Tempo de permanência total (dias) |
|---------------------|--|-------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| Total               | 15.778.109                                   | 715.061     | 711.930           | 8.185          | 3.611.072                         |
| Alagoas             | 186.663                                      | 9.296       | 9.213             | 355            | 64.753                            |
| Amazonas            | 9.726  | 485         | 483               | 13             | 2.676                             |
| Bahia               | 463.607                                      | 24.867      | 24.777            | 853            | 116.824                           |
| Ceará               | 914.949                                      | 44.913      | 44.748            | 706            | 246.295                           |
| Mato Grosso do Sul  | 279.474                                      | 10.525      | 10.489            | 94             | 59.658                            |
| Espírito Santo      | 232.333                                      | 11.455      | 11.388            | 114            | 54.586                            |
| Goiás               | 1.243.280                                    | 48.005      | 47.840            | 134            | 246.967                           |
| Maranhão            | 686.050                                      | 35.914      | 35.902            | 111            | 206.582                           |
| Mato Grosso         | 246.005                                      | 10.795      | 10.752            | 55             | 44.675                            |
| Minas Gerais        | 2.189.186                                    | 109.219     | 108.694           | 1.068          | 541.437                           |
| Pará                | 382.017                                      | 20.108      | 20.077            | 197            | 105.074                           |
| Paraíba             | 333.770                                      | 15.313      | 15.280            | 185            | 83.168                            |
| Paraná              | 1.578.984                                    | 75.821      | 75.613            | 469            | 373.192                           |
| Pernambuco          | 520.337                                      | 26.877      | 26.662            | 465            | 147.723                           |
| Piauí               | 196.851                                      | 8.625       | 8.562             | 110            | 47.752                            |
| Rio de Janeiro      | 837.216                                      | 26.867      | 26.642            | 642            | 161.991                           |
| Rio Grande do Norte | 133.054                                      | 6.201       | 6.176             | 156            | 35.785                            |
| Rio Grande do Sul   | 1.043.493                                    | 43.899      | 43.622            | 220            | 190.986                           |
| Santa Catarina      | 723.568                                      | 33.217      | 33.026            | 210            | 176.564                           |
| São Paulo           | 3.480.854                                    | 148.681     | 148.029           | 1.797          | 679.310                           |
| Sergipe             | 77.378                                       | 3.157       | 3.139             | 229            | 21.773                            |

(continua)

| Ano 1988            | Gasto hospitalar total (cruzeiros correntes) | AIH (total) | Pacientes (total) | Óbitos (total) | Tempo de permanência total (dias) |
|---------------------|--|-------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| Distrito Federal    | 14.066                                       | 571         | 566               | 1              | 1.859                             |
| Acre                | 5.248  | 250         | 250               | 2              | 1.442                             |
| Amapá               | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Rondônia            | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Roraima             | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Tocantins           | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Fernando de Noronha | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Ignorado            | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |

| Ano 1989           | Gasto hospitalar total (cruzeiros correntes) | AIH (total) | Pacientes (total) | Óbitos (total) | Tempo de permanência total (dias) |
|--------------------|--|-------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| Total              | 218.736.384                                  | 700.025     | 696.738           | 7.176          | 3.569.360                         |
| Alagoas            | 2.832.438                                    | 9.574       | 9.514             | 281            | 65.857                            |
| Amazonas           | 107.217                                      | 353         | 353               | 6              | 2.233                             |
| Bahia              | 6.926.136                                    | 24.883      | 24.770            | 730            | 115.108                           |
| Ceará              | 12.972.862                                   | 41.900      | 41.710            | 532            | 229.474                           |
| Mato Grosso do Sul | 3.783.093                                    | 11.667      | 11.628            | 98             | 66.830                            |
| Espírito Santo     | 3.201.702                                    | 11.891      | 11.813            | 102            | 60.441                            |
| Goiás              | 16.898.851                                   | 45.715      | 45.570            | 115            | 239.107                           |
| Maranhão           | 10.022.972                                   | 36.612      | 36.595            | 110            | 211.911                           |
| Mato Grosso        | 4.715.848                                    | 13.549      | 13.505            | 59             | 58.315                            |
| Minas Gerais       | 28.340.270                                   | 103.190     | 102.670           | 916            | 519.531                           |
| Pará               | 7.148.438                                    | 26.083      | 26.042            | 223            | 137.146                           |
| Paraíba            | 6.952.842                                    | 16.284      | 16.244            | 198            | 91.922                            |
| Paraná             | 21.008.696                                   | 72.057      | 71.870            | 528            | 360.882                           |
| Pernambuco         | 9.197.843                                    | 29.679      | 29.439            | 454            | 163.090                           |
| Piauí              | 4.149.511                                    | 11.215      | 10.983            | 86             | 62.683                            |

