

TEXTO PARA DISCUSSÃO N° 1084

DEMANDA POR ÁGUA E CUSTO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA NAS INDÚSTRIAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

**José Féres
Alban Thomas
Arnaud Reynaud
Ronaldo Seroa da Motta**

Rio de Janeiro, abril de 2005

TEXTO PARA DISCUSSÃO Nº 1084

DEMANDA POR ÁGUA E CUSTO DE CONTROLE DA POLUIÇÃO HÍDRICA NAS INDÚSTRIAS DA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL *

José Féres**

Alban Thomas***

Arnaud Reynaud***

Ronaldo Seroa da Motta**

Rio de Janeiro, abril de 2005

* Este estudo é parte do projeto "Análise da estrutura de demanda de recursos hídricos para usos agrícola, doméstico e industrial: uma aplicação à bacia do Rio Paraíba do Sul", financiado com recursos do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro-CNPq) e do Programa Nacional de Apoio à Administração Fiscal para os Estados (convênio PNUD BRA/97/032). Os autores agradecem o apoio recebido da Federação de Indústria do Estado de Minas Gerais (Fiemg), da Federação de Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e da Federação de Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan), que forneceram cartas de apresentação que em muito facilitaram o contato com os entrevistados na pesquisa de campo. Agradecem também, particularmente, a Angelo Albiero Filho, André Carvalho e Anícia Pio (Fiesp), Luís Azevedo e Ivan Mello e Silva (Firjan) e Wagner Costa e Francisco Campolina (Fiemg). Somos especialmente gratos a Anícia Pio e André Carvalho (Fiesp), pelo apoio e estímulo desde a fase inicial do projeto. As valiosas sugestões de João Rodrigues (Cervejarias Kaiser) em muito contribuíram para o desenvolvimento e aperfeiçoamento do questionário da pesquisa. O eficiente trabalho desempenhado pela empresa Quest, responsável pela aplicação dos questionários, também foi de extrema importância para o sucesso dos trabalhos de campo.

** Coordenador de Estudos de Mercado e Regulação do IPEA.

*** Do LEERNA-INRA, Université de Toulouse.

Governo Federal

Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão

Ministro – Paulo Bernardo Silva

Secretário-Executivo – Nelson Machado



Fundação pública vinculada ao Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, o IPEA fornece suporte técnico e institucional às ações governamentais, possibilitando a formulação de inúmeras políticas públicas e programas de desenvolvimento brasileiro, e disponibiliza, para a sociedade, pesquisas e estudos realizados por seus técnicos.

Presidente

Glauco Arbix

Diretora de Estudos Sociais

Anna Maria T. Medeiros Peliano

Diretor de Administração e Finanças

Celso dos Santos Fonseca

Diretor de Cooperação e Desenvolvimento

Luiz Henrique Proença Soares

Diretor de Estudos Regionais e Urbanos

Marcelo Piancastelli de Siqueira

Diretor de Estudos Setoriais

Mario Sergio Salerno

Diretor de Estudos Macroeconômicos

Paulo Mansur Levy

Chefe de Gabinete

Persio Marco Antonio Davison

Assessor-Chefe de Comunicação

Murilo Lôbo

URL: <http://www.ipea.gov.br>

Ouvidoria: <http://www.ipea.gov.br/ouvidoria>

ISSN 1415-4765

JEL Q21, Q25, Q28, Q52

TEXTO PARA DISCUSSÃO

Uma publicação que tem o objetivo de divulgar resultados de estudos desenvolvidos, direta ou indiretamente, pelo IPEA e trabalhos que, por sua relevância, levam informações para profissionais especializados e estabelecem um espaço para sugestões.

As opiniões emitidas nesta publicação são de exclusiva e inteira responsabilidade dos autores, não exprimindo, necessariamente, o ponto de vista do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada ou do Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão.

É permitida a reprodução deste texto e dos dados contidos, desde que citada a fonte. Reproduções para fins comerciais são proibidas.

A produção editorial desta publicação contou com o apoio financeiro do Fundo Setorial de Recursos Hídricos (CT-Hidro-CNPq) e do Programa de Apoio à Administração Fiscal para os Estados (Convênio PNUD BRA/97/032).

SUMÁRIO

SINOPSE

ABSTRACT

1 INTRODUÇÃO 1

2 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA 2

3 CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA 5

4 A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL 15

5 AVALIAÇÃO ECONOMÉTRICA DO IMPACTO DA COBRANÇA
PELO USO DA ÁGUA SOBRE OS USUÁRIOS INDUSTRIAIS 21

6 ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO 31

7 CONCLUSÃO 37

APÊNDICE 39

BIBLIOGRAFIA 52

SINOPSE

Este trabalho tem por objetivo apresentar os resultados da “Pesquisa sobre Utilização de Água pelos Estabelecimentos Industriais na Bacia do Paraíba do Sul”. Esta pesquisa levantou informações sobre 488 plantas industriais instaladas na bacia em questão e teve um duplo objetivo: *a)* fornecer uma caracterização geral do papel da água nos estabelecimentos industriais; e *b)* avaliar os impactos financeiros e ambientais decorrentes da introdução da cobrança pelo uso da água na bacia, através da análise do comportamento da demanda de água dos usuários industriais e da estimação dos custos de controle de poluição. Os resultados do modelo de demanda sugerem que a cobrança pelo uso da água na bacia do Rio Paraíba do Sul pode alcançar resultados satisfatórios em termos de economia de água e, ao mesmo tempo, não acarretar aumento de custo expressivo para os usuários industriais. Por outro lado, as estimações do custo marginal de tratamento de efluentes mostram-se bem superiores ao atual valor da cobrança por diluição de efluentes na bacia. Isso indica que a cobrança, pelo menos nesse período inicial de sua implementação, não será um mecanismo eficaz de incentivo à adoção de medidas de controle de poluição hídrica na bacia.

ABSTRACT

This article aims at presenting the results of the “Survey of Industrial Water Use at the Paraíba do Sul River Basin”. This survey collected data about 488 industrial facilities located in the river basin area. The survey had the following goals: *a)* providing a general characterization of the role of water in industrial plants; and *b)* assessing the financial and environmental impacts of the implementation of water charges in the basin, through the analysis of firms’ water demand behaviour and effluent treatment costs. Results suggest that water charges may attain satisfactory results in terms of water resources conservation while not implying in significant cost increases to the firms. On the other hand, marginal treatment cost estimations are far above the proposed charge levels for effluent discharge. This indicates that, at least during the initial implementation period, water charges will not be an effective mechanism to induce firms to undertake pollution control measures.

1 INTRODUÇÃO

Apesar da crescente participação da indústria na demanda total de água¹ e do impacto causado pelo lançamento de efluentes nas bacias hidrográficas, o papel da água no setor industrial ainda é um assunto pouco estudado no Brasil. Tal fato pode ser explicado pela limitada disponibilidade de dados consistentes sobre o uso da água no setor. As escassas informações existentes baseiam-se em cadastros de usuários pouco confiáveis. Ademais, essas informações encontram-se dispersas nos diversos órgãos estaduais de recursos hídricos e de meio ambiente, não se dispondo de uma consolidação de abrangência nacional. Esses fatores são, assim, um obstáculo para a efetiva caracterização das indústrias em termos de uso de água e aporte de poluentes às bacias.

Entretanto, a caracterização do uso industrial da água é de fundamental importância para se avaliar o impacto de políticas de gestão de recursos hídricos sobre o setor. Essa avaliação mostra-se ainda mais necessária no contexto das reformas iniciadas com a promulgação da Lei 9.433, de 8 de janeiro de 1997, que instituiu a Política Nacional de Recursos Hídricos. Dentre as numerosas inovações por ela introduzidas, inclui-se a adoção do instrumento de cobrança pelo uso da água e pela poluição gerada, segundo os princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador. A primeira experiência com a cobrança começou em março de 2003 na bacia do rio Paraíba do Sul e, tão logo sejam aprovadas as leis regulamentando a questão, a implementação da cobrança deve se estender a outras bacias hidrográficas. Nesse contexto, a falta de conhecimento sobre o papel da água na indústria torna-se ainda mais grave, uma vez que pode acarretar sérios erros de avaliação quanto aos impactos financeiros e ambientais da cobrança sobre os usuários industriais.

Em vista dessas considerações, o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA-Rio), com a colaboração do Institut National de Recherche Agronomique (INRA), decidiu realizar a “Pesquisa sobre Utilização de Água pelos Estabelecimentos Industriais na Bacia do Paraíba do Sul”. A pesquisa levantou informações sobre 488 estabelecimentos industriais instalados na bacia do rio Paraíba do Sul e teve um duplo objetivo: *a)* fornecer uma caracterização geral do papel da água nos estabelecimentos industriais; e *b)* avaliar os impactos financeiros e ambientais decorrentes da introdução da cobrança pelo uso da água na bacia, através da análise do comportamento da demanda de água dos usuários industriais e da estimação dos custos de controle de poluição.

Este trabalho tem por objetivo apresentar e discutir os resultados dessa pesquisa. O trabalho está dividido em sete seções, incluindo esta introdução. A Seção 2 refere-se à apresentação geral da pesquisa. Nela é discutida a questão da representatividade da amostra e descreve-se o questionário aplicado. A Seção 3 trata da caracterização do uso da água nos estabelecimentos pesquisados. São apresentados e analisados os resultados sobre captação, pré-tratamento, uso principal, reúso e descarte de água nas plantas industriais. A Seção 4 trata especificamente da questão da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul. Em particular, procura-se avaliar a postura dos usuários industriais diante da introdução desse novo instrumento de gestão de

1. De acordo com estimações realizadas pelo Ministério da Saúde em 1995, citadas no Plano Nacional de Recursos Hídricos, o uso industrial representa 12% da demanda total de água.

recursos hídricos. A Seção 5 estima os potenciais impactos financeiros da cobrança sobre os usuários industriais e analisa de que maneira os mesmos reagem ao aumento do preço da água decorrente da cobrança. A Seção 6 apresenta os resultados da estimação do custo marginal de tratamento de efluentes dos estabelecimentos. A Seção 7 conclui o trabalho.

2 APRESENTAÇÃO DA PESQUISA

A “Pesquisa sobre Utilização de Água pelos Estabelecimentos Industriais na Bacia do Paraíba do Sul” coletou informações sobre 488 estabelecimentos industriais instalados na bacia do rio Paraíba do Sul. O levantamento de campo foi realizado através de entrevistas telefônicas com os responsáveis pelas áreas ambiental e financeira dos estabelecimentos, tendo sido os questionários previamente enviados aos mesmos. Os trabalhos de campo foram conduzidos pela empresa de pesquisas de mercado Quest durante os meses de setembro de 2003 e janeiro de 2004. Todas as demais atividades — elaboração do questionário, seleção da amostra e análise estatística dos dados — ficaram a cargo do IPEA-Rio e do INRA.

2.1 QUESTIONÁRIO

O questionário foi dividido em nove seções, que são apresentadas resumidamente a seguir.² O questionário completo pode ser consultado no Apêndice.

As seções I e II tratam da identificação e da caracterização econômica dos estabelecimentos. As informações econômicas foram selecionadas tendo em vista as seguintes questões: *a*) evidenciar as relações entre o uso da água e as medidas de atividade econômica; *b*) dimensionar o custo relativo da água em relação às despesas totais dos estabelecimentos; e *c*) avaliar de que modo a água se articula com os demais insumos de produção.

As seções IV a IX referem-se especificamente ao papel da água nos estabelecimentos e à questão da cobrança. Na caracterização do uso da água na indústria, procurou-se levar em conta a complexidade e as especificidades inerentes ao setor, marcado por uma grande heterogeneidade em relação aos padrões de utilização da água.

Essa heterogeneidade se manifesta em diferentes aspectos. Em primeiro lugar, os usuários industriais variam em relação à forma de abastecimento de água. Enquanto uma expressiva proporção de plantas industriais capta água por conta própria, outras recorrem à rede de abastecimento pública. Como estudos recentes observaram diferenças marcantes nas características da utilização da água segundo a fonte de abastecimento, o questionário apresenta seções distintas para usuários abastecidos pela rede pública (seção IV) e com captação própria (seção V). Em segundo lugar, a água na indústria pode servir a vários propósitos. Ela é utilizada, por exemplo, como insumo no processo produtivo ou simplesmente para fins sanitários. Dependendo do uso ao qual ela se destina, os estabelecimentos industriais podem ser levados a investir na melhoria da qualidade da água captada antes de sua efetiva utilização (pré-

2. Omite-se a apresentação da seção III do questionário, que não está relacionada diretamente aos objetivos deste projeto. Essa seção aborda questões referentes à *performance* ambiental das empresas e ao processo de licenciamento ambiental.

tratamento). A variedade de aplicações da água na indústria resulta ainda em impactos ambientais diferenciados em termos de qualidade e quantidade de recursos hídricos, o que gera a necessidade de graus variados de controle da poluição. Por fim, as empresas podem investir na reuso da água, reduzindo suas necessidades de captação, bem como o volume de efluentes lançados nos corpos hídricos.

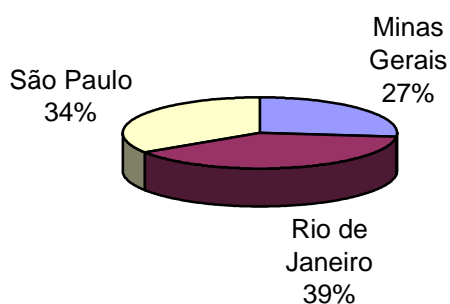
Para uma caracterização adequada do uso da água no setor industrial, capaz de incorporar as diversas dimensões da utilização da água e as particularidades do setor, foram recolhidas informações sobre cinco aspectos: a captação, o pré-tratamento e o uso principal da água nos estabelecimentos (seções IV e V); a recirculação (seção VII) e o descarte de águas residuárias (seção VIII).

A questão da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul é abordada na seção VI. Em particular, procura-se avaliar a receptividade dos usuários à implementação desse instrumento de gestão na bacia e o potencial da cobrança como mecanismo de incentivo ao uso racional da água. A seção IX encerra o questionário com informações sobre investimentos planejados em conservação/reuso de água e tratamento de efluentes.

2.2 AMOSTRA

A amostra, composta por 488 estabelecimentos localizados na região da bacia, foi selecionada a partir dos cadastros industriais das três federações de indústrias atuantes na região: a Federação de Indústria do Estado de Minas Gerais (Fiemg), a Federação de Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp) e a Federação de Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (Firjan). A distribuição geográfica desses estabelecimentos é apresentada no Gráfico 1.

GRÁFICO 1
DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA DA AMOSTRA POR UNIDADE DA FEDERAÇÃO



A seleção da amostra procurou preservar as características da estrutura produtiva da região da bacia do Paraíba do Sul, de modo a refletir sua composição setorial e a distribuição do porte dos estabelecimentos segundo o número de empregados.

A Tabela 1 mostra a distribuição da amostra por setor de atividade segundo a classificação CNAE a dois dígitos. Comparando-se os dados da tabela com as informações sobre o parque industrial relatadas no Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Rio Paraíba do Sul [Fundação Coppetec (2002)], é possível afirmar que a amostra representa adequadamente a estrutura diversificada do parque industrial da

bacia. A importância relativa na amostra de estabelecimentos ligados aos setores de alimentos e bebidas, têxtil e de vestuário e de metalurgia e fabricação de artigos de metal reflete o destacado papel exercido por essas atividades na bacia.

TABELA 1
COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO O SETOR DE ATIVIDADE

Código CNAE	Atividade	Número de estabelecimentos	Proporção da amostra (%)
15	Alimentos e bebidas	65	13,3
16	Produtos do fumo	2	0,4
17	Produtos têxteis	34	7,0
18	Vestuário e acessórios	61	12,5
19	Couro e calçados	5	1,0
20	Produtos de madeira	7	1,4
21	Papel e celulose	7	1,4
22	Edição e impressão	13	2,7
23	Refino de petróleo, produção de álcool	1	0,2
24	Produtos químicos	30	6,2
25	Artigos de borracha e plástico	30	6,2
26	Produtos minerais não-metálicos	32	6,6
27	Metalurgia básica	22	4,5
28	Produtos de metal	55	11,3
29	Máquinas e equipamentos	29	5,9
30	Máquinas para escritório e equipamentos de informática	1	0,2
31	Máquinas e material elétrico	5	1,0
32	Material eletrônico e de comunicações	10	2,1
33	Instrumentos de precisão e automação	2	0,4
34	Veículos automotores	16	3,3
35	Equipamentos de transporte	5	1,0
36	Móveis e indústrias diversas	54	11,1
37	Reciclagem de sucata	2	0,4
Total		488	100,0

A Tabela 2 apresenta a distribuição da amostra segundo o total de empregados. Observa-se que 77% dos estabelecimentos pesquisados possuem menos de 100 empregados, 18% possuem entre 100 e 500 empregados e os demais 5% empregam mais de 500 pessoas. A distribuição da amostra parece refletir satisfatoriamente a predominância dos estabelecimentos de pequeno e médio portes na bacia do rio Paraíba do Sul. Segundo os dados publicados no Plano de Recursos Hídricos, mais de 95% do total de estabelecimentos instalados na bacia possuem menos de 500 empregados.

TABELA 2
COMPOSIÇÃO DA AMOSTRA POR PORTE DE ESTABELECIMENTO

Total de empregados	Número de estabelecimentos	Total da amostra (%)
Menos de 100	378	77,50
Entre 100 e 500	86	17,60
Mais de 500	24	4,92
Total	488	100,00

3 CARACTERIZAÇÃO DO USO DA ÁGUA

Nesta seção procura-se caracterizar o uso da água nos estabelecimentos industriais pesquisados. A utilização da água foi analisada em termos de cinco parâmetros: captação, pré-tratamento, recirculação, uso principal e descarte de efluentes.³

Para facilitar a análise dos resultados e evitar a possibilidade de identificação de estabelecimentos pertencentes a atividades cujo número de entrevistas foi reduzido, os setores CNAE apresentados na Tabela 1 foram agregados em 11 setores: alimentos e bebidas (incluindo fumo); têxtil; vestuário, calçados e acessórios; madeira, borracha e plástico; papel e celulose; química (incluindo petroquímica); minerais não-metálicos; metalurgia; máquinas e equipamentos; material de transporte (veículos e autopeças) e outras.

Já nas análises segundo o tamanho dos estabelecimentos, foram considerados estabelecimentos de pequeno porte aqueles que empregam menos de 100 funcionários. Estabelecimentos que possuem entre 100 e 500 empregados foram classificados como de médio porte, enquanto os que possuem mais de 500 empregados foram considerados de grande porte.

3.1 ABASTECIMENTO DE ÁGUA

Conforme já mencionado, os usuários industriais podem optar entre a captação de água por conta própria ou a conexão à rede pública. O Gráfico 2 mostra a distribuição da amostra em relação à fonte de abastecimento. Pouco mais da metade dos estabelecimentos pesquisados (52%) utiliza exclusivamente água da rede pública; 1/3 se abastece apenas por captação própria, enquanto 15% recorrem às duas formas.

A decisão entre a captação própria ou o abastecimento de água via rede pública parece estar diretamente relacionada ao porte dos estabelecimentos, conforme se observa na Tabela 3. As empresas de pequeno porte são, em geral, pequenos usuários e tendem a utilizar água da rede pública. A opção dos pequenos usuários pela rede pública pode ser explicada pelos altos custos envolvidos na construção de sistemas de captação próprios. Já a escala de operação de empresas de maior porte em geral implica a utilização de volumes mais significativos de água, justificando os custos de investimento em sistemas de captação. A opção dos grandes usuários pela captação direta da água está claramente expressa no comportamento dos estabelecimentos de

3. Essa decomposição foi adotada por Tate e Scharf (1995) e Scharf *et alii* (2002) para analisar o uso industrial da água no Canadá.

grande porte da amostra. Todos possuem sistema de captação próprio, enquanto menos de 20% utilizam água proveniente da rede pública.

GRÁFICO 2
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA QUANTO À FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

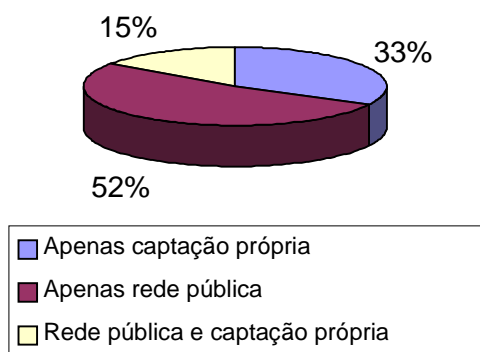


TABELA 3
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA QUANTO À FORMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA, SEGUNDO PORTE DOS ESTABELECIMENTOS

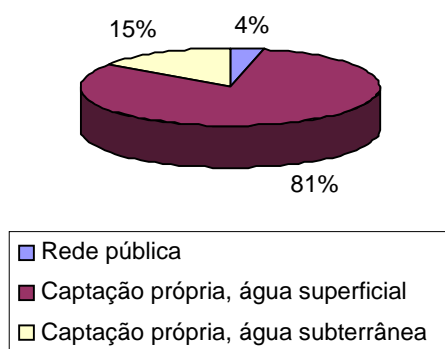
	Rede pública			Captação própria		
	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte
Sim	276	48	4	155	56	24
Não	102	38	20	223	30	0

A análise da Tabela 4, que registra os volumes de água demandados pelos estabelecimentos em 2002, reafirma essa relação entre o porte do usuário e a forma de abastecimento em água. Apesar de a maioria dos estabelecimentos pesquisados utilizar exclusivamente a água proveniente da rede pública, esse volume representa uma parcela pouco expressiva da demanda total. Conforme se observa na tabela, a demanda de água dos estabelecimentos totalizou aproximadamente 32.313.175 m³ em 2002. Desse volume, aproximadamente 1,2 milhão de metros cúbicos foram provenientes da rede pública, o que corresponde a 3,6% do volume total. Esse baixo percentual mostra que a água da rede pública atende, sobretudo, aos pequenos usuários, com os grandes usuários recorrendo à captação própria.

TABELA 4
VOLUMES DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA SEGUNDO FONTE DE ABASTECIMENTO

Setor de atividade	Rede pública		Captação própria				Volume total de captação (m ³)
	Volume (m ³)	Número de estabelecimentos	Água superficial volume (m ³)	Água subterrânea volume (m ³)	Volume total de captação própria (m ³)	Número de estabelecimentos	
Alimentos e bebidas	545.066	47	5.227.352	715.714	5.943.066	36	6.488.132
Têxtil	41.252	18	3.914.066	315.271	4.229.337	23	4.270.589
Vestuário, calçados e acessórios	141.873	54	7.242	35.514	42.756	16	184.629
Madeira, borracha e plástico	110.061	23	11.120	28.907	40.027	16	150.088
Papel e celulose	33.222	5	6.390.582	180	6.390.762	4	6.423.984
Química	35.951	17	1.397.606	837.628	2.235.234	19	2.271.185
Minerais não-metálicos	11.652	13	231.635	387.543	619.178	27	630.830
Metalurgia	76.848	55	8.838.580	427.111	9.265.691	35	9.342.539
Máquinas e equipamentos	51.880	30	195.120	1.246.780	1.441.900	18	1.493.780
Material de transporte	48.724	11	26.784	713.844	740.628	14	789.352
Outras	75.709	55	13.132	179.228	192.360	27	268.068
Total	1.172.236	328	26.253.219	4.887.720	31.140.939	235	32.313.175

GRÁFICO 3
DISTRIBUIÇÃO DO VOLUME DE ÁGUA CAPTADO SEGUNDO A FONTE DE ABASTECIMENTO



3.2 PRÉ-TRATAMENTO

Um número relativamente pequeno de estabelecimentos realiza algum tipo de pré-tratamento da água. A Tabela 5 mostra que apenas 25 plantas que utilizam a água da rede pública fazem pré-tratamento, o que corresponde a 7,6% dos usuários industriais ligados à rede. Esse baixo percentual justifica-se pelo fato de a água da rede pública já possuir um padrão de qualidade satisfatório para a maioria das aplicações industriais. Os estabelecimentos que afirmaram fazer pré-tratamento da água da rede pública são, em sua maioria, ligados aos setores químico e de alimentos e bebidas, que se caracterizam pelo alto grau de qualidade da água necessário à elaboração de seus produtos. Os tipos predominantes de pré-tratamento são a filtração e a cloração/desinfecção.

TABELA 5
VOLUMES DE ÁGUA PRÉ-TRATADOS, ESTABELECIMENTOS ABASTECIDOS POR ÁGUA PROVENIENTE DA REDE PÚBLICA

Setor de atividade	Número de estabelecimentos	Volume pré-tratado (m ³)
Alimentos e bebidas	14	338.782
Têxtil	0	-
Vestuário, calçados e artigos de couro	0	-
Madeira, borracha e plástico	2	7.500
Papel e celulose	1	21.000
Química	6	16.743
Minerais não-metálicos	0	-
Metalurgia	1	288
Máquinas e equipamentos	0	-
Material de transporte	0	-
Outras	1	3.372
Total	25	387.685

TABELA 6
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO TIPOS DE PRÉ-TRATAMENTO ADOTADOS, ESTABELECIMENTOS ABASTECIDOS POR ÁGUA PROVENIENTE DA REDE PÚBLICA

	Filtração	Cloração e desinfecção	Decantação	Controle de corrosão	Controle de dureza e alcalinidade	Desmineralização	Outros
Sim	20	8	2	0	4	4	1
Não	5	17	23	25	21	21	24

Já a prática do pré-tratamento é mais comum nas plantas que captam água por conta própria, uma vez que a água bruta captada diretamente dos corpos hídricos possui um nível de qualidade inferior ao fornecido pelas companhias de abastecimento. Um terço dos estabelecimentos com sistemas de captação própria utiliza algum processo de pré-tratamento, como mostra a Tabela 7. Além dos setores químico e de alimentos e bebidas, merecem destaque os setores têxtil e metalúrgico. Um total de 19.205.089 m³ passam por algum tipo de pré-tratamento.

TABELA 7
VOLUMES DE ÁGUA PRÉ-TRATADOS, ESTABELECIMENTOS COM CAPTAÇÃO PRÓPRIA

Setor de atividade	Número de estabelecimentos	Volume pré-tratado (m ³)
Alimentos e bebidas	24	2.084.180
Têxtil	10	1.635.161
Vestuário, calçados e artigos de couro	2	2.160
Madeira, borracha e plástico	3	11.660
Papel e celulose	3	4.806.982
Química	10	1.283.578
Minerais não-metálicos	5	466.990
Metalurgia	12	7.754.982
Máquinas e equipamentos	5	1.153.932
Material de transporte	2	4.744
Outros	2	720
Total	78	19.205.089

TABELA 8
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO TIPOS DE PRÉ-TRATAMENTO ADOTADOS, ESTABELECIMENTOS COM CAPTAÇÃO PRÓPRIA

	Filtragem	Cloração e desinfecção	Decantação	Controle de corrosão	Controle de dureza e alcalinidade	Desmineralização	Outros
Sim	59	56	40	23	36	19	7
Não	19	22	38	55	42	59	71

3.3 USO PRINCIPAL

Como já discutido, o uso da água na indústria pode se prestar a múltiplos fins. Ela é utilizada, por exemplo, como insumo no processo produtivo, para o resfriamento de produtos e máquinas ou simplesmente para fins sanitários.

A Tabela 9 apresenta o uso principal dado à água nos estabelecimentos pesquisados. Um ponto interessante a ser observado é que, enquanto a água da rede pública é usada principalmente para fins sanitários, na maior parte dos estabelecimentos dotados de sistemas de captação própria o uso principal da água está ligado mais diretamente ao processo de produção.

TABELA 9
USO PRINCIPAL DA ÁGUA NOS ESTABELECIMENTOS

Uso principal	Água da rede		Captação própria	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Matéria-prima	59	18	100	43
Resfriamento de máquinas e peças	9	3	23	10
Geração de vapor	1	0	7	3
Fluido auxiliar	8	2	7	3
Uso sanitário e outros	251	77	98	42

Essa distinção quanto à finalidade do uso da água proveniente da rede pública e da captada diretamente dos corpos hídricos fica mais clara ao se restringir a análise aos estabelecimentos que recorrem a ambas as fontes de abastecimento. De fato, como se observa na Tabela 10, nesses estabelecimentos o uso da água da rede pública é, predominantemente, para fins sanitários. Já a água captada diretamente dos corpos hídricos é utilizada como insumo produtivo ou para fins de geração de vapor/resfriamento. Esses resultados sugerem que a água proveniente da rede pública e aquela captada diretamente dos corpos hídricos são utilizadas para fins distintos dentro do mesmo estabelecimento, indicando um certo grau de complementaridade entre as duas fontes de abastecimento. Resultado semelhante foi obtido por Reynaud (2002) ao analisar o uso da água nas indústrias francesas.

TABELA 10
USO PRINCIPAL DA ÁGUA, ESTABELECIMENTOS CONECTADOS À REDE PÚBLICA E COM CAPTAÇÃO PRÓPRIA

Uso principal	Água da rede		Captação própria	
	Número de estabelecimento	(%)	Número de estabelecimento	(%)
Matéria-prima	18	24	38	51
Resfriamento de máquinas e peças	1	1	5	7
Geração de vapor	1	1	6	8
Fluido auxiliar	6	8	3	4
Uso sanitário e outros	49	65	23	31

3.4 REÚSO

A reúso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reaproveitada para o mesmo ou outro fim. A quantificação do volume de água reutilizado envolve dificuldades, principalmente devido à ausência de registro detalhado dos processos empregados. Poucos estabelecimentos pesquisados souberam estimar o volume total de reúso de água, gerando resultados pouco satisfatórios. Procurou-se, então, registrar apenas a proporção da água captada que vem a ser reutilizada nos estabelecimentos. Essa proporção não deve ser interpretada como a medida precisa da economia total de água resultante da reúso, uma vez que essa economia estará subestimada se essa água estiver sendo reutilizada várias vezes. O percentual da água captada que é reaproveitada deve ser visto como uma medida da economia mínima de água, caso ela seja reutilizada apenas uma vez.

Um total de 67 estabelecimentos pesquisados (14% da amostra) afirmou reutilizar água. A Tabela 11 mostra que proporção de estabelecimentos que adotam essa prática tende a aumentar de acordo com o porte das plantas industriais. Dessa forma, apenas 41 dos 378 estabelecimentos de pequeno porte reutilizam água. Já entre os de grande porte, essa prática é mais disseminada, com metade dos estabelecimentos reutilizando água.

TABELA 11
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO A PRÁTICA DE REÚSO DA ÁGUA

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Sim	41	10,85	14	16,28	12	50
Não	337	89,15	72	83,72	12	50

Do volume total de 32.313.175 m³ captados, 8.163.895 m³ são reutilizados.⁴ A Tabela 12 apresenta os volumes reutilizados segundo o porte da planta. Como esperado, os estabelecimentos de médio e grande portes respondem pela quase totalidade da água reutilizada. Em relação aos setores de atividade, a Tabela 13 indica

4. Esse volume baseia-se na resposta de 53 estabelecimentos, uma vez que outros 14 estabelecimentos que afirmaram fazer reutilização da água não souberam informar os volumes envolvidos.

que a metalurgia destaca-se tanto em termos de número de estabelecimentos quanto pelo volume reutilizado.⁵

TABELA 12
VOLUME DE ÁGUA REUTILIZADO SEGUNDO O PORTE DOS ESTABELECIMENTOS

Porte do estabelecimento	Número de estabelecimentos	Volume reutilizado (m ³)
Pequeno porte	32	193.701
Médio porte	11	4.572.195
Grande porte	10	3.397.999

TABELA 13
VOLUME DE ÁGUA REUTILIZADO, SEGUNDO O SETOR DE ATIVIDADE

Sector de atividade	Número de estabelecimentos	Volume reutilizado (m ³)
Alimentos e bebidas	4	3.676.800
Têxtil	6	315.987
Vestuário, calçados e artigos de couro	0	-
Madeira, borracha e plástico	11	23.737
Papel e celulose	2	1.259
Química	5	157.480
Minerais não-metálicos	4	7.776
Metalurgia	11	3.873.192
Máquinas e equipamentos	4	104.220
Material de transporte	1	1.800
Outras	5	1.644
Total	53	8.163.895

3.5 ÁGUAS RESIDUÁRIAS E TRATAMENTO DE EFLUENTES

Conforme mostra a Tabela 14, a maioria dos estabelecimentos pesquisados afirmou descartar as águas residuárias na rede pública de esgoto. A decisão entre o lançamento das águas diretamente nos corpos hídricos ou a utilização da rede pública de esgotos parece estar ligada ao porte do estabelecimento. Estabelecimentos de grande porte utilizam grandes quantidades de água, o que justifica a construção de sistemas de descarte de água próprios. Já os pequenos usuários optam por recorrer à rede pública. Tal perfil é claramente observado na amostra: todos os estabelecimentos de grande porte descartam a água diretamente nos corpos hídricos, enquanto a grande maioria dos estabelecimentos de pequeno porte utiliza a rede pública.

5. O setor de alimentos e bebidas também apresenta um alto volume de água reutilizada, mas este se concentra em um estabelecimento da amostra.

TABELA 14
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO MEIO RECEPTOR DOS EFLUENTES

	Rede pública de esgoto				Corpos hídricos			
	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total
Sim	228	36	0	264	101	24	15	140
Não	97	23	15	135	224	35	0	259

Uma parcela significativa dos estabelecimentos não soube determinar o volume de água descartada após sua utilização. Para se obter uma estimativa dessa quantidade para a amostra completa, foram calculados os percentuais médios de consumo⁶ por setor de atividade, a partir das informações dos 341 estabelecimentos que responderam à questão do descarte. Os percentuais médios de consumo parecem variar consideravelmente entre os setores de atividade: enquanto o menor percentual foi observado no setor de calçados, vestuário e acessórios (5%), esse percentual alcançou 22% no setor de alimentos e bebidas.⁷ Esses percentuais médios foram então aplicados ao volume de água captado para se estimar o volume de águas residuárias nos estabelecimentos que não conseguiram determinar essa quantidade.