(continua)

| Ano 1989            | Gasto hospitalar total (cruzeiros correntes) | AIH (total) | Pacientes (total) | Óbitos (total) | Tempo de permanência total (dias) |
|---------------------|--|-------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| Rio de Janeiro      | 12.223.117                                   | 27.793      | 27.626            | 485            | 163.565                           |
| Rio Grande do Norte | 1.673.934                                    | 5.993       | 5.956             | 119            | 32.377                            |
| Rio Grande do Sul   | 15.346.074                                   | 42.302      | 42.000            | 214            | 188.776                           |
| Santa Catarina      | 10.570.489                                   | 34.401      | 34.168            | 198            | 177.273                           |
| São Paulo           | 38.475.544                                   | 129.560     | 129.000           | 1.537          | 593.881                           |
| Sergipe             | 1.071.287                                    | 3.367       | 3.332             | 177            | 20.481                            |
| Distrito Federal    | 225.084                                      | 690         | 684               | 4              | 1.787                             |
| Acre                | 83.209                                       | 284         | 284               | 1              | 1.534                             |
| Amapá               | 28.137                                       | 103         | 103               | 1              | 793                               |
| Rondônia            | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Roraima             | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Tocantins           | 780.790                                      | 880         | 879               | 2              | 4.363                             |
| Fernando de Noronha | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |
| Ignorado            | 0  | 0           | 0                 | 0              | 0                                 |

FONTE: Inamps/Dataprev.

<sup>a</sup>Relativos a cólera, infecções intestinais, febre tifóide, poliomielite, amebíase, esquistossomose e shigelose.

TABELA A.2

*Rendimento médio mensal da PEA*

| Anos | Cruzeiros constantes de 1980 | Cruzeiros antigos correntes |
|------|------------------------------|-----------------------------|
| 1970 | 6.798                        | 273                         |
| 1971 | 7.137                        | 343                         |
| 1972 | 7.706                        | 430                         |
| 1973 | 8.876                        | 565                         |
| 1974 | 9.215                        | 779                         |
| 1975 | 9.582                        | 1.034                       |
| 1976 | 10.004                       | 1.578                       |
| 1977 | 9.763                        | 2.119                       |
| 1978 | 9.522                        | 2.919                       |
| 1979 | 9.280                        | 4.540                       |
| 1980 | 10.096                       | 10.096                      |
| 1981 | 9.099                        | 20.974                      |
| 1982 | 8.642                        | 37.241                      |
| 1983 | 8.185                        | 96.972                      |
| 1984 | 8.861                        | 293.587                     |
| 1985 | 9.909                        | 1.060.103                   |
| 1986 | 13.880                       | 3.112.780                   |
| 1987 | 10.650                       | 9.335.695                   |
| 1988 | 9.783                        | 68.351.393                  |
| 1989 | 11.663                       | 1.072.282.042               |

FONTES: Pesquisas demográficas, Bonelli e Sedlacek (1988) e estimativas dos autores.