A Tabela 15 apresenta os volumes dos estabelecimentos que informaram a quantidade de descarte, o coeficiente de consumo relativo a cada setor e o volume estimado para a amostra completa. Os estabelecimentos informaram descartar 13.915.666 m³. Aplicando-se os coeficientes setoriais de consumo, foi calculado um volume de descarte de 28.047.009 m³ para a amostra completa. A comparação desse valor com o volume total de 32.313.175 m³ captados pelos estabelecimentos indica que 16,2% da água são consumidos.

TABELA 15
VOLUME DE DESCARTE DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Setor de atividade	Estabelecimentos informantes			Estimação para a amostra completa	
	Números de estabelecimentos	Volume descartado (m ³)	Coeficiente de consumo	Números de estabelecimentos	Volume descartado (m ³)
Alimentos e bebidas	39	1.132.120	0,22	67	5.031.108
Têxtil	22	1.637.807	0,08	34	3.907.832
Vestuário, calçados e acessórios	56	112.034	0,05	66	179.718
Madeira, borracha e plástico	22	108.720	0,12	37	127.196
Papel e celulose	5	1.861.776	0,08	7	5.826.591
Química	20	1.422.667	0,11	31	1.872.455
Minerais não-metálicos	9	208.083	0,10	32	570.125
Metalurgia	60	6.053.632	0,10	77	8.289.136
Máquinas e equipamentos	35	1.052.474	0,09	47	1.300.438
Material de transporte	15	110.279	0,10	21	697.080
Outras	48	216.075	0,07	69	245.330
Total	331	13.915.666	-	488	28.047.009

6. O consumo é definido como a diferença entre o volume de água captado e o volume de água descartado após o uso. Em outras palavras, o consumo corresponde à quantidade de água captada que não é restituída aos corpos hídricos. A maior parte do consumo industrial de água deve-se à evaporação e à incorporação da água ao produto final (por exemplo, no setor de bebidas).

7. Para fins de comparação, Scharf *et alii* (2002) calculam esses percentuais variando entre 2% e 29% para os diversos setores de atividade da indústria canadense.

3.5.1 Tratamento de efluentes

Noventa e um estabelecimentos afirmaram realizar algum tipo de tratamento de efluentes. A Tabela 16 revela que essa prática é mais comum nos estabelecimentos que descartam a água diretamente nos corpos hídricos. Apenas uma pequena proporção das plantas que utilizam a rede pública de esgoto trata seus efluentes.

TABELA 16
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO A PRÁTICA DE TRATAMENTO DE EFLUENTES

	Descarte direto nos corpos hídricos		Descarte na rede pública de esgoto	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Sim	67	49,6	24	9,1
Não	68	50,4	240	90,9

Quanto aos métodos de tratamento, observa-se que a maioria dos estabelecimentos que disseram realizar tratamento utiliza métodos primários e secundários. Já o tratamento terciário é pouco difundido, sendo realizado apenas em nove plantas.

TABELA 17
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA SEGUNDO TIPO DE TRATAMENTO DE EFLUENTES ADOTADO

	Primário	Secundário	Terciário
Sim	91	47	9
Não	0	44	82

Para se avaliar o volume de efluentes tratado, foi considerado apenas o grupo que lança as águas residuárias diretamente nos corpos hídricos. Aproximadamente metade desses estabelecimentos afirmou fazer tratamento de efluentes. A Tabela 18 exhibe o volume descartado, o volume tratado e o percentual de tratamento. O percentual de tratamento situa-se em 90% da água descartada por esse grupo, sendo tratados 6.482.640 m³ de um total de 7.215.682 m³ descartados.

TABELA 18
VOLUMES DE ÁGUA DESCARTADOS E TRATADOS POR ESTABELECIMENTOS COM DESCARTE DE ÁGUAS DIRETAMENTE NOS CORPOS HÍDRICOS

Sector de atividade	Numero de estabelecimentos com descarte direto	Numero de estabelecimentos com tratamento	Volume descartado (m ³)	Volume tratado (m ³)	Percentual de tratamento de efluentes
Alimentos e bebidas	18	10	688.308	555.263	81
Têxtil	9	7	1.516.366	1.513.150	100
Vestuário, calçados e acessórios	9	1	56.255	128	0
Madeira, borracha e plástico	5	2	9.812	4.086	42
Papel e celulose	1	1	1.858.670	1.858.670	100
Química	13	9	649.060	611.353	94
Minerais não-metálicos	15	3	42.533	753	2
Metalurgia	29	18	1.138.808	849.673	75
Máquinas e equipamentos	10	8	1.024.202	887.956	87
Material de transporte	7	4	72.397	53.354	74
Outras	11	3	159.271	148.255	93
Total	127	66	7.215.682	6.482.640	90

3.6 CUSTO DA ÁGUA

A pesquisa também procurou coletar dados sobre o custo médio referente à captação, ao pré-tratamento, à reúso e ao descarte/tratamento de efluentes dos estabelecimentos. Os resultados estão apresentados na Tabela 19.

TABELA 19
CUSTO MÉDIO DA UTILIZAÇÃO DA ÁGUA
[em R\$]

Fonte de abastecimento	(R\$)	
Estabelecimentos abastecidos por rede pública	Amostra total	3,09
	Minas Gerais	2,38
	Rio de Janeiro	3,05
	São Paulo	3,80
Captação própria	Água superficial	0,26
	Água subterrânea	0,33
Pré-tratamento (captação própria)	0,62	
Reúso	0,55	
Descarte e tratamento de efluentes	0,75	

Para os estabelecimentos abastecidos pela rede pública, o preço médio do metro cúbico foi calculado pelo valor da conta de água (incluindo-se as despesas extraordinárias e a parte relativa a coleta e tratamento de esgoto, quando existentes) dividido pelo volume total de água utilizado. O preço médio da água da rede pública na bacia foi de R\$ 3,09/m³. Vale destacar as importantes diferenças regionais observadas para essa variável: na parte mineira da bacia o preço médio foi de R\$ 2,38/m³, enquanto os estabelecimentos localizados em São Paulo pagaram em média R\$ 3,80/m³.

Já para os estabelecimentos que captam água por conta própria, o custo de captação da água superficial foi de R\$ 0,26/m³. Este valor foi ligeiramente superior para a captação de água subterrânea, cujo custo ficou em R\$ 0,33/m³.

O custo de pré-tratamento foi calculado apenas para os estabelecimentos com captação própria, dado o baixo número de respostas dos estabelecimentos abastecidos pela rede pública que realizam algum tipo de pré-tratamento. O custo foi calculado em R\$ 0,62 por metro cúbico pré-tratado. É importante observar que esse custo pode variar bastante entre os estabelecimentos, uma vez que diferentes aplicações industriais requerem diferentes níveis de gastos com pré-tratamento.

O custo médio da reúso da água foi calculado em R\$ 0,55/m³. Este valor está acima do custo médio de captação por conta própria, tanto de águas superficiais (R\$ 0,26/m³) quanto de águas subterrâneas (R\$ 0,33/m³). Mas ao se considerar os custos de pré-tratamento, observa-se que o custo captação + pré-tratamento supera o custo de reúso. Isso sugere que firmas que captam água por conta própria e que não necessitam fazer pré-tratamento não têm incentivos para reutilizar a água. Já os estabelecimentos abastecidos pela rede pública ou com captação própria que necessitem fazer pré-tratamento possuem incentivos a reutilizar a água.

Por fim, o custo médio de descarte/tratamento de efluentes ficou em R\$ 0,75/m³. Assim como no caso do pré-tratamento, esse custo varia bastante entre os estabelecimentos, dependendo do tipo de tratamento utilizado (primário, secundário ou terciário).

4 A COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

A cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul é a primeira experiência de implementação desse novo instrumento de gestão em águas de domínio federal. Iniciada em março de 2003, a cobrança aplica-se atualmente à indústria, ao saneamento básico, à agropecuária, à mineração, à piscicultura e às pequenas centrais hidrelétricas.

Os princípios gerais que nortearam as discussões sobre a fórmula de cobrança podem ser resumidos em quatro pontos.

- **Simplicidade.** O critério da simplicidade da fórmula de cobrança, tanto em termos operacionais como conceituais, prevaleceu ao longo de todo o debate. Procurou-se definir mecanismos de cobrança baseados em parâmetros facilmente mensuráveis. Tal critério foi adotado para familiarizar os usuários com esse novo instrumento e para avaliar as reações dos mesmos.

- **Aceitabilidade.** A aceitação por parte dos usuários da bacia é um requisito fundamental para a legitimização da cobrança. O caráter participativo do Comitê para Integração da Bacia do Rio Paraíba do Sul (Ceivap)⁸ permitiu a intervenção dos usuários no debate sobre a metodologia da cobrança, facilitando assim a aceitação da cobrança pelas partes interessadas.

- **Sinalização.** A cobrança pelo uso da água deve sinalizar o valor econômico da água e incentivar o uso racional da mesma, tanto em termos de qualidade quanto de quantidade.

- **Minimização de impactos econômicos.** A sinalização do valor de escassez da água, no entanto, não deve ser tão forte a ponto de comprometer a aceitação da cobrança. Dessa forma, os critérios de preço da cobrança foram definidos de modo a minimizar os impactos econômicos sobre os custos dos usuários, sendo adotados baixos valores para a cobrança.

A metodologia de cálculo da cobrança foi definida pelo Ceivap e baseou-se nos princípios do usuário-pagador e do poluidor-pagador. Foram definidos três fatos geradores para a cobrança pelo uso: captação, consumo e diluição de efluentes. A fórmula a seguir é apresentada de modo a identificar a parte relativa a cada tipo de uso:

$$VT = \underbrace{Q_A \times K_0 \times PPU}_{\text{CAPTACÃO}} + \underbrace{Q_A \times K_1 \times PPU}_{\text{CONSUMO}} + \underbrace{Q_A \times (1 - K_1)(1 - K_2 K_3) PPU}_{\text{DILUIÇÃO DE EFLUENTES (DBO)}}$$

8. Composto por representantes do poder público, dos usuários de água da bacia e representantes da sociedade civil. Responsável pela discussão e aprovação dos valores da cobrança pelo uso da água no âmbito da bacia.

onde:

VT = valor total da cobrança pelo uso da água;

Q_4 = vazão captada, segundo o volume declarado pelos usuários;

K_0 = coeficiente de captação, definido pelo Ceivap ($K_0 < 1$);

K_1 = coeficiente de consumo (isto é, proporção da água captada que não é retornada aos corpos hídricos), que varia de acordo com o setor de atividade;

K_2 = percentual de efluente tratados;

K_3 = nível de eficiência na redução de DBO, que varia de acordo com os equipamentos de controle de poluição adotados pelo usuário; e

PPU = preço público unitário (R\$/m³), definido pelo Ceivap.

O início da cobrança foi precedido por uma campanha de cadastramento dos usuários da bacia, na qual declararam os volumes de água utilizados. A quantidade Q_4 para o cálculo da cobrança baseou-se no volume de captação declarado.

Os valores estipulados para a cobrança foram relativamente baixos, de modo a facilitar a aceitação da mesma por parte dos usuários. Desse modo, dentre os critérios citados, prevaleceram os princípios da aceitabilidade e minimização de custos sobre o da sinalização da escassez de água na bacia. Para a indústria e o saneamento, foram estabelecidos $K_0 = 0,4$ e $PPU = \text{R\$ } 0,02/\text{m}^3$. Analisando-se a fórmula da cobrança, observa-se que esses coeficientes equivalem a um valor de R\$ 0,008 por metro cúbico captado e R\$ 0,02 por metro cúbico consumido. Já para a diluição de efluentes, o valor depende do percentual de efluente tratado e do nível de eficiência do sistema de tratamento utilizado (expressos pelos coeficientes K_2 e K_3), podendo alcançar um máximo de R\$ 0,02 por metro cúbico descartado sem qualquer tipo de tratamento. O quadro a seguir procura ilustrar o que a cobrança baseada nesses parâmetros representa em termos de aumento do custo médio do metro cúbico, para o caso particular de estabelecimentos que não tratam seus efluentes. Vazões de captação inferiores a um litro por segundo foram definidas como insignificantes em termos de impacto ambiental na bacia, estando esses usuários isentos da cobrança.

A Tabela 20 mostra os valores arrecadados com a cobrança no ano de 2004. Os valores pagos pelo setor de saneamento representaram 67,45% da arrecadação total. Já o valor pago pelo setor industrial totalizou R\$ 1.452.907,83, o que corresponde a 32,43% da arrecadação total.

Observando-se a evolução da arrecadação do setor industrial entre fevereiro e agosto de 2004, no entanto, pode-se verificar uma alta taxa de inadimplência no setor. O valor arrecadado em nenhum momento ultrapassou 50% do valor cobrado: após um pico de arrecadação de 45% do valor faturado em fevereiro, o percentual de arrecadação estabilizou-se na faixa de 30% a 36% do valor faturado entre março e julho. Esse percentual caiu ainda mais em agosto, quando atingiu 21% do valor

IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA EM ESTABELECIMENTOS QUE NÃO TRATAM SEUS EFLUENTES

Este exemplo procura avaliar o aumento do custo médio da água decorrente da introdução da cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul. Considere-se o caso de um estabelecimento industrial que não realize tratamento de efluentes (isto é, $K_2 = K_3 = 0$ na fórmula da cobrança). Neste caso, tendo em vista a fórmula e os parâmetros adotados na fase inicial da cobrança ($K_0 = 0,4$ e $PPU = R\$ 0,02/m^3$), o valor a ser pago para cada metro cúbico utilizado é de $R\$ 0,028 / m^3$ ($R\$ 0,008$ pela captação mais $R\$ 0,02$ pelo consumo e/ou descarte sem qualquer tipo de tratamento):

$$V(1 m^3) = \underbrace{1 \times K_0 \times PPU}_{\text{CAPTAÇÃO}} + \underbrace{1 \times K_1 \times PPU}_{\text{CONSUMO}} + \underbrace{1 \times (1 - K_1) PPU}_{\text{DILUIÇÃO DE EFLUENTES (DBO)}}$$

$$V(1 m^3) = 1 \times K_0 \times PPU + 1 \times PPU = 1 \times 0,04 \times 0,2 + 1 \times 0,02 = 0,008 + 0,02 = 0,028$$

A tabela abaixo mostra o quanto a cobrança representa em termos de acréscimo percentual no custo unitário do metro cúbico, admitindo-se a hipótese de que o estabelecimento não faça pré-tratamento de água. Para os estabelecimentos com captação própria, que possuem custos unitários mais baixos, a introdução da cobrança representa um aumento significativo no custo por metro cúbico: acréscimos de 10,8% no caso da água de superfície e de 8,5% no caso da água subterrânea. Já para os estabelecimentos conectados à rede pública o impacto em termos de aumento de custo é bem menor, uma vez que esses estabelecimentos possuem custos unitários bem superiores aos de captação própria. Dessa forma, o repasse total do valor da cobrança à conta de água representaria um aumento de 1,2% para os estabelecimentos localizados em Minas Gerais, 0,9% para os localizados no Rio de Janeiro e de 0,7% para aqueles localizados no trecho paulista da bacia.

IMPACTO DA COBRANÇA SOBRE O CUSTO MÉDIO DA ÁGUA

Fonte de abastecimento		Custo médio sem cobrança pelo uso (R\$)	Impacto da cobrança sobre o custo médio (%)
Estabelecimentos abastecidos por rede pública	Minas Gerais	2,38	1,2
	Rio de Janeiro	3,05	0,9
	São Paulo	3,80	0,7
Captação própria	água superficial	0,26	10,8
	água subterrânea	0,33	8,5

TABELA 20

ARRECADAÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL EM 2004^a — RESUMO POR SETOR

Setor	Valor arrecadado (R\$)	Percentual de arrecadação total
Indústria	1.452.907,83	32,43
Irrigação	2.073,26	0,05
Mineração	368,21	0,01
Saneamento	3.021.975,64	67,45
Outros usos	3.096,88	0,07
Total	4.480.421,82	100,00

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA).

^a Valores contabilizados até 21 de setembro de 2004.

faturado.⁹ Esse baixo e declinante percentual de arrecadação sugere que a cobrança tem encontrado certa resistência dos usuários industriais.

TABELA 21
EVOLUÇÃO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA DO SETOR INDUSTRIAL NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL EM 2004^a

Mês	Valor cobrado (R\$)	Valor arrecadado (R\$)	Percentual de arrecadação
Janeiro	-	149.546,28	-
Fevereiro	976.919,08	440.204,89	45
Março	415.588,65	149.472,20	36
Abril	416.322,66	138.662,12	33
Mai	472.483,56	160.270,02	34
Junho	466.282,66	145.048,27	31
Julho	487.368,46	145.217,30	30
Agosto	570.499,15	123.862,69	21
Total	3.805.464,22	1.452.263,77	-

Fonte: ANA, gerência de arrecadação

^a valores contabilizados até 02 de fevereiro de 2004.

Com o objetivo de se avaliar a receptividade dos usuários industriais aos princípios da política de recursos hídricos e aos instrumentos de gestão introduzidos pela Lei 9.433, foram incluídas nos questionários perguntas associadas à questão do cadastramento para fins de outorga e da cobrança pelo uso da água na bacia do Paraíba do Sul. Essa análise, ainda que referente a um grupo limitado de usuários industriais, mostra-se um importante indicador da aceitação dos princípios e instrumentos do novo modelo de gestão, nesta fase inicial de sua implementação.

Dos 235 estabelecimentos da amostra com captação própria de água, 95 declararam haver realizado o cadastramento para fins de outorga junto à ANA. Analisando-se o comportamento por porte de usuário, pode-se observar uma baixa adesão entre estabelecimentos de pequeno porte. Já a maioria dos estabelecimentos de médio e grande portes cadastrou-se, com destaque para o alto percentual de cadastramento observado para este último grupo. Dessa forma, apesar da taxa relativamente baixa de cadastramento, o que contraria o caráter participativo a que se propõe o novo modelo, o cadastramento pode ser considerado bem-sucedido no sentido de abranger os grandes usuários de água.

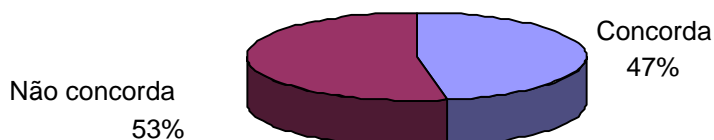
TABELA 22
DISTRIBUIÇÃO DA AMOSTRA EM RELAÇÃO À SITUAÇÃO CADASTRAL JUNTO À ANA

	Pequeno porte	Médio porte	Grande porte	Total
Cadastrado	41	34	20	95
Não-cadastrado	114	22	4	140
Percentual de cadastramento	26,45	60,71	83,33	40,43

9. Uma parte da perda de arrecadação deve ser atribuída ao mecanismo de desconto no valor da cobrança, criado com o intuito de incentivar a adesão dos usuários ao sistema. Esse mecanismo estipulou que sobre o valor da cobrança incidiria fator redutor proporcional ao mês de entrada do usuário no sistema. Esse fator seria de 18% para os usuários que pagassem no primeiro mês de vigência da cobrança, decrescendo em 0,5% a cada mês subsequente ao primeiro mês de vigência. O fator de desconto ao qual o usuário fizer jus permanece constante durante os três anos de vigência da atual fórmula de cobrança. Vale ainda observar que uma parte significativa da perda de arrecadação deve-se ao fato de os valores cobrados estarem sendo depositados em juízo devido a contestações judiciais de usuários acerca da cobrança.

Pouco menos da metade dos estabelecimentos pesquisados (47,34%) disse concordar com a cobrança pelo uso da água, indicando um grau relativamente alto de resistência dentre os usuários industriais. A análise mais detalhada das respostas, no entanto, permite concluir que a aceitação varia entre diferentes grupos de usuários.

GRÁFICO 4
POSIÇÃO QUANTO À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL



Aqueles que descartam a água diretamente nos corpos hídricos tendem a discordar mais da cobrança se comparados com os estabelecimentos que utilizam a água proveniente da rede de abastecimento pública. Uma possível explicação para a maior taxa de discordância por parte dos estabelecimentos com captação própria é que estes já estão sendo diretamente cobrados pelo uso da água. Já os usuários abastecidos pela rede pública serão cobrados em um segundo momento, uma vez que as companhias de abastecimento tenderão a repassar o valor da cobrança aos usuários finais via aumentos no valor da conta da água.

TABELA 23
POSIÇÃO QUANTO À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL SEGUNDO A FONTE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA

	Captação própria		Rede pública	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Concorda	102	43,40	129	50,99
Não concorda	133	56,60	124	49,01

Já os estabelecimentos que se cadastraram junto à ANA possuem um índice de aceitação bastante superior aos que não se cadastraram: enquanto aproximadamente 60% dos cadastrados concordam com a cobrança, 2/3 dos não-cadastrados mostram-se resistentes. Essa discrepância não chega a surpreender, uma vez que o cadastramento pode ser interpretado como uma sinalização dos estabelecimentos em relação à introdução da cobrança. O não-cadastramento, nesse caso, já seria um sinal de desacordo quanto à cobrança.

TABELA 24
POSIÇÃO QUANTO À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL SEGUNDO SITUAÇÃO QUANTO AO CADASTRAMENTO JUNTO À ANA

	Cadastrados		Não-cadastrados	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Concorda	56	58,95	45	32,37
Não concorda	39	41,05	94	67,63

Um resultado menos esperado diz respeito aos usuários com vazões captadas classificadas como insignificantes. Estes mostram-se, em sua maioria (60%), avessos à cobrança, apesar de isentos da mesma. Já os 80 usuários com vazões significativas e, portanto, sujeitos à cobrança, mostram-se um pouco mais receptivos: 50% concordam com a sua introdução na bacia. Essa maior resistência entre os usuários isentos pode ser possivelmente explicada pelo menor nível de informação sobre a cobrança nesse grupo, uma vez que as campanhas de esclarecimento sobre esse instrumento visaram sobretudo aos usuários com uso mais intensivo de água.

TABELA 25
POSIÇÃO QUANTO À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL SEGUNDO SIGNIFICÂNCIA DA VAZÃO DE CAPTAÇÃO

	Vazão insignificante		Vazão significativa	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Concorda	62	40	40	50
Não concorda	93	60	40	50

Diferenças significativas também são observadas segundo o porte do usuário. Os pequenos e médios estabelecimentos apresentaram um percentual de aceitação inferior aos estabelecimentos de grande porte. Enquanto no primeiro grupo o número de estabelecimentos que disseram concordar com a cobrança ficou abaixo de 50%, entre os grandes usuários o índice de aceitação ultrapassa os 70%. O resultado não deixa de surpreender, uma vez que os grandes estabelecimentos, por usarem volumes de água mais expressivos, geralmente devem pagar as maiores contas. Tal resultado talvez expresse uma valorização maior da questão ambiental nas grandes empresas, onde ações dessa natureza são vistas como positivas para sua imagem corporativa. Por outro lado, o resultado pode ainda ser reflexo de uma certa desinformação por parte dos pequenos e médios usuários sobre a importância da cobrança pelo uso da água para se promover o uso racional de recursos hídricos na bacia.

TABELA 26
POSIÇÃO QUANTO À COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL SEGUNDO PORTE DO ESTABELECIMENTO

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Concorda	175	46,30	39	45,35	17	70,83
Não concorda	203	56,70	47	54,65	7	29,17

Por fim, procurou-se ainda avaliar o potencial da cobrança como instrumento de incentivo ao uso racional dos recursos hídricos nesse primeiro momento da sua implementação. Foi perguntado aos estabelecimentos se o início da cobrança de alguma forma incentivou à adoção de investimentos em conservação de água ou em sistemas de tratamento de efluentes. Um total de 108 estabelecimentos (22% do total

de respondentes¹⁰⁾ respondeu afirmativamente à pergunta. Analisando-se por porte do estabelecimento, observa-se que o percentual é maior entre empresas de médio e grande porte, o que se explica pelo uso de maiores quantidades de água nesses grupos. Esse resultado indica que, ainda que os valores estipulados para a cobrança sejam relativamente baixos, seu potencial em termos de impacto ambiental pode ser considerável, uma vez que pode afetar decisões de investimento dos usuários de médio e grande portes.

TABELA 27
POTENCIAL DA COBRANÇA COMO INSTRUMENTO DE INCENTIVO A INVESTIMENTOS EM CONSERVAÇÃO DE ÁGUA E TRATAMENTO DE EFLUENTES

	Pequeno porte		Médio porte		Grande porte	
	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)	Número de estabelecimentos	(%)
Sim	69	19,83	31	39,24	8	36,36
Não	279	80,17	48	60,76	14	63,63

Em resumo, pode-se concluir que a cobrança pelo uso da água no Paraíba do Sul parece ter encontrado boa receptividade nas empresas de grande porte, o que indica que seus resultados em termos de geração de receitas e promoção do uso racional de recursos hídricos podem ser satisfatórios. Por outro lado, deve-se fazer um maior esforço no sentido de se aumentar o alcance da cobrança no segmento dos pequenos e médios estabelecimentos, reforçando-se assim o caráter participativo e a conseqüente legitimidade desse instrumento de gestão. Para isso, há que se investir em campanhas de esclarecimento voltadas para esses segmentos.

5 AVALIAÇÃO ECONOMÉTRICA DO IMPACTO DA COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA SOBRE OS USUÁRIOS INDUSTRIAIS

Esta seção procura avaliar os potenciais impactos financeiros da cobrança sobre os usuários industriais e analisar de que maneira os mesmos reagem ao aumento do custo da água decorrente da introdução dessa cobrança. Em particular, procurou-se avaliar as seguintes questões:

- a) Em quanto se reduz a demanda de água dos estabelecimentos dos diversos setores de atividade frente a aumentos no custo (preço) da água?
- b) No caso de aumentos no custo da água, existe a possibilidade de se substituir o uso da água por outros fatores de produção?
- c) Qual o impacto do aumento do custo da água em termos dos custos totais dos estabelecimentos?

Na análise da reação dos usuários ao impacto do aumento do custo da água, busca-se, portanto, não apenas caracterizar o efeito direto sobre a demanda de água, mas também investigar de que modo a água se articula com os demais fatores de

10. A pergunta foi respondida pelos 449 estabelecimentos situados em águas de domínio federal da bacia, onde a cobrança já foi iniciada. Os demais 39 estabelecimentos pesquisados localizam-se em águas de domínio estadual, não estando ainda sujeitos a cobrança. O percentual de 22% está calculado em relação a estes 449 estabelecimentos.

produção e seu peso relativo no custo dos estabelecimentos. Assim, além de se quantificar a diminuição da utilização da água resultante de um aumento em seu custo, procura-se também investigar se essas modificações afetam o padrão de uso dos demais fatores de produção (por exemplo, aumentando-se o consumo de energia).

Para tal, foi estimado um modelo econométrico especificando a estrutura de custos das empresas, onde a água é vista como um insumo produtivo. A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço da demanda de água e as elasticidades de substituição entre a água e os diferentes fatores de produção.¹¹ Em seguida, avaliou-se o impacto de aumentos no preço da água sobre a sua demanda e dos demais fatores de produção, bem como sobre o custo total das empresas, através de simulações.

A apresentação está dividida em três subseções. A primeira apresenta o modelo a ser estimado. A subseção seguinte descreve as variáveis utilizadas na estimação do modelo. Por fim, a terceira subseção apresenta os resultados do modelo e das simulações do impacto do aumento do custo da água sobre a demanda dos diferentes setores de produção e do custo dos estabelecimentos.

5.1 MODELO ECONOMÉTRICO

Uma análise abrangente da demanda de água nos estabelecimentos industriais, capaz de avaliar as questões propostas, requer um modelo que descreva a tecnologia de produção das firmas. Na aplicação aqui apresentada, considera-se que as firmas utilizam cinco insumos: capital (K), trabalho (L), energia (E), matéria-prima (M) e água (A). Os estabelecimentos escolhem as quantidades ótimas de utilização desses insumos de modo a minimizarem seus custos, com exceção da quantidade de capital, considerada fixa no curto prazo.¹² Adota-se para a função custo de curto prazo uma especificação *translog*, cuja forma funcional é dada por

$$\ln C = \alpha_0 + \alpha_i \sum_i \ln(P_i) + 1/2 \sum_i \sum_j \gamma_{ij} \ln(P_i) \ln(P_j) + \sum_i \gamma_{iK} \ln(P_i) \ln(K) + \sum_i \gamma_{iY} \ln(P_i) \ln(Y) + \alpha_Y \ln Y + 1/2 \gamma_{YY} \ln Y^2 + \alpha_K \ln K + 1/2 \gamma_{KK} \ln K^2 + \mu \quad (1)$$

onde C é o custo total, Y a produção total, K o estoque (fixo) de capital, P_i o preço do insumo i ($i, j = L, E, M, A$) e α_s , β_s e γ_s os parâmetros a serem estimados. μ é um termo estocástico.

11. Os conceitos de elasticidade-preço e elasticidade de substituição são discutidos na subseção referente ao modelo econométrico.

12. Essa hipótese implica que as firmas não podem se adaptar a mudanças no preço da água através de ajustes no estoque de capital. No longo prazo, entretanto, é de se esperar que as empresas invistam em máquinas e equipamentos que promovam a conservação da água, ou passem a tratar seus efluentes. Esses impactos são desconsiderados aqui, mas serão investigados em futuras extensões do modelo.

Diferenciando-se a função custo em relação aos preços dos insumos variáveis P_i ($i = L, E, M, A$), com as variáveis expressas em log, e aplicando-se o lema de Shephard, obtém-se

$$\partial \ln C / \partial \ln P_i = P_i / C (\partial C / \partial P_i) = P_i X_i / C = S_i = \alpha_i + \sum_j \gamma_{ij} \ln P_j + \gamma_{iK} \ln K + \gamma_{iY} \ln Y + v_i \quad (2)$$

onde X_i é definido como a demanda pelo insumo i , $S_i = P_i X_i / C$ a proporção das despesas com o insumo i em relação ao custo total C e v_i um termo estocástico que pode ser interpretado como erros incorridos pela firma na escolha da cesta de insumos que minimiza sua função custo. O modelo econométrico a ser estimado consiste da função custo *translog* dada em (1) e das quatro equações de proporção do custo dos insumos dadas por (2).

Uma vez estimados os parâmetros α , β e γ do sistema de equações composto por (1) e (2), podem ser calculadas as elasticidades-preço próprias e cruzadas. A elasticidade-preço própria mede a variação percentual da demanda de determinado insumo (por exemplo, a demanda de água) em face do aumento de 1% no preço desse insumo. Já a elasticidade-preço cruzada (por exemplo, a elasticidade-preço da demanda de água em relação ao preço da energia) mede a variação percentual da demanda de água devido ao aumento de 1% no preço da energia. Quando a função custo é aproximada por uma *translog*, as elasticidades-preço são dadas pelas seguintes expressões:

$$\epsilon_{ij} = (\gamma_{ij} + S_i S_j) / S_i \quad \text{para elasticidades-preço cruzadas} \quad (3a)$$

$$\epsilon_{ii} = (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i \quad \text{para elasticidades-preço próprias} \quad (3b)$$

Caso o aumento do preço de determinado fator i (por exemplo, o preço da água) acarrete aumento da demanda pelo fator j (por exemplo, a demanda de energia), ou seja, caso a elasticidade-preço cruzada seja positiva, diz-se que os fatores são substitutos. Caso a elasticidade-preço cruzada seja negativa, o aumento no preço do fator i implica a redução da demanda do fator j . Nesse caso, os fatores são considerados complementares.

Já as elasticidades de substituição medem a variação percentual da utilização relativa dos fatores em virtude de um aumento de 1% no preço relativo dos mesmos.¹³ Dessa forma, a elasticidade de substituição da energia em relação à água (σ_{EA}) mede a variação da intensidade de uso entre energia e água devido a um aumento de 1% no preço da água em relação ao preço da energia. A classificação dos fatores de produção quanto à complementaridade/substituibilidade também se aplica ao conceito da elasticidade de substituição. Caso um aumento do preço relativo da água em relação à energia implique aumento da intensidade de uso de energia, ou seja, caso a elasticidade de substituição seja positiva, os dois insumos são considerados substitutos. Caso um aumento do preço relativo da água acarrete uma diminuição na intensidade de uso da água, a elasticidade de substituição é negativa e os bens são

13. De fato, a elasticidade de substituição mede a variação percentual da utilização relativa dos fatores devido a um aumento de 1% na produtividade marginal relativa dos fatores. Considera-se aqui o caso de uma economia de concorrência perfeita, onde produtividade marginal de determinado fator corresponde a seu preço (custo).

considerados complementares. As elasticidades de substituição podem ser calculadas através das expressões:

$$\sigma_{ij} = (\gamma_{ij} + S_i S_j) / S_i S_j \quad i, j = 1, \dots, n \text{ e } i \neq j \quad (4a)$$

$$\sigma_{ii} = (\gamma_{ii} + S_i^2 - S_i) / S_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (4b)$$

De posse das elasticidades estimadas, pode-se avaliar como as firmas reagem à cobrança da água através das elasticidades-preço e do grau de substituíbilidade entre os insumos. Para tal, serão simuladas as variações na demanda de água e na demanda dos demais insumos decorrentes do aumento do preço da água. A redução do volume de água utilizado pode ser estimada a partir da elasticidade-preço própria. Já a variação da utilização dos demais insumos (energia, mão-de-obra e matérias-primas) dependerá das possibilidades de substituição da água em relação aos demais insumos. Por exemplo, caso as estimações das elasticidades indiquem que a captação de água e energia sejam atividades substitutas, um aumento no preço real da captação acarretaria um maior consumo relativo de energia por parte das firmas.