TABELA A.3  
Índices percentuais de tratamento de esgotos — 1970/89

| Estados             | 1970 | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979  | 1980  | 1981  | 1982  | 1983  | 1984  | 1985  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Roraima             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Amapá               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Rondônia            | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Amazonas            | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Acre                | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Pará                | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Maranhão            | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Piauí               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Ceará               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Rio Grande do Norte | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 2,67  |
| Paraíba             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Pernambuco          | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Alagoas             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Sergipe             | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  |
| Bahia               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 27,90 | 32,86 | 31,64 | 30,50 | 27,73 | 16,92 | 16,54 | 11,69 | 13,60 | 13,22 | 13,11 |
| Goiás               | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 13,72 | 22,89 | 24,29 | 18,61 | 16,27 | 15,53 | 13,75 |

(continua)

| Estados            | 1970  | 1971  | 1972  | 1973  | 1974  | 1975  | 1976  | 1977  | 1978  | 1979  | 1980  | 1981  | 1982  | 1983  | 1984  | 1985  | 1986  | 1987  | 1988  | 1989  |      |
|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| Mato Grosso        | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 |
| Mato Grosso do Sul | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 11,42 | 9,94  | 17,61 | 17,57 | 15,43 | 14,81 | 14,22 | 15,14 | 14,38 | 15,75 |      |
| Distrito Federal   | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 82,24 | 76,51 | 74,49 | 65,14 | 59,96 | 54,17 | 49,40 | 25,02 | 25,90 | 32,26 | 30,84 | 38,65 | 31,83 | 29,27 |      |
| Minas Gerais       | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 |
| Espírito Santo     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 |
| Rio de Janeiro     | 21,82 | 18,96 | 15,32 | 15,31 | 11,96 | 11,19 | 11,89 | 53,37 | 55,39 | 52,70 | 46,27 | 47,19 | 64,27 | 71,53 | 44,91 | 54,96 | 62,07 | 59,06 | 58,02 | 59,43 |      |
| São Paulo          | 66,59 | 44,92 | 36,29 | 26,79 | 28,34 | 26,51 | 22,18 | 26,23 | 31,26 | 32,81 | 28,29 | 28,85 | 29,34 | 30,62 | 25,82 | 20,43 | 15,84 | 28,62 | 37,93 | 42,92 |      |
| Santa Catarina     | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00 |
| Paraná             | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 22,27 | 22,65 | 18,72 | 22,55 | 18,44 | 15,02 | 13,87 | 12,89 | 11,17 | 10,51 | 9,92  | 9,35  | 8,83  | 8,16  | 7,67  |      |
| Rio Grande do Sul  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 0,00  | 52,13 | 46,30 | 44,61 | 42,76 | 40,97 | 41,77 | 38,50 | 47,61 | 50,58 | 52,14 | 54,36 | 55,94 | 45,30 | 42,48 | 35,08 |      |
| Brasil             | 25,46 | 20,51 | 16,63 | 14,54 | 13,06 | 13,31 | 16,61 | 34,94 | 35,35 | 32,82 | 29,16 | 28,82 | 33,43 | 33,05 | 24,62 | 24,92 | 24,30 | 28,20 | 30,38 | 32,01 |      |

FONTES: Abes (vários anos) e estimativas dos autores.

TABELA A.4

## Condições de esgoto da população urbana – 1970/89

(Em número de habitantes)

| Anos | População urbana <sup>a</sup> | Esgoto coletado | Esgoto tratado | Esgoto não-tratado | Fossa séptica | Outros     | População não-poluidora | População poluidora I | População poluidora II |
|------|-------------------------------|-----------------|----------------|--------------------|---------------|------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| 1970 | 52.084.243                    | 10.531.409      | 2.681.201      | 7.850.208          | 10.692.667    | 30.860.167 | 6.240.067               | 7.133.801             | 38.710.375             |
| 1973 | 59.979.776                    | 20.454.089      | 2.974.791      | 17.479.297         | 12.833.681    | 26.692.006 | 7.408.438               | 8.400.035             | 44.171.303             |
| 1976 | 67.049.556                    | 24.952.084      | 4.143.561      | 20.808.523         | 9.978.290     | 32.119.182 | 6.370.332               | 7.751.519             | 52.927.704             |
| 1978 | 72.901.482                    | 26.788.957      | 9.468.929      | 17.320.028         | 10.674.992    | 35.437.534 | 8.493.805               | 11.650.115            | 52.757.562             |
| 1980 | 80.435.130                    | 28.478.046      | 8.305.261      | 20.172.785         | 15.792.336    | 36.164.748 | 10.664.588              | 13.433.009            | 56.337.533             |
| 1981 | 85.165.014                    | 31.353.889      | 9.035.076      | 22.318.813         | 15.162.035    | 38.649.090 | 10.592.710              | 13.604.402            | 60.967.903             |
| 1982 | 87.254.535                    | 31.073.855      | 10.388.972     | 20.684.883         | 18.312.287    | 37.868.393 | 12.619.134              | 16.082.125            | 58.553.276             |
| 1983 | 89.503.609                    | 33.243.526      | 10.986.736     | 22.256.791         | 18.158.431    | 38.101.652 | 12.741.461              | 16.403.706            | 60.358.442             |
| 1984 | 92.243.913                    | 34.504.651      | 8.496.439      | 26.008.212         | 19.028.307    | 38.710.955 | 12.346.300              | 15.178.446            | 64.719.167             |
| 1985 | 94.767.779                    | 37.821.806      | 9.426.237      | 28.395.569         | 19.007.083    | 37.938.890 | 12.645.620              | 15.787.699            | 66.334.459             |
| 1986 | 98.017.669                    | 41.138.961      | 9.996.768      | 31.142.193         | 18.985.858    | 37.892.850 | 12.825.185              | 16.157.441            | 69.035.043             |
| 1987 | 100.526.402                   | 44.456.116      | 12.536.625     | 31.919.491         | 18.964.634    | 37.105.652 | 13.661.192              | 17.840.067            | 69.025.143             |
| 1988 | 103.202.112                   | 47.773.271      | 14.513.520     | 33.259.751         | 18.943.409    | 36.485.432 | 14.309.545              | 19.147.385            | 69.745.183             |
| 1989 | 106.237.951                   | 51.090.426      | 16.354.045     | 34.736.381         | 18.922.185    | 36.225.340 | 14.912.441              | 20.363.789            | 70.961.721             |

<sup>a</sup>Censos demográficos e PNAD.

TABELA A.5

*Investimentos realizados em esgoto sanitário – 1970/89*

(Dólares constantes de 1980)

| Anos  | Investimento realizado |
|-------|------------------------|
| 1970  | 15.137.816             |
| 1971  | 9.186.225              |
| 1972  | 97.008.022             |
| 1973  | 127.201.876            |
| 1974  | 185.885.069            |
| 1975  | 173.202.185            |
| 1976  | 155.668.220            |
| 1977  | 189.752.260            |
| 1978  | 271.114.530            |
| 1979  | 291.431.794            |
| 1980  | 242.322.757            |
| 1981  | 267.446.349            |
| 1982  | 247.237.906            |
| 1983  | 157.040.773            |
| 1984  | 84.790.971             |
| 1985  | 163.205.342            |
| 1986  | 236.370.678            |
| 1987  | 298.999.232            |
| 1988  | 297.896.726            |
| 1989  | 170.483.885            |
| Total | 3.681.382.615          |

FONTES: BNH (vários anos) e CEF (vários anos).