5.2 DADOS

As estimações basearam-se em dados relativos a 424 estabelecimentos.¹⁴ As variáveis utilizadas na estimação do modelo foram construídas a partir das informações contidas nos questionários. A seguir é apresentada uma breve descrição dessas variáveis.

- Custo variável (C): definido como a soma das despesas com os insumos variáveis (trabalho, energia, matéria-prima e água). Os gastos com trabalho, energia e matéria-prima foram obtidos diretamente das respostas da seção econômica do questionário (seção II, ver Anexo). Já a despesa com a água foi calculada como a soma dos gastos em captação (própria ou de água proveniente da rede pública), pré-tratamento, recirculação e tratamento e descarte de efluentes. Foi ainda incluído o valor da cobrança pelo uso da água para os estabelecimentos sujeitos a cobrança.

- Despesa com fator i em relação ao custo variável (S_i): definida como a despesa em determinado fator de produção variável (trabalho, energia, matéria-prima e água) em relação ao custo variável C , ou seja, S_i representa o percentual do custo variável correspondente a gastos com determinado insumo i .

- Preço do trabalho (P_L): dado pelo salário médio. Calculado como o total das despesas com salários e encargos dividido pelo número de empregados do estabelecimento (R\$/empregado).

- Preço da energia (P_E): preço médio do KWh de energia elétrica. Gasto total com energia elétrica dividido pela quantidade de energia elétrica consumida (R\$/KWh).

- Preço da matéria-prima (P_M): definido como o gasto com matérias-primas dividido pela receita total de vendas do estabelecimento.

14. Os demais 64 estabelecimentos foram excluídos devido à ausência de informações necessárias para a estimação do modelo.

- Preço da água (P_A): custo médio da água, obtido pela divisão do gasto total pelo volume total utilizado (rede pública e captação própria). O gasto total com água foi calculado pela soma das despesas em captação e pré-tratamento da água da rede pública e/ou captada por conta própria, recirculação e tratamento de efluentes. Foi ainda adicionado o valor da cobrança pelo uso da água para os estabelecimentos sujeitos a cobrança.

- Capital (K): definido como o valor do ativo imobilizado do estabelecimento dividido pela receita total de vendas do estabelecimento.

- Produção (Y): valor total da produção do estabelecimento.

Foram ainda adicionadas ao modelo variáveis indicadoras (*dummies*) do setor de atividade ao qual o estabelecimento pertence, de modo a se levar em conta especificidades próprias a cada setor.

A média e o desvio-padrão das variáveis estão apresentados na Tabela 28. Um ponto importante a ser observado é a pequena participação (aproximadamente 1%) das despesas com água no custo variável dos estabelecimentos pesquisados. A maior parte das despesas são relativas à matéria-prima (53%), seguida das despesas com trabalho (40%). As despesas com energia representam 6% do custo variável.

TABELA 28
ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS NAS ESTIMAÇÕES

Variável	Número de observações	Média	Desvio-padrão
C	463	2,4e+7	2,1e+8
Y	468	4,2e+7	3,8e+8
K	422	0,69	1,39
P_A^a	-	-	-
P_L	462	12.332,23	12.480,44
P_E	477	0,33	0,30
P_M	453	0,35	0,19
S_A	440	0,01	0,02
S_L	440	0,40	0,22
S_E	440	0,06	0,07
S_M	440	0,53	0,24

^a Ver Tabela 19.

5.3 RESULTADOS

5.3.1 Elasticidades

O modelo econométrico composto pela função custo *translog* e as equações de participação dos gastos com insumos no custo total foi estimado pelo método SUR (*Seemingly Unrelated Regressions*).¹⁵ A partir dos parâmetros estimados, foram computadas as elasticidades-preço e as elasticidades de substituição.

15. O método SUR mostra-se adequado para a estimação do sistema de equações, pois leva em conta as possíveis correlações entre os resíduos das equações estimadas. Todas as estimações e simulações foram realizadas com o *software* Stata 8.0.

A Tabela 29 apresenta as elasticidades-preço. Todas as elasticidades-preço próprias (exibidas nas células da diagonal da tabela) possuem o sinal negativo esperado: um aumento no preço de determinado insumo acarreta uma diminuição de sua demanda. A elasticidade-preço da demanda de água foi calculada em $-0,58$, ou seja, um aumento de 1% no preço da água acarreta uma diminuição de 0,58% em sua demanda. Tal valor encontra-se na faixa de elasticidades-preço calculadas na literatura. Grebenstein e Field (1979), por exemplo, calcularam elasticidades entre $-0,33$ e $-0,80$ para a demanda industrial de água nos Estados Unidos. Resultados semelhantes foram calculados por Renzetti (1988) e Dupont e Renzetti (2001) para a indústria canadense. O mesmo pode ser dito do caso francês, onde Reynaud (2002) estimou elasticidades-preço entre $-0,10$ e $-0,79$ para os diversos setores da indústria francesa.

TABELA 29
ELASTICIDADES-PREÇO PRÓPRIAS E CRUZADAS DAS DEMANDAS POR FATORES DE PRODUÇÃO

	Água	Energia	Trabalho	Matéria-prima
Água	-0,5847 (0,0736)	0,0109 (0,017)	0,0078 (0,0026)	0,0020 (0,0014)
Energia	0,0760 (0,1208)	-0,7163 (0,0541)	0,0757 (0,0085)	0,0194 (0,0044)
Trabalho	0,3790 (0,1265)	0,5166 (0,0583)	-0,2223 (0,0124)	0,0977 (0,0062)
Matéria-prima	0,1357 (0,0941)	0,1886 (0,0432)	0,1387 (0,0088)	-0,1192 (0,0073)

Nota: Os valores indicam a variação na demanda da quantidade de demanda do insumo localizado na coluna, dado o aumento de 1% no insumo da linha. Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Quanto às elasticidades-preço cruzadas, o sinal positivo indica que a água é um fator substituto ao trabalho, à energia e às matérias-primas: um aumento no preço da água implica aumento da demanda relativa por esses fatores. O mesmo padrão de substituição entre água e trabalho, energia e matéria-prima foi verificado por Dupont e Renzetti (2001) para o caso canadense. Dentre os fatores de produção analisados, o aumento do preço da água parece exercer maior efeito sobre a demanda de energia. As elasticidades de substituição, apresentadas na Tabela 30, ratificam essa relação de substituição da água com esses três fatores de produção.

TABELA 30
ELASTICIDADES DE SUBSTITUIÇÃO DE ALLEN

	Água	Energia	Trabalho	Matéria-prima
Água	-	1,3418 (2,1330)	0,9651 (0,3275)	0,2473 (0,1716)
Energia	1,3418 (2,1330)	-	1,3368 (0,1510)	0,3438 (0,0787)
Trabalho	0,9651 (0,3275)	1,3368 (0,1510)	-	0,2528 (0,0160)
Matéria-prima	0,2473 (0,1716)	0,3438 (0,0787)	0,2528 (0,0160)	-

Nota: Elasticidades de substituição calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Com o fim de se analisar possíveis heterogeneidades na estrutura da demanda de água, as elasticidades-preço foram estimadas de forma desagregada. Em particular, foram estimadas as elasticidades-preço segundo a forma de abastecimento em água, segundo a existência de práticas de reúso e para os diversos setores de atividade industrial.

A Tabela 31 apresenta a elasticidade-preço dos estabelecimentos segundo a fonte de abastecimento em água. As plantas industriais abastecidas por água da rede pública apresentam uma elasticidade de $-0,63$, superior aos estabelecimentos com captação própria ($-0,37$). Tal fato pode ser explicado pelas diferenças no preço da água. Conforme visto na Tabela 28 da Subseção 5.2, as empresas que captam água por conta própria possuem custos unitários de captação muito inferiores aos registrados por estabelecimentos ligados à rede pública. Esse último subgrupo, por observar ainda um preço marginal da água bastante superior ao dos estabelecimentos com captação própria, deve assim ser mais sensível à variação do preço da água.

TABELA 31
ELASTICIDADES-PREÇO DA DEMANDA DE ÁGUA SEGUNDO A FORMA DE ABASTECIMENTO

Forma de abastecimento	Elasticidade-preço
Rede pública	$-0,6344$ (0,2319)
Captação própria	$-0,3730$ (0,2809)

Nota: Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

Quanto à reúso da água, é de se esperar que estabelecimentos que adotem tais procedimentos apresentem uma elasticidade maior, devido à possibilidade de se substituir a captação da água por um maior volume de recirculação em casos de aumentos do preço da água. As elasticidades exibidas na Tabela 32, apesar de indicarem uma elasticidade maior para os estabelecimentos que reutilizam água em relação aos demais, mostram uma diferença muito pequena entre os dois grupos. Contudo, deve ser lembrado que o volume total de reúso provavelmente encontra-se subestimado na amostra, uma vez que os valores registrados representam apenas o percentual da água captada que é reutilizada. Desse modo, a capacidade de substituição da captação de água pela sua reúso nos estabelecimentos com esses sistemas deve também estar subestimada, assim como a elasticidade-preço da demanda de água desses estabelecimentos. O valor de $-0,60$ para a elasticidade-preço dos estabelecimentos que reutilizam água deve ser interpretado como um “pisso” para a elasticidade desse grupo.

TABELA 32
ELASTICIDADES-PREÇO DA DEMANDA DE ÁGUA SEGUNDO A PRÁTICA DE REÚSO

Prática de reúso	Elasticidade-preço
Sim	$-0,6033$ (0,2110)
Não	$-0,5885$ (0,2404)

Nota: Elasticidades-preço calculadas na média amostral. Erro-padrão entre parênteses.

A análise da Tabela 33 mostra que a elasticidade da demanda de água varia consideravelmente de acordo com o setor de atividade. As maiores elasticidades.¹⁶ são encontradas nos setores de alimentos e bebidas (-0,82), de papel e celulose (-0,76) e na indústria química (-0,71). Esse resultado sugere que a introdução da cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul tenha maior impacto, em termos de economia de água, sobre essas atividades industriais. Já os setores com menor elasticidade são o têxtil (-0,04) e minerais não-metálicos (-0,22), o que indica que essas atividades não devem reduzir sua demanda de água de forma significativa ante o aumento de preço decorrente da introdução da cobrança na bacia.

Vale ainda observar que a elasticidade-preço da água parece variar de forma muito mais expressiva entre os setores de atividade do que a elasticidade da demanda dos demais fatores de produção. Enquanto a elasticidade-preço da água situa-se na faixa de [-0,04, -0,82], o intervalo de variação é bem menor no caso das elasticidades-preço da energia, do trabalho e da matéria-prima.

TABELA 33
ELASTICIDADES-PREÇO PRÓPRIAS POR SETOR DE ATIVIDADE

Setor de atividade	Água	Eletricidade	Trabalho	Material
Alimentos e bebidas	-0,82	-0,70	-0,20	-0,10
Têxtil	-0,04	-0,69	-0,20	-0,08
Vestuário, calçados e artigos de couro	-0,31	-0,59	-0,21	-0,13
Madeira, borracha e plástico	-0,40	-0,73	-0,22	-0,12
Papel e celulose	-0,76	-0,65	-0,16	-0,05
Química	-0,71	-0,70	-0,22	-0,11
Minerais não-metálicos	-0,22	-0,76	-0,20	-0,14
Metalurgia	-0,48	-0,73	-0,21	-0,13
Máquinas e equipamentos	-0,31	-0,71	-0,22	-0,12
Material de transporte	-0,51	-0,73	-0,22	-0,11
Outras	-0,33	-0,71	-0,22	-0,11

5.3.2 Simulações

A partir dos parâmetros estimados pelo modelo econométrico, foram realizadas simulações para se avaliar os impactos de aumentos do preço da água sobre a quantidade demandada e o custo total das firmas.

A Tabela 34 apresenta os resultados para diferentes aumentos no preço da água sobre os estabelecimentos industriais, onde ΔP_A representa a variação no preço da água, ΔA a variação na sua demanda e ΔC a variação no custo total de produção. Observa-se que um aumento de 10% no preço da água acarreta uma redução de -3,23% na sua demanda. Já o impacto sobre o custo de produção é pouco significativo: um aumento de $\Delta P_A = 10\%$ gera um acréscimo no custo da ordem de 0,05%.

16. Considera-se aqui a magnitude das elasticidades em termos de valor absoluto.

Esses resultados fornecem importantes indicações para os gestores de recursos hídricos. De fato, os números sugerem que a cobrança pelo uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul pode alcançar resultados satisfatórios em termos de economia de água e, ao mesmo tempo, não acarretar um aumento de custo expressivo para os usuários industriais. A cobrança pelo uso na bacia pode assim conciliar os objetivos de atuar como um mecanismo eficaz de indução ao uso racional de recursos hídricos e de minimizar os impactos econômicos sobre os usuários industriais, favorecendo a aceitação desse novo instrumento por parte desse setor.

TABELA 34
IMPACTO DO AUMENTO DO PREÇO DA ÁGUA SOBRE A DEMANDA DE ÁGUA E O CUSTO TOTAL DOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS
 [em %]

	$\Delta P_A = 10$	$\Delta P_A = 20$	$\Delta P_A = 30$	$\Delta P_A = 40$	$\Delta P_A = 50$
ΔA	-3,23	-6,38	-9,40	-12,28	-14,99
ΔC	0,05	0,11	0,16	0,21	0,26

Entretanto, uma análise mais detalhada dos efeitos decorrentes de um aumento do preço da água mostra que eles variam consideravelmente de acordo com o setor de atividade. Para fins de ilustração, a Tabela 35 apresenta os resultados para um aumento de 20% no preço da água sobre a demanda dos diferentes fatores e do custo total. Em termos da demanda de água, as reduções mais expressivas ocorrem nos setores de alimentos e bebidas (-13,17%), de papel e celulose (-12,41%) e metalurgia (-10,04%). Já as menores variações são observadas nos setores de máquinas e equipamentos (-2,68%) e de vestuários e calçados (-3,65%).

Observa-se ainda que, praticamente, todos os setores substituem a água pelo uso de energia, trabalho e matéria-prima, aumentando a demanda por esses fatores de produção, como já havia sido anteriormente apontado no cálculo das elasticidades.¹⁷ Em particular, destaca-se o aumento do consumo de energia em todos os setores.

O impacto do aumento do preço da água em termos de custo também parece ser bastante diferenciado entre os setores. Merece destaque o impacto sobre o setor de alimentos e bebidas (+0,28%), bem superior se comparado com os demais setores de atividade. De uma maneira geral, pode-se dizer que o impacto em termos de custo total nos setores mais intensivos no uso da água (alimentos e bebidas, papel e celulose, química, minerais não-metálicos e metalurgia) parece ficar acima da média da variação do custo da amostra (+0,11%).

Por fim, foram ainda simulados os impactos do crescimento do valor da produção industrial sobre a demanda de água e a combinação desse crescimento com aumentos no preço da água. Os resultados são mostrados na Tabela 36.

17. De fato, são observadas variações negativas na demanda por matéria-prima em determinados setores. Isso pode ser resultado de problemas estatísticos do modelo. Em indústrias pouco hidroativas, onde a participação das despesas em água nos custos é muito pequena, aproximando-se de 0%, as estimativas e simulações baseadas em modelos *translog* podem apresentar imprecisões. Como os quatro setores em que se observam $\Delta M < 0$ podem ser caracterizados como pouco intensivos em água, esse resultado pode ser consequência desses problemas numéricos. Portanto, os resultados relativos a esses setores devem ser vistos com cautela.