## Abstract

*Costs due to the use of environmental goods and services are not fully accounted into income measures. This study is an attempt to estimate costs stemming from of household water uses in the urban areas of Brazil and their relationship to household final consumption values. Since these estimations are not straight forward, two methods were adopted. One considers the health costs associated to water degradation while other determines the investments required to avoid these damages. The results will also contribute to the economic analysis of sanitation services in the country.*

## Bibliografia

- ABES. *Catálogo brasileiro de engenharia sanitária e ambiental*. Rio de Janeiro, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, vários anos.
- AHMAD, Y. *et alii*. *Environmental and natural resource accounting and their relevance to the measurement of sustainable development*. The World Bank/Unep, 1988.
- BARTELMUS, P. *et alii*. *Integrated environmental and economic accounting: a case study for Papua New Guinea*. The World Bank, July 1992 (Environmental Working Paper, 54).
- BIO. *Revista da Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental*, ano 2, n.2, abr./jun. 1990. Encarte especial.
- BNH. *Planasa: aplicações e resultados*. Banco Nacional da Habitação/Cosan, s.d.
- BONELLI, R., SEDLACEK, G. *Distribuição de renda: evolução no último quarto de século*. Rio de Janeiro, IPEA, jun. 1988 (Texto para Discussão Interna, 145).
- BRADLEY, D. *et alii*. *Relative health impacts of environmental problems in areas of developing countries*. The World Bank, draft, Sept. 1990.
- CEF. *Planilha de investimentos realizados em esgotos sanitários*. Brasília, vários anos, mimeo.
- FREEMANN III, A.M. *Air and water pollution control: a benefit-cost assessment*. New York, Wiley, 1982.
- HARTWICK, J.M., HAGEMAN, A.P. *Economic depreciation of mineral stocks and the contribution of El Serafy*. The World Bank, July 1991, mimeo.
- IBGE. *Censo demográfico*. Rio de Janeiro, vários anos.
- . *PNAD – Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios*. Rio de Janeiro, vários anos.

- . *Brasil: sistema de contas nacionais consolidadas*. Rio de Janeiro, 1989 (Texto para Discussão, 10).
- . *Contas consolidadas para a nação: atualização para 1990*. Rio de Janeiro, jul. 1991, mimeo.
- KNEESE, A.V. *Measuring the benefits of clean air and water*. Washington, D.C., Resources for the Future Inc., 1984.
- MARGULIS, S. *Back-of-the-envelope estimates of environmental damages costs in Mexico*. The World Bank, Nov. 1991, mimeo.
- MARTINES, J. *et alii*. *Health sector priorities review*. The World Bank/Population and Human Resources Department, Apr. 1991.
- MISHAN, E. The value of trying to value a life. *Journal of Public Economics*, v.15, 1981.
- MOTTA, R.S. da. *Estimativas de preços econômicos no Brasil*. Rio de Janeiro, IPEA, jun. 1988 (Texto para Discussão Interna, 143).
- . *Uma proposta metodológica para estimativas de contas ambientais no Brasil*. Rio de Janeiro, IPEA, 1991 (Relatório Interno, 4).
- MOTTA, R.S. da, MAY, P.H. *Loss in forest resource values due to agricultural land conversion in Brazil*. Rio de Janeiro, IPEA, 1992 (Texto para Discussão, 248).
- MOTTA, R.S. da, YOUNG, C.E.F. *Recursos naturais e contabilidade social: a renda sustentável da extração mineral no Brasil*. Rio de Janeiro, IPEA, 1991 (Texto para Discussão, 231).
- RIDKER, R.G. *Economic costs of air pollution: studies in measurement*. Praeger, 1967.
- SILVEIRA, S.S., SANT'ANNA, F.S.P. Poluição hídrica. In: MARGULIS, S. (ed.). *Meio ambiente: aspectos técnicos e econômicos*. Brasília, IPEA/PNUD, 1990.
- TONGEREN, J.U. *et alii*. *Integrated environmental and economic accounting: a case study for Mexico*. The World Bank, Dec. 1991 (Environmental Working Paper, 50).
- VAUGHAN, W.J., RUSSEL, C.S. *Freshwater recreational fishing: the national benefits of water pollution control*. Washington, D.C., Resources for the Future Inc., 1982.

(Originais recebidos em julho de 1992. Revistos em março de 1993.)