TABELA 35
IMPACTO DO AUMENTO DO PREÇO DA ÁGUA SOBRE A DEMANDA PELOS FATORES DE PRODUÇÃO, POR SETOR DE ATIVIDADE INDUSTRIAL

Setores	Número de estabelecimentos	$\Delta P_A = 20\%$				
		ΔA (%)	ΔL (%)	ΔE (%)	ΔM (%)	ΔC (%)
Alimentos e bebidas	62	-13,17	0,34	0,38	0,21	0,28
Têxtil	24	-4,57	0,04	0,14	0,02	0,06
Vestuário e calçados	48	-3,65	0,06	0,18	-0,05	0,07
Madeira, borracha e plástico	29	-7,15	0,07	0,14	-0,06	0,08
Papel e celulose	6	-12,41	0,16	0,26	0,10	0,17
Química	26	-6,92	0,11	0,20	0,02	0,13
Minerais não-metálicos	19	-7,85	0,15	0,19	0,16	0,15
Metalurgia	60	-10,04	0,10	0,18	0,01	0,11
Máquinas e equipamentos	34	-2,68	-0,00	0,08	-0,08	0,00
Material de transporte	49	-8,57	0,11	0,18	0,05	0,08
Outros	16	-4,80	0,04	0,15	-0,21	0,05
Total	373	-6,38	0,13	0,23	0,03	0,11

TABELA 36
IMPACTO DO AUMENTO DA PRODUÇÃO INDUSTRIAL SOBRE A DEMANDA DE ÁGUA

$\Delta Y = 0$	$\Delta Y = 2,5$	$\Delta Y = 5$	$\Delta Y = 10$	$\Delta Y = 15$	$\Delta Y = 20$
$\Delta A = 0,0$	$\Delta A = 1,71$	$\Delta A = 3,39$	$\Delta A = 6,66$	$\Delta A = 9,81$	$\Delta A = 12,86$

Um aumento da produção (ΔY), considerando-se o preço da água constante ($\Delta P_A = 0$), leva a um acréscimo da quantidade de água utilizada pelos estabelecimentos industriais. Por exemplo, um aumento de 5% na produção implicaria um acréscimo no volume de utilização de água de 3,39%.

Resultados interessantes são obtidos quando se simulam aumentos do preço da água combinados com acréscimos de produção. Um aumento de 10% no preço da água, mantendo-se a produção constante, implica uma diminuição de 3,23% na sua demanda. Com acréscimo da produção, no entanto, aumenta-se a necessidade de uso dos recursos hídricos, reduzindo os efeitos das variações do preço da água. Com isso, observa-se que um crescimento de 5% na produção praticamente neutraliza os efeitos da redução de uso da água decorrentes do aumento de $\Delta P_A = 10\%$. Com um acréscimo de $\Delta Y = 10\%$, o efeito da variação da produção passa a ser dominante, implicando elevação da demanda de água. O mesmo comportamento de reduções na economia de água com o aumento da produção pode ser observado para os demais valores de ΔP_A .

Esses resultados indicam que, caso se queira atingir uma determinada meta de redução do uso industrial da água, os valores da cobrança devem ser ajustados à medida que ocorra elevação da produção industrial, de modo a se neutralizar as pressões de demanda resultantes do aumento da atividade. Por exemplo, para se obter uma redução de 10% no uso da água ($\Delta A = -10\%$), seria necessário um aumento pouco superior a 30%. Caso a produção aumente em 5% ($\Delta Y = 5\%$), para se manter

essa meta de redução seria necessário um novo aumento, implicando um preço final da água aproximadamente 40% superior ao seu valor inicial.

TABELA 37
IMPACTO DE VARIAÇÕES NO PREÇO DA ÁGUA E NA PRODUÇÃO SOBRE A DEMANDA INDUSTRIAL DE ÁGUA

	$\Delta Y = 0$	$\Delta Y = 2,5$	$\Delta Y = 5$	$\Delta Y = 10$	$\Delta Y = 15$	$\Delta Y = 20$
$\Delta P_A = 0$	$\Delta A = 0,0$	$\Delta A = 1,71$	$\Delta A = 3,39$	$\Delta A = 6,66$	$\Delta A = 9,81$	$\Delta A = 12,86$
$\Delta P_A = 10$	$\Delta A = -3,23$	$\Delta A = -1,66$	$\Delta A = -0,12$	$\Delta A = 2,86$	$\Delta A = 5,74$	$\Delta A = 8,53$
$\Delta P_A = 20$	$\Delta A = -6,38$	$\Delta A = -4,94$	$\Delta A = -3,52$	$\Delta A = -0,77$	$\Delta A = 1,89$	$\Delta A = 4,46$
$\Delta P_A = 30$	$\Delta A = -9,40$	$\Delta A = -8,06$	$\Delta A = -6,75$	$\Delta A = -4,20$	$\Delta A = -1,73$	$\Delta A = 0,65$
$\Delta P_A = 40$	$\Delta A = -12,28$	$\Delta A = -11,03$	$\Delta A = -9,80$	$\Delta A = -7,42$	$\Delta A = -5,12$	$\Delta A = -2,89$
$\Delta P_A = 50$	$\Delta A = -14,99$	$\Delta A = -13,83$	$\Delta A = -12,68$	$\Delta A = -10,44$	$\Delta A = -8,28$	$\Delta A = -6,19$
$\Delta P_A = 60$	$\Delta A = -17,56$	$\Delta A = -16,46$	$\Delta A = -15,38$	$\Delta A = -13,27$	$\Delta A = -11,24$	$\Delta A = -9,27$
$\Delta P_A = 70$	$\Delta A = -19,97$	$\Delta A = -18,93$	$\Delta A = -17,91$	$\Delta A = -15,92$	$\Delta A = -14,00$	$\Delta A = -12,14$
$\Delta P_A = 80$	$\Delta A = -22,25$	$\Delta A = -21,26$	$\Delta A = -20,29$	$\Delta A = -18,41$	$\Delta A = -16,59$	$\Delta A = -14,82$
$\Delta P_A = 90$	$\Delta A = -24,39$	$\Delta A = -23,45$	$\Delta A = -22,83$	$\Delta A = -20,74$	$\Delta A = -19,01$	$\Delta A = -17,33$
$\Delta P_A = 100$	$\Delta A = -26,41$	$\Delta A = -25,52$	$\Delta A = -24,64$	$\Delta A = -22,93$	$\Delta A = -21,28$	$\Delta A = -19,68$

6 ESTIMAÇÃO DOS CUSTOS DE CONTROLE DE POLUIÇÃO

O principal problema enfrentado pela bacia do rio Paraíba do Sul diz respeito à poluição de origem doméstica e industrial. A rápida expansão demográfica nas áreas urbanas da bacia não foi acompanhada das medidas necessárias de planejamento e saneamento. Esse processo resultou em uma ocupação indiscriminada de suas margens e na carência de infra-estrutura sanitária. De acordo com o Plano de Recursos Hídricos da Bacia [Fundação Coppetec (2002)], 69,1% das residências localizadas na região têm seus esgotos coletados, e apenas 12,3% do volume de esgoto coletado são tratados antes de serem lançados nos corpos hídricos. Além da poluição de origem doméstica, a intensa atividade industrial na região contribuiu para a degradação dos recursos hídricos. De fato, a bacia engloba importantes regiões industriais e urbanas do país cuja produção corresponde a aproximadamente 10% do PIB.

O impacto do crescimento demográfico desordenado e da intensa atividade industrial sobre a qualidade da água da bacia pode ser ilustrado pela Tabela 38. O percentual de violações das amostras recolhidas nas estações de monitoramento em relação aos padrões definidos para a bacia é bastante alto. Os números relativos às concentrações de fosfato, coliformes fecais e DBO mostram o alto nível de poluição orgânica. A presença significativa de substâncias tóxicas, tais como alumínio e fenóis, realça o papel do setor industrial na degradação da qualidade das águas.

Apesar de esses números indicarem claramente a necessidade da promoção de políticas de controle de poluição na bacia, a falta de estimativas dos potenciais custos e benefícios da aplicação dos instrumentos de política impossibilita a avaliação do impacto dessas medidas por parte dos gestores de recursos hídricos.

TABELA 38
PARÂMETROS DE QUALIDADE CRÍTICOS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Parâmetro	Índice de violações médias ^a (%)
Alumínio	98,9
Fosfatos	90,3
Fenóis	34,4
Coliformes fecais	77,8
DBO	11,8

Fonte: Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Paraíba do Sul (2002).

^a Corresponde ao índice de violações das amostra colhidas em relação aos padrões de qualidade estabelecidos para a bacia.

Esta última parte do relatório tem por objetivo fornecer uma estimação do custo do controle de poluição hídrica nos estabelecimentos pesquisados. A ausência de informações sobre emissões de efluentes impossibilitou a estimação de uma função de custo de abatimento de poluição em termos da redução das cargas poluentes.¹⁸ Optou-se, então, por se estimar uma função custo do tratamento de efluentes de origem industrial. Apesar de a metodologia adotada não possibilitar a quantificação dos custos envolvidos em reduções de cargas poluentes, ela permite que se avalie de que modo os custos de tratamento variam com os volumes de água utilizados e com o tipo de tratamento de efluentes adotado.

6.1 MODELO ECONOMÉTRICO

Adota-se aqui a metodologia proposta por Dasgupta *et alii* (1996), que consiste em se estimar uma função do custo médio de tratamento da água para, a partir dos parâmetros obtidos, computar-se o custo marginal de tratamento.

A especificação do modelo a ser estimado pode ser representada pela expressão:

$$C_MED = f(perc_trat, secter, X) \quad (5)$$

onde:

C_MED = custo médio do tratamento de efluentes (R\$/m³ tratado);

$perc_trat$ = percentual de efluentes tratado pelo estabelecimento, ou seja, a proporção da água descartada que passa por algum tipo de tratamento (primário, secundário ou terciário);¹⁹

$secter$ = variável indicadora da existência de tratamento secundário e/ou terciário de efluentes no estabelecimento; e

18. De fato, o questionário não incluiu perguntas sobre níveis de descarga de efluentes devido ao reduzido número de estabelecimentos que adotam a prática de monitorar essas descargas. Apenas 15% dos estabelecimentos pesquisados afirmaram monitorar seus efluentes. Desses, uma grande parte recusou-se a responder perguntas quantitativas sobre o conteúdo de seus efluentes. Em vista disso, decidiu-se que a versão final do questionário incluiria uma pergunta sobre o custo médio de tratamento de efluentes no estabelecimento.

19. Foram estimadas também especificações nas quais o volume total tratado substitui o percentual de efluentes tratado ($perc_trat$) como variável explicativa. Os coeficientes mostraram-se muito próximos nas duas especificações, indicando que ambas as variáveis captam bem o efeito escala sobre os custos de tratamento. Como a regressão com $perc_trat$ mostrou melhores propriedades estatísticas, optou-se por apresentar aqui os resultados relativos a essa especificação.

X = vetor contendo variáveis que atuam como potenciais fatores de heterogeneidade, influenciando o custo médio do tratamento de efluentes. Nas aplicações econométricas, foram considerados como fatores de heterogeneidade o setor de atividade e o uso principal dado à água no estabelecimento.

A função (5) foi especificada na forma linear, obtendo-se a seguinte equação de regressão:

$$C_MED = \alpha_0 + \alpha_1 PERC_TRAT + \alpha_2 SECTER + \alpha_3 PERC_TRAT * SECTER + \alpha_4 X + \varepsilon \quad (6)$$

onde α_i ($i = 0, 1, \dots, 4$) são os parâmetros a serem estimados, $PERC_TRAT * SECTER$ o termo cruzado resultante da multiplicação dessas duas variáveis e ε é o resíduo da regressão.

Para a estimação do custo marginal de tratamento C_MARG , que representa o custo de tratamento de 1 m³ adicional de água residuária, utiliza-se a seguinte relação entre o custo marginal e o custo médio.²⁰

$$C_MARG = VOL_TRAT \times \partial (C_MED) / \partial (VOL_TRAT) + C_MED \quad (7)$$

onde VOL_TRAT representa o volume total de efluentes tratados e $\partial(C_MED) / \partial(VOL_TRAT)$ é a derivada parcial do custo médio em relação ao volume de efluentes tratado. Substituindo-se o custo médio pela expressão (6), pode-se observar que a derivada parcial do custo médio é dada por

$$\partial(C_MED) / \partial(VOL_TRAT) = \partial_1 (1 / VOL_DESC) + \partial_3 (SECTER / VOL_DESC) \quad (8)$$

onde VOL_DESC é o volume de água descartado. Substituindo-se (8) em (7), obtém-se a fórmula a partir da qual o custo marginal de tratamento de poluição pode ser calculado.

6.2 DADOS

Todos os dados foram obtidos diretamente dos questionários, tendo sido utilizadas informações sobre 318 estabelecimentos.²¹ Destes, 51 afirmaram fazer algum tipo de tratamento de seus efluentes. As estatísticas descritivas das variáveis para esses estabelecimentos encontram-se na Tabela 39. Observa-se que as plantas industriais apresentam um alto percentual de volume de tratamento de efluentes (85% do

20. Essa relação é obtida a partir da derivada do custo médio em relação ao volume tratado (denominado VOL_TRAT). De fato, como o custo médio pode ser escrito como o custo total de tratamento (denominado CT , que é função de VOL_TRAT) dividido pelo volume tratado, ou seja, $C_MED = CT(VOL_TRAT) / VOL_TRAT$, a derivada do custo médio é dada por:

$$\partial(C_MED) / \partial(VOL_TRAT) = \partial(CT(VOL_TRAT) / VOL_TRAT) / \partial(VOL_TRAT) = \frac{1}{VOL_TRAT} (C_MARG - C_MED).$$

Rearranjando-se a expressão acima, obtém-se (7).

21. Os demais 170 estabelecimentos não souberam estimar os volumes e custos envolvidos com descarte e/ou tratamento dos efluentes.

volume de descarte) e que 30 dos 51 estabelecimentos adotam algum tipo de tratamento secundário e/ou terciário (60% dos estabelecimentos com tratamento).

TABELA 39
ESTATÍSTICAS DESCRITIVAS DAS VARIÁVEIS ENVOLVIDAS NAS ESTIMAÇÕES

Variável	Unidade	Média	Desvio-padrão
<i>C_MED</i>	R\$/m ³	1,10	1,41
<i>VOL_DESC</i>	m ³	21.472	129.495
<i>PERC_TRAT</i>	%	85,55	26,74
<i>SECTER</i>	-	0,602	-

Nota: As estatísticas referem-se apenas aos estabelecimentos que afirmaram fazer tratamento de efluentes no próprio local.

6.3 RESULTADOS

Foram estimadas três especificações para a regressão (6). Como 244 dos 318 estabelecimentos afirmaram não fazer qualquer tipo de tratamento de efluentes,²² foi adotado para a estimação o método *tobit*.²³ Os resultados encontram-se na Tabela 40.

TABELA 40
PARÂMETROS ESTIMADOS DA REGRESSÃO DE CUSTO MÉDIO DE TRATAMENTO
[variável dependente: custo médio de tratamento]

Variáveis explicativas	Modelo I	Modelo II	Modelo III
Constante	-3,711274 *** (0,5616389)	-3,445082 *** (0,5851189)	-3,871936 *** (0,590893)
<i>PERC_TRAT</i>	0,0473637 *** (0,0070649)	0,0463231 *** (0,0070264)	0,0474776 *** (0,0070684)
<i>SECTER</i>	4,52494 *** (1,214046)	4,475711 *** (1,210382)	4,619415 *** (1,203542)
<i>PERC_TRAT*SECTER</i>	-0,0468069 *** (0,0138873)	-0,0471386 *** (0,0138811)	-0,0481833 *** (0,0137891)
<i>SANIT</i>	-	-0,4526797 (0,4316719)	-
<i>METAL</i>	-	-	0,7661454* (0,4496899)
<i>R</i> ²	0,4472	0,4503	0,4551
Observações	318	318	318

*, ** e *** Coeficientes significativos ao nível de 10%, 5% e 1%, respectivamente. Desvio-padrão entre parênteses.

O modelo I corresponde à especificação mais simples, sem variáveis de controle para a heterogeneidade da amostra (isto é, $X = 0$). Já o modelo II inclui uma variável indicadora para firmas que utilizam a água principalmente para fins sanitários (*SANIT*). O modelo III inclui uma *dummy* setorial relativa às atividades metalúrgicas (*METAL*).²⁴

22. Nesses estabelecimentos, o custo de tratamento é igual a 0, justificando a escolha do método de estimação *tobit*.

23. Para as estimações, foi utilizado o *software* Stata 7.0.

24. De fato, foram investigadas várias especificações para se avaliar os efeitos dos diferentes setores de atividade sobre o custo de tratamento. Apenas o coeficiente relativo ao setor metalúrgico mostrou-se significativo.

O primeiro fato a ser observado é que as variáveis *SECTER* e *PERC_TRAT*, bem como o termo cruzado *PERC_TRAT*SECTER*, são estatisticamente significativas ao nível de 1% e os valores de seus coeficientes permanecem relativamente inalterados nas três especificações. Como esperado, o sinal positivo para a variável indicadora de tratamento secundário e/ou terciário *SECTER* mostra que os estabelecimentos que adotam tratamentos desse tipo possuem custo médio superior às plantas que realizam apenas tratamento primário de seus efluentes. O sinal positivo para *PERC_TRAT* indica que o custo médio aumenta com o percentual de tratamento de efluentes. O valor negativo para o termo cruzado indica, no entanto, que o custo médio aumenta com o percentual tratado de maneira menos forte nos estabelecimentos que adotam métodos de tratamento secundário e/ou terciário.²⁵

Já o coeficiente negativo da variável *SANIT* no modelo II indica que estabelecimentos que utilizam água predominantemente para fins sanitários possuem menores custos médios de tratamento. Esse sinal é esperado, visto que os efluentes industriais dessas plantas se caracterizam por uma grande carga de poluição orgânica, de custo de tratamento relativamente barato em relação a outros poluentes industriais. Vale observar, no entanto, que esse coeficiente não é significativamente diferente de 0. Finalmente, o coeficiente positivo e significativo (ao nível de 10%) da variável *METAL* no modelo III indica que o setor metalúrgico possui custo médio de tratamento superior aos demais setores.

Como os três modelos possuem coeficientes muito semelhantes e capacidade explicativa praticamente idêntica ($R^2 = 0,45$), para o cálculo dos custos marginais de tratamento foi utilizado o modelo I. A Tabela 41 apresenta os valores calculados para a amostra completa e por setores de atividade,²⁶ considerando-se a média das observações.

TABELA 41
CUSTO MARGINAL DE TRATAMENTO POR SETOR DE ATIVIDADE

	Custo marginal (R\$)	Observações
Amostra completa	0,95	51
Alimentos e bebidas	0,99	8
Têxtil	0,49	5
Madeira, borracha e plástico	0,53	5
Química	0,32	8
Metalurgia	1,26	12
Máquinas e equipamentos	0,60	4

Nota: custos marginais calculados pela média das observações. Elasticidades para setores com menos de quatro observações foram omitidas.

O custo marginal para a amostra completa indica que o tratamento de 1 m³ adicional por parte dos estabelecimentos custará R\$ 0,95. Contudo, ao se observar o custo marginal de forma desagregada, verifica-se que este varia substancialmente de

25. Os modelos II e III, nos quais o coeficiente do termo cruzado *PERC_TRAT*SECTER* supera (em valor absoluto) o valor do coeficiente de *PERC_TRAT*, sugerem que possa haver mesmo ganhos de escala nos estabelecimentos com tratamento secundário e/ou terciário.

26. Elasticidades para setores com menos de quatro observações foram omitidas.

acordo com o setor de atividade.²⁷ Os maiores custos marginais de tratamento são encontrados nos setores metalúrgico (R\$ 1,26) e de alimentos e bebidas (R\$ 0,99). Já o setor químico apresenta o menor custo marginal (R\$ 0,32), que corresponde a aproximadamente 1/3 do custo calculado para a amostra completa.

A Tabela 42 exibe o custo marginal segundo o tipo de tratamento utilizado. Como era de se esperar, estabelecimentos que empregam exclusivamente métodos primários de tratamento de efluentes possuem custos marginais inferiores aos estabelecimentos que utilizam métodos secundários e/ou terciários. Já a Tabela 43 mostra que as plantas que utilizam água predominantemente para fins sanitários possuem custo marginal de R\$ 0,79, inferiores ao custo marginal de R\$ 1,02 estimado para plantas industriais que utilizam a água para outros fins. Mais uma vez o resultado é intuitivo, já que o tratamento da água utilizada para fins sanitários destina-se, sobretudo, ao controle da poluição orgânica, cujos métodos são relativamente simples e de baixo custo.

TABELA 42
CUSTO MARGINAL DE TRATAMENTO SEGUNDO O TIPO DE TRATAMENTO ADOTADO
[em R\$]

Tipo de tratamento	Custo marginal
Estabelecimentos exclusivamente com tratamento primário	0,89
Estabelecimentos com tratamento secundário e/ou terciário	0,99

TABELA 43
CUSTO MARGINAL DE TRATAMENTO SEGUNDO A FINALIDADE DO USO DA ÁGUA
[em R\$]

Uso principal da água	Custo marginal
Fins sanitários	0,79
Outros fins	1,02

A comparação do custo marginal de tratamento estimado com o valor da cobrança pelo descarte de água sem qualquer tratamento na bacia do rio Paraíba do Sul (R\$ 0,02/m³) mostra que, nos valores atuais, a cobrança não gerará incentivos suficientes para a realização de investimentos de controle de poluição industrial por parte dos estabelecimentos. De fato, como mostrado na Tabela 41, os valores do custo marginal de tratamento dos diferentes setores de atividade variam entre R\$ 0,32 e R\$ 1,26. A cobrança pelo lançamento de efluentes sem tratamento fica muito abaixo dos custos marginais estimados, o que indica que a introdução da cobrança não incentivará a adoção de medidas de controle de poluição hídrica. Esse resultado parece estar de acordo com as informações da Tabela 36, que mostram que apenas 22% dos estabelecimentos pesquisados afirmaram que a introdução da cobrança na bacia do rio Paraíba do Sul de alguma forma incentivou a adoção de investimentos em conservação de água ou em sistemas de tratamento de efluentes. A evidência estatística aqui apresentada sugere que, para que a cobrança seja um instrumento eficaz no controle de poluição na bacia, seu valor terá que sofrer fortes reajustes.

27. Deve ser ressaltado que, devido ao pequeno número de observações, o custo marginal por setor de atividade deve ser tratado com cautela.

7 CONCLUSÃO

Em vista dos resultados apresentados neste artigo, procura-se aqui tecer algumas considerações sobre a fase inicial da cobrança sobre o uso da água na bacia do rio Paraíba do Sul e seus potenciais impactos sobre os usuários industriais.

Em primeiro lugar, os resultados da pesquisa indicam que uma parcela significativa dos usuários industriais instalados na bacia mostra-se contrária à cobrança. Contudo, a rejeição parece não se dar de maneira uniforme no setor, concentrando-se sobretudo nos estabelecimentos que se caracterizam como pequenos usuários de água. A cobrança pelo uso da água no Paraíba do Sul parece ter encontrado boa receptividade nas empresas de grande porte, o que indica que seus resultados em termos de geração de receitas e promoção do uso racional de recursos hídricos podem ser satisfatórios. Por outro lado, deve-se fazer um maior esforço no sentido de se aumentar o alcance da cobrança no segmento dos pequenos e médios estabelecimentos, reforçando-se assim o caráter participativo e a conseqüente legitimidade desse instrumento de gestão. Para isso, há que se investir em campanhas de esclarecimento voltadas para esses segmentos.

Em segundo lugar, as simulações apresentadas sugerem que um aumento do custo da água pode induzir a reduções relativamente importantes na demanda industrial e, ao mesmo tempo, não implicar impactos substanciais sobre o custo total dos estabelecimentos. Dessa forma, a cobrança pelo uso da água pode agir como um instrumento eficaz de incentivo ao uso racional de recursos hídricos sem causar impactos econômicos significativos sobre os usuários industriais. Concilia-se assim o objetivo ambiental (conservação de recursos hídricos) com o econômico (minimização do impacto da cobrança sobre o custo dos usuários).

Por outro lado, os valores estimados para o custo marginal de tratamento de efluentes mostram-se bem acima do valor atual da cobrança por diluição de efluentes na bacia. Isso sugere que a cobrança, neste primeiro momento, terá impacto muito limitado como mecanismo de incentivo a atividades de controle de poluição hídrica por parte dos estabelecimentos. Para que a cobrança possa servir como um instrumento eficaz de sinalização do valor de escassez de qualidade da água na bacia, capaz de alterar o comportamento dos usuários industriais em termos de tratamento de efluentes, seu valor terá de ser reajustado substancialmente em fases posteriores de sua implementação.

APÊNDICE

QUESTIONÁRIO APLICADO NAS ENTREVISTAS DE CAMPO

Quest

Marketing e Pesquisa de Mercado

www.questmkt.com.br

Alameda Santos, 336 – 4º andar – São Paulo – SP
CEP 01418-000 – Tel (11) 3171-0714 – Fax: (11) 3263 0981

Entrevistador: _____ Data: _____ / _____

Verificador: _____ Data: _____ / _____

PESQUISA SOBRE UTILIZAÇÃO DE ÁGUA PELOS ESTABELECIMENTOS INDUSTRIAIS NA BACIA DO RIO PARAÍBA DO SUL

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA
Institut National de Recherche Agricole – INRA/France
Fundo Setorial de Recursos Hídricos – CT-Hidro/CNPq

Bom dia/ boa tarde/ boa noite. Meu nome é _____ e eu trabalho para a QUEST, a Agência de Pesquisa que foi contratada pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) para realizar um estudo sobre a utilização de água pelas indústrias da bacia do Rio Paraíba do Sul (e gostaria de falar com o(a) Sr(a) _____).

O(a) Sr(a) é a pessoa indicada para fornecer:

- a) informações sobre o uso da água na empresa?
- b) algumas informações econômicas sobre a empresa?

[Entrevistador: Se necessário, para qualquer pessoa abordada, esclareça] Este estudo está sendo feito pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA) em parceria com o Instituto Nacional Francês de Pesquisa Agrícola (INRA da França) e com apoio da FIESP / FIRJAN / FIEMG.

Os resultados deste estudo fornecerão à FIESP / FIRJAN / FIEMG e às empresas maior conhecimento sobre o papel da água no processo produtivo e sobre o impacto da cobrança pelo uso da água nos diferentes setores de atividade industrial. Isso será um passo fundamental para melhorar o diálogo com órgãos ambientais.

Caso o(a) Sr(a) queira, podemos lhe enviar, via fax, uma carta de apresentação da FIESP / FIRJAN / FIEMG e um termo de confidencialidade do IPEA.

I. INFORMAÇÕES GERAIS SOBRE A EMPRESA

1) Entrevistador: cheque os dados cadastrais da empresa. O que faltar ou estiver errado, complete no quadro abaixo:

Nome / razão social da empresa :		
Endereço completo da empresa:		
Cidade	UF	CEP _____ - _____
CNPJ/ MF n° _____ / _____ - _____		
Código Nacional de Atividade Econômica (CNAE): 1) ND 2) _____ - _____		Descrição da atividade do CNAE:

LEGENDA

RU = Resposta Única.
 RM = Resposta Múltipla (pode responder a várias alternativas).
 Escreva 0 (zero) quando o valor da informação for zero.
 Escreva NA quando a pergunta não se aplica a empresa.
 Escreva ND quando a informação não for disponível.

Nome Entrevistado (Financeiro):	Nome Entrevistado (Informações Água):
---------------------------------	---------------------------------------

2) Qual é o tipo de sociedade que sua empresa pertence? [LEIA AS ALTERNATIVAS - RU]

Sociedade Limitada	1	(Ltda)
Sociedade Anônima com ações negociadas somente no mercado brasileiro	2	(S/A)
Sociedade Anônima com ações negociadas no mercado internacional (e brasileiro)	3	(S/A)

3) Quantos por cento de capital privado nacional, estatal nacional e estrangeiro tem em sua empresa?
 [Entrevistador: checar se a soma dá 100%]

Privado nacional	Estatatal nacional	Estrangeiro	⇒ Somar 100%
%	%	%	

II. INFORMAÇÕES ECONÔMICAS SOBRE A EMPRESA

Eu vou perguntar algumas informações econômicas de SUA UNIDADE FABRIL durante os 12 meses do ano de 2002.

- 4a) Qual foi o principal produto fabricado em 2002? _____
- 4b) Qual foi o volume físico do PRINCIPAL PRODUTO produzido por sua empresa em peso ou volume em 2002 ?
- 4c) E qual foi o total da receita de vendas em reais nos 12 meses de 2002 ?
- 4d) E qual foi o custo TOTAL de produção da empresa nos 12 meses do ano de 2002 ?

4b	Volume físico do principal produto	Quantidade:	⇒ Kg.....1	m ³4	⇒ mês...1 ano...2
			Ton.....2	Outra medida...X (especificar)	
			Litros....3	_____	

4c	Receita total de vendas	Valor	⇒ Reais....1	⇒ Dólares2	⇒ mês...1 ano...2
4d	Custo total de produção. Incluir mão-de-obra, matéria-prima, eletricidade, energia térmica, água	Valor	⇒ Reais....1	⇒ Dólares2	⇒ mês...1 ano...2

- 5a) Qual foi o número de funcionários na produção, incluindo os terceirizados, durante o ano de 2002?
- 5b) E qual foi o número de funcionários no setor administrativo, incluindo os terceirizados ?
- 5c) [Se não respondeu 5a ou 5b] E qual foi o número TOTAL de funcionários, somando os da produção e os administrativos, incluindo os terceirizados ?
- 5d) E quais foram as despesas com salários e encargos dos funcionários de sua empresa, incluindo terceirizados, nos 12 meses de 2002 ?

5a	5b	5c	5d
Nº de funcionários na produção (incluindo terceirizados)	Nº de funcionários administrativos (incluindo terceirizados)	Nº TOTAL de funcionários (produção+administrativo) (incluindo terceirizados)	Total das despesas (salários e encargos) (incluindo terceirizados)
			Valor:
			Reais...1 Dólares ...2
			mês...1 ano...2

Agora eu gostaria que o(a) Sr(a) fornecesse algumas informações sobre o consumo de energia elétrica e térmica da empresa, considerando os 12 meses de 2002.

6a) Qual foi a quantidade consumida de energia elétrica em kilowatts-hora nos **12 meses de 2002?**

6b) Qual foi o total de despesas com energia elétrica **12 meses de 2002?**

6a	Quantidade consumida	Quantidade:	Kwh...1	Mwh...2	Gwh...3	mês...1	ano...2
6b	Valor das despesas com energia elétrica	Valor:	Reais....1	Dólares....2		mês...1	ano...2

7a) Qual foi a quantidade consumida de energia térmica para produção de vapor, aquecimento, refrigeração, ar condicionado etc, em megajoules nos **12 meses de 2002?**

7b) Qual foi o total de despesas com energia térmica nos **12 meses de 2002?**

7a	Quantidade consumida	Quantidade:	MJ....1	GJ....2	Btu....3	mês...1	ano...2
7b	Valor das despesas com energia térmica	Valor:	Reais....1	Dólares....2		mês...1	ano...2

8a)	Qual foi o total <u>anual</u> de despesas com matéria-prima nos 12 meses de 2002?	Valor:	Reais1	Dólares2	mês...1	ano...2
8b)	Qual a principal matéria-prima (em termos de custo) utilizada pela empresa	Nome:	[uso interno] Cod:			

9a) Agora eu vou perguntar algumas informações sobre o capital da empresa nos **12 meses de 2002**.

A sua empresa pertence a um grupo ou é uma única unidade fabril? [RU]

Grupo.....1	Unidade fabril única.....2
-------------	----------------------------

9b) Qual foi o valor do <u>ativo permanente imobilizado</u> total da(o) GRUPO/UNIDADE FABRIL nos 12 meses de 2002?	Valor:	Reais...1	Dólares...2
--	--------	-----------	-------------

9c) Quantos por cento do ativo permanente imobilizado total da(o) grupo/unidade fabril o(a) Sr(a) estima que foi relativo somente às <u>atividades produtivas</u> de sua unidade fabril ?	%	
---	---	--

9d) Como o(a) Sr(a) estima que seja a divisão percentual desse capital imobilizado de sua unidade fabril entre..... [Leia os 3 itens]		
.....Máquinas e equipamentos	%	Somar 100%
.....Obras e Instalações	%	
.....Outros	%	

9e) Qual foi o valor da <u>depreciação acumulada</u> da(o) GRUPO/UNIDADE FABRIL nos 12 meses de 2002	Valor:	Reais...1	Dólares...2
--	--------	-----------	-------------

9f) Qual foi o <u>total de investimentos</u> da(o) GRUPO/UNIDADE FABRIL 12 meses de 2002	Valor:	Reais...1	Dólares...2
--	--------	-----------	-------------

9g) Quantos por cento do total de investimentos da(o) grupo/unidade fabril o(a) Sr(a) estima que foi relativo somente às <u>atividades produtivas</u> de sua unidade fabril ?	%	
---	---	--

III. CERTIFICAÇÃO AMBIENTAL (Gerente de Fábrica ou de Manutenção)

A partir de agora, nós vamos falar SOMENTE sobre a sua unidade fabril.

Eu vou fazer algumas perguntas sobre as certificações ISO de sua empresa.

10a) Qual é a situação de sua empresa em relação à certificação ISO 9000? [Leia as alternativas - RU]

10b) E qual é a situação de sua empresa em relação à certificação ISO 14.000? [Leia as alternativas - RU]

	10a) ISO 9000	10b) ISO 14.000
Sua empresa tem ISO [leia o ISO de cada pergunta] para todos os processos? (obtenção integral)	1	1
Sua empresa tem ISO [leia o ISO de cada pergunta] para determinados processos (obtenção parcial)	2	2
Sua empresa está em fase de desenvolvimento para obtenção da ISO [leia o ISO de cada pergunta]	3	3
Pretende obter a ISO [leia o ISO de cada pergunta] nos próximos 3 anos	4	4
Não pretende obter a ISO [leia o ISO de cada pergunta] nos próximos 3 anos	5	5

11) Eu vou ler algumas frases e gostaria que o(a) Sr(a) me dissesse qual delas descreve melhor o **desempenho ambiental** de sua empresa. [Leia as alternativas - RU]

A Empresa excede os requisitos da legislação ambiental e segue um padrão ambiental internacional	1
A Empresa cumpre exatamente as normas ambientais nacionais	2
A Empresa cumpre sempre as normas ambientais, mas apresenta esporadicamente algumas falhas	3
A Empresa apresenta falhas regulares no cumprimento das normas ambientais	4
A Empresa raramente tem condições de cumprir com as normas ambientais	5

12a) O órgão ambiental atrasou a emissão das licenças ambientais dos investimentos realizados em sua empresa em 2002 em relação ao prazo esperado? [RU]

Sim	1	
Não atrasou	2	⇒ Pule para P.13
Não houve pedido de licença ambiental	3	⇒ Pule para P.14

12b) Qual foi o tempo médio de atraso para a emissão da licença de instalação em relação ao prazo esperado?

12c) E qual foi o tempo médio de atraso para a emissão da licença de operação em relação ao prazo esperado?

12b)	Atraso na emissão da <u>licença de instalação</u>	_____ Meses
12c)	Atraso na emissão da <u>licença de operação</u>	_____ Meses

13) Estime quantos por cento do custo total dos investimentos realizados na empresa em 2002 foram gastos no processo de licenciamento, **considerando todas as licenças de instalação e operação, com** [Leia as alternativas]

.....Gastos de consultoria, preparação e acompanhamento dos relatórios do pedido de licença	%
.....Gastos de engenharia, equipamentos e mudanças tecnológicas para atender ao processo de licenciamento	%

Eu vou fazer perguntas sobre abastecimento e uso de água da rede pública para dentro de sua empresa.

Depois nós vamos falar sobre abastecimento e uso de água captada dentro de sua empresa através de poço, rio, lago ou outra forma.

VAMOS FALAR AGORA SOMENTE SOBRE A ÁGUA QUE VEM DA REDE PÚBLICA.

IV. ABASTECIMENTO E USO DE ÁGUA DA REDE PÚBLICA

14) Sua empresa utiliza água da rede de distribuição pública (água que vem da rua)? [RU]

Sim1

Não2

⇒ PULE P. P. 20

15a/b) Qual foi o volume total anual de água proveniente da rede pública destinado ao abastecimento de sua empresa e qual foi o valor anual total da conta de água nos 12 meses de 2002?

15c) Houve alguma despesa extraordinária ou serviços extras vinculados a água e esgoto durante o ano de 2002, como taxas de matrícula, custos de ligação, religação, sanções, reparos de hidrômetros, etc? Se sim, qual foi o total dessas despesas extraordinárias? [Entrevistador: se não houve, anote zero]

Ano	15a	15b	15c	
	Volume em m ³ (soma de 12 meses)	Valor anual da conta de água (soma de 12 meses)	Despesas extraordinárias ou serviços extras	
2002				
		Reais....1 Dólares....2	Reais....1	Dólares....2
	mês.....1 ano.....2	mês.....1 ano.....2	mês.....1	ano.....2

16) Onde se gasta a maior quantidade de água proveniente da rede pública na sua empresa? [RU – Leia as alternativas, se necessário]

Insumo produtivo	1	Cozinha	6
Limpeza	2	Retrolavagem de equipamentos	7
Refrigeração	3		
Condensação / geração de vapor	4	Outros (especifique)	X
Banheiro(s) / Chuveiro(s)	5		[uso interno] Cod.

17) É necessário tratar a água da rede pública antes de sua utilização (pré - tratamento)? [RU]

Sim1

Não2

⇒ PULE P. P. 20

18) Quais são os processos utilizados para o tratamento da água da rede pública?

[RM – Leia as alternativas]

Filtração	1	Controle de dureza e alcalinidade	5
Cloração e desinfecção	2	Desmineralização	6
Decantação	3	Outros (especifique)	X
Controle de corrosão	4		[uso interno] Cod.

19a) Nos 12 meses de 2002, qual foi o volume total de água da rede pública em m³ que foi tratada internamente antes de sua utilização?

19b) E qual foi o custo por m³ desse tratamento?

19a	Volume total de água da <u>rede pública</u> tratada em 2002 (m ³)	m ³	mês.....1	ano.....2
19b	Custo por m ³ tratado	Valor:	Reais...1	Dólares...2

V. ABASTECIMENTO E USO DE ÁGUA POR CAPTAÇÃO PRÓPRIA

20) A sua empresa realiza captação própria de água através de poço, rio, lago, nascente, represa ou outro meio? [RU]

Sim1

Não2

⇒ PULE P. P. 32

21) De onde a água é captada, na superfície ou no subterrâneo? [RM]

[Se necessário, dê exemplos:]

- **Superfície:** água captada em rio, córrego, ribeirão, reservatório, açude, represa, lago, lagoa, nascente ou estuário.
- **Subterrâneo:** água captada através de poço raso, poço profundo ou poço artesiano.

Superfície..... 1

Subterrâneo.....2

22a) [Se respondeu 1 na P.21, faça P.22a. Senão, pule para pergunta 23a]

Nos 12 meses de 2002, qual foi o volume de água captado em superfície por sua empresa em m³?

22b) E qual foi o custo por m³ captado?

22c) (Se N.D. na P.22b, pergunte:) Qual a distância estimada do ponto de captação até a empresa, em metros?

Água de <u>SUPERFÍCIE</u>			
22a) Volume captado em m ³		22b) Custo por m ³ captado	
m ³		Valor:	
		Reais...1	Dólares...2
mês...1	ano...2	P22c) metros	

23a) [Se respondeu 2 na P.21, faça P.23a. Senão, pule para pergunta 24]

Nos 12 meses de 2002, qual foi o volume de água captado em subterrâneo por sua empresa em m³?

23b) E qual foi o custo por m³ captado?

23c) (Se N.D. na P.23b, pergunte:) Qual a profundidade estimada do poço para captação subterrânea, em metros?

Água <u>SUBTERRÂNEA</u>			
23a) Volume captado em m ³		23b) Custo por m ³ captado	
m ³		Valor:	
		Reais...1	Dólares...2
mês...1	ano...2	P23c) metros	

24) Onde se gasta a maior quantidade de água captada por conta própria na sua empresa? [RU – Leia as alternativas, se necessário]

Insumo produtivo	1
Limpeza	2
Refrigeração	3
Condensação / geração de vapor	4
Banheiro(s) / Chuveiro(s)	5

Cozinha	6
Retrolavagem de equipamentos	7
Outros (especifique)	X
	[uso interno] Cod.

25) Há necessidade de tratar a água de captação própria antes de sua utilização (pré - tratamento)? [RU]

Sim	1	
Não	2	⇒ PULE P. P. 28

26) Quais são os processos utilizados para o tratamento da água captada? [RM – Leia as alternativas]

Filtragem	1
Cloração e desinfecção	2
Decantação	3
Controle de corrosão	4

Controle de dureza e alcalinidade	5
Desmineralização	6
Outros (especifique)	X
	[uso interno] Cod.

27a) Nos 12 meses de 2002, qual foi o volume total de água captada por conta própria que foi tratada internamente antes de sua utilização?

27b) E qual foi o custo por m³ desse tratamento da água captada por conta própria antes de sua utilização?

27a	Volume total de água <u>captada por conta própria</u> tratada em 2002 (m ³)	m ³	mês...1	ano...2
27b	Custo por m ³ tratado		Reais...1	Dólares...2

VI. OUTORGA E COBRANÇA PELO USO DA ÁGUA

28) A empresa possuía licença (outorga) de direito de uso da água no período anterior ao cadastramento da Agência Nacional de Águas (ANA) ? [RU]

Sim1	Não.....2
------------	-----------

29) A empresa se cadastrou junto a Agência Nacional de Águas (ANA) ? [RU]

Sim1	Não.....2
------------	-----------

30) Sua empresa (unidade fabril) faz a captação de mais ou menos que 1 litro de água por segundo? [RU]

Mais	1
Menos	2 ⇨ PULE P. P. 32

31) Qual é o valor total da cobrança do uso da água captada por conta própria em sua empresa a ser pago em 2003?

Valor:	Reais....1	Dólares....2	Não aplicável.....3
--------	------------	--------------	---------------------

PARA TODOS

32) Sua **empresa** concorda com a implementação do pagamento pelo uso da água? [RU]

Sim1	Não.....2
------------	-----------

33) De alguma forma, o início da cobrança pelo uso da água influenciou na decisão de investimentos em conservação ou reúso de recursos hídricos ou em tratamento de efluentes? [RU]

Sim	1	
Não	2	
Não Aplicável.....	3	⇨ Captação/despejo de efluentes em águas de domínio estadual

VII. REÚSO DA ÁGUA

34) Sua empresa possui um sistema de reúso da água que permita sua reúso dentro da empresa? [RU]

Sim	1	
Não	2	⇒ PULE P. P. 37

35a) Nos 12 meses de 2002, qual foi o volume total de água reutilizada?

35b) E qual foi o custo de reúso da água por m³?

35a	Volume total reutilizado em 2002 (m ³)	m ³	mês...1	ano...2
35b	Custo de reúso da água por m ³		Reais...1	Dólares...2

VIII. LANÇAMENTO DE EFLUENTES INDUSTRIAIS

37) Onde são lançados os efluentes ? [RM – Leia as alternativas]

Rede pública de esgoto	1	Estuário	5
Rio / Córrego / Ribeirão	2	Mar	6
Lago natural / Lagoa	3	Outros (especifique) _____	X
Reservatório / Açude / Represa	4		<small>[uso interno] Cod.</small>

38) Qual a vazão média de efluentes lançado em m³ **POR MÊS**?

m ³ por mês	mês...1	ano...2
------------------------	---------	---------

39) A empresa possui um sistema de monitoramento de emissão de efluentes líquidos? [RU]

Sim	1	⇒ PULE P. P. 41
Não	2	

40) A empresa pretende investir na instalação de um sistema de monitoramento de emissão de efluentes líquidos nos próximos 3 anos ? [RU]

Sim	1
Não	2

41) Sua empresa realiza tratamento dos efluentes ? [RU]

Sim	1	
Não	2	⇒ PULE P. P. 47

42a) Entre esses processos de tratamento primário de efluentes que eu vou falar, sua empresa adota algum deles? [RM – Leia as alternativas]

42b) E entre os processos de tratamento secundário de efluentes que eu vou falar agora, sua empresa adota algum deles? [RM – Leia as alternativas]

42c) E entre esses processos de tratamento terciário de efluentes, sua empresa adota algum deles? [RM – Leia as alternativas]

42a) PRIMÁRIO	
Tratamento primário convencional	1
Tanques sépticos	2
Flotação	3
Decantação/sedimentação	4
Outros métodos mecânicos	5
Nenhum desses	6

42b) SECUNDÁRIO	
Filtro biológico	1
Lodos ativados	2
Lagoas anaeróbias	3
Lagoas facultativas	4
Lagoas aeradas	5
Reatores de fluxos ascendente	6
Outros métodos de tratamento secundário	7
Nenhum desses	8

42c) TERCIÁRIO	
Filtragem terciária	1
Desnitrificação	2
Remoção de fósforo	3
Nenhum desses	4

Entrevistador: não pode estar assinalada três vezes a resposta “nenhum deles” na P.42.

43) Que percentual dos efluentes é tratado dentro da empresa?

%

44) Qual o custo por m³ de efluente tratado

Valor:	por m ³	Reais...1 Dólares...2
--------	--------------------	-----------------------

45) A empresa faz medições da quantidade de carga poluente residual a ser despejada em rios, lagoas, reservatórios, etc, após o tratamento de efluentes? [RU]

Sim	1	
Não	2	⇒ PULE P. P. 47

46) Esses valores são reportados aos órgãos ambientais? [RU]

Sim	1
Não	2

IX. MODIFICAÇÕES DURANTE O PERÍODO 2002-2003

47) Em 2002 e 2003 foram realizadas ou estão previstas despesas com:

- manutenção visando a redução de vazamentos,
- compra de equipamentos que consomem menos água ou
- outros investimentos para conservação ou reúso de água?

Sim1	Não.....2 ⇨ PULE P. P. 49
------------	---------------------------

48) E qual foi a despesa com [leia cada item novamente] em 2002? E qual é a sua estimativa de economia de água? [Pergunte para cada item]

E quanto foi gasto ou está previsto gastar com [leia cada item novamente] em 2003? E qual é a sua estimativa de economia de água? [Pergunte para cada item]

- manutenção visando a redução de vazamentos?
- compra de equipamentos que consomem menos água?
- outros investimentos para conservação ou reúso de água?

Ano	Natureza das despesas	Valor	Reais (1) Dólares (2)	Economia estimada de água (m ³)
2002	Manutenção visando redução de vazamentos		1 2	
	Compra de equipamentos que consomem menos água		1 2	
	Outros investimentos para conservação ou reúso de água (especifique) _____		1 2	
TOTAL de 2002			1 2	

2003 (estimado)	Manutenção visando redução de vazamentos		1 2	
	Compra de equipamentos que consomem menos água		1 2	
	Outros investimentos para conservação ou reúso de água (especifique) _____		1 2	
TOTAL de 2003			1 2	

TOTAL GERAL (2002 + 2003)			1 2	
------------------------------------	--	--	--------	--

49) Em 2002 e 2003 foram realizadas ou estão previstas despesas para tratamento de efluentes com:

- Manutenção dos equipamentos e instalações para tratamento de efluentes,
- Ampliação da capacidade dos equipamentos instalados ou
- Instalação de novos equipamentos?

Sim1	Não.....2 ⇨ PULE P. P. 51
------------	---------------------------

50) E qual foi a despesa com [leia cada item novamente] em 2002?

E quanto foi gasto ou está previsto gastar com [leia cada item novamente] em 2003?

- Manutenção dos equipamentos e instalações para tratamento de efluentes?
- Ampliação da capacidade dos equipamentos instalados?
- Instalação de novos equipamentos?

[Entrevistador: se o entrevistado falar em produtos químicos, não anote essa informação]

Ano	Natureza das despesas	Valor	Reais (1) Dólares (2)
2002	Manutenção dos equipamentos e instalações para tratamento de efluentes		1 2
	Ampliação da capacidade dos equipamentos instalados		1 2
	Instalação de novos equipamentos		1 2
	Outros (especifique – despesas para tratamento de efluentes): _____		1 2
TOTAL DE 2002			1 2
2003 (estimado)	Manutenção dos equipamentos e instalações para tratamento de efluentes		1 2
	Ampliação da capacidade dos equipamentos instalados		1 2
	Instalação de novos equipamentos		
	Outros (especifique – despesas para tratamento de efluentes): _____		1 2
TOTAL DE 2003			1 2
TOTAL GERAL (2002 + 2003)			1 2

51) AGRADEÇA E ENCERRE

BIBLIOGRAFIA

- DASGUPTA, S. *et alii*. *Water pollution abatement by Chinese industry: cost estimates and policy implications*. World Bank: Environmental, Infrastructure and Agriculture Division, 1996 (Policy Research Working Paper, 160).
- DUPONT, D. P., RENZETTI, S. *The role of water in the Canadian manufacturing sector*. Department of Economics, Brock University, 2001, mimeo.
- FUNDAÇÃO COPPETEC. *Plano de recursos hídricos para a fase inicial da cobrança na Bacia do Rio Paraíba do Sul*. 2002.
- GREBENSTEIN, C. R., FIELD, B. C. Substituting for water inputs in U.S. manufacturing. *Water Resources Research*, v. 15, n. 2, p. 228-232, 1979.
- RENZETTI, S. An econometric study of industrial water demands in British Columbia, Canada. *Water Resources Research*, v. 24, n. 10, p. 1.569-1.573, 1988.
- REYNAUD, A. *An econometric estimation of industrial water demand in France*. Université des Sciences Sociales, Toulouse 1, 2002, mimeo.
- SCHARF, D. *et alii*. *Industrial water use 1996*. Ontario: Environment Canada, 2002.
- TATE, D., SCHARF, D. *Water use in Canadian industry*. 1991.



EDITORIAL

Coordenação

Silvania de Araujo Carvalho

Supervisão

Helena Rodarte Costa Valente

Revisão

André Pinheiro

Elisabete de Carvalho Soares

Lucia Duarte Moreira

Marcio Alves de Albuquerque

Míriam Nunes da Fonseca

Alejandro Augusto S. V. A. Poinho (estagiário)

Editoração

Carlos Henrique Santos Vianna

Joanna Silvestre Friques de Sousa

Roberto das Chagas Campos

COMITÊ EDITORIAL

Secretário-Executivo

Marco Aurélio Dias Pires

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES,
9º andar – 70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 315-5336

Fax: (61) 315-5314

Correio eletrônico: madp@ipea.gov.br

Brasília

SBS – Quadra 1 – Bloco J – Ed. BNDES,

9º andar – 70076-900 – Brasília – DF

Fone: (61) 315-5336

Fax: (61) 315-5314

Correio eletrônico: editbsb@ipea.gov.br

Rio de Janeiro

Av. Presidente Antônio Carlos, 51, 14º andar

20020-010 – Rio de Janeiro – RJ

Fone: (21) 3804-8118

Fax: (21) 2220-5533

Correio eletrônico: editrj@ipea.gov.br

Tiragem: 142 exemplares