



## **ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA BRUTA PARA A REUTILIZAÇÃO DO CANAL DO TRABALHADOR**

[rmelo@ufc.br](mailto:rmelo@ufc.br)

*APRESENTAÇÃO ORAL-Agropecuária, Meio-Ambiente, e Desenvolvimento Sustentável*

**RODRIGO NUNES ARAGÃO; JOSÉ CÉSAR VIEIRA PINHEIRO; ROSEMEIRY MELO CARVALHO.**

*UFC, FORTALEZA - CE - BRASIL.*

### **ANÁLISE DA DEMANDA DE ÁGUA BRUTA PARA A REUTILIZAÇÃO DO CANAL DO TRABALHADOR**

**ANALYSIS DEMAND FOR RAW WATER FOR REUSE OF THE WORKER CANAL**

**Grupo de Pesquisa:** Agropecuária, Meio-Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

#### **Resumo**

Esse estudo tem como objetivo estimar a demanda e a elasticidade-preço da demanda por água bruta para reativar do Canal do Trabalhador no estado do Ceará. A análise da demanda é fundamental para a elaboração de políticas tarifárias que estimulem o uso racional e, ao mesmo tempo, cubram os custos do sistema de tratamento e distribuição de água. As equações de demanda dos irrigantes e da empresa de abastecimento público foram estimadas utilizando o método dos mínimos quadrados ordinários, das variáveis instrumentais e dos mínimos quadrados em dois estágios. Com base nos resultados obtidos pode-se concluir que a demanda dos irrigantes é mais sensível às variações de preço do que a demanda para abastecimento público. A companhia de abastecimento público apresenta custos decrescentes de escala, de modo que, um aumento do tamanho do mercado deverá reduzir o custo médio da água.

**Palavras-chave:** demanda, água bruta, Canal do Trabalhador, Ceará.

#### **Abstract**

This study has as objective to estimate the demand and price elasticity of demand for raw water to reactivate the Worker Canal in the state of Ceará. The analysis of demand is very important for the development of pricing policies that encourage the rational use and, at same time, cover the costs of the system of water treatment and distribution. The demand equations for irrigation and public supply company were estimated using the method of OLS, instrumental variable and Two-Stage Least Squares (2SLS). Based on the results we can conclude that the demand for irrigation is more sensitive to price changes than demand



for public supply. The public supply company has decreasing costs to scale, so that, an increase in market size should reduce the average cost of water.

**Key Words:** demand, raw water, Worker Canal, Ceará.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor de fornecimento de água bruta tem como principais usuários os produtores agrícolas que utilizam água para irrigação e a companhia de abastecimento e saneamento público que utiliza água na diluição de resíduos do sistema de esgotamento sanitário e transforma a água bruta em água tratada para o consumo humano.

Cada tipo de usuário apresenta diferentes características e necessidades de consumo. Portanto, o conhecimento da demanda de água bruta é de grande importância para o dimensionamento do sistema de fornecimento, pois permite que a vazão física seja projetada de acordo com o consumo estimado.

Desse modo, esse estudo tem como principal objetivo estimar da demanda e a elasticidade-preço da demanda por água bruta do Canal do Trabalhador no estado do Ceará. A determinação da elasticidade-preço permite identificar a sensibilidade de cada tipo de usuário às variações do preço desse recurso, de modo que, os preços estabelecidos estimulem o uso racional e cubram os custos do sistema de fornecimento. Essa informação pode ser utilizada também para fundamentar a implantação de políticas voltadas para a regulação tarifária do setor.

O Canal do Trabalhador é um sistema hídrico construído em 1993, para garantir o abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza (RMF) nesse período, quando o fornecimento de água da cidade estava comprometido pela escassez de chuvas. Atualmente, com a construção do Canal da Integração, obra que garantirá sustentabilidade hídrica à RMF por 30 anos, o Canal do Trabalhador será utilizado também para a irrigação e abastecimento de municípios e comunidades circunvizinhas ao canal.

## 2. A DEMANDA DA ÁGUA BRUTA

O conhecimento da demanda e da elasticidade-preço da demanda de água de cada usuário são fundamentais para o cálculo da tarifa ótima. Os dois aspectos mais importantes para que se conheça o comportamento da demanda são: a especificação da variável preço e o modelo para estimação da demanda (ANDRADE, et al., 1995).

O debate sobre qual deve ser a especificação da variável preço para explicar o comportamento da demanda, a partir de um modelo econométrico, surgiu nos anos 1960. Dentre essas especificações estão o preço médio e o preço marginal. O preço médio é definido simplesmente como o valor total cobrado ou receita total dividida pela quantidade consumida; o preço marginal corresponde ao valor cobrado no último bloco de quantidade consumida (YOUNG, 1996).

Taylor (1975), em estudo realizado para o setor de energia elétrica dos Estados Unidos, foi o primeiro a procurar elucidar a divergência entre a especificação do preço utilizado para explicar a demanda. Ele criticou a utilização do preço médio, considerando que este viola o pressuposto de que os consumidores tendem a igualar seus benefícios aos custos marginais. Mas, ao mesmo tempo, admitiu que o modelo de preço marginal não é completo, pois existe um efeito renda quando o consumidor muda de um bloco para outro.

Para explicar o efeito renda mencionado por Taylor, Nordin (1976) realizou um estudo incluindo uma variável que representa a diferença entre o preço marginal e o valor cobrado. A interpretação dessa variável foi feita da seguinte forma: quando os preços forem crescentes o valor da diferença será positivo. Com a exigência do pagamento de uma diferença maior, o consumidor passará a consumir mais no primeiro bloco; nesse caso, o valor da diferença será interpretado como um subsídio. Quando o valor da diferença for negativo ele será interpretado como um imposto, e o consumidor consumirá menos no primeiro bloco.

Em relação aos métodos utilizados para a estimação da demanda, os mais utilizados são: Mínimos Quadrados Ordinários (MQO); Mínimos Quadrados em dois Estágios (MQ2E) e Variáveis Instrumentais (VI). Embora bastante utilizado, o MQO gera estimativas tendenciosas dos parâmetros devido aos problemas de simultaneidade das variáveis. Esse problema pode ser eliminado utilizando o método MQ2E (MATTOS, 1998; DELLER, et al., 1986; McFADDEN, et al., 1977).

Para a estimação de demandas com preços em bloco, o método mais utilizado é o das variáveis instrumentais (MVI). Esse método é aconselhável quando as variáveis explicativas estão correlacionadas com o termo de erro da equação, o que leva a ocorrer problemas na estimação MQO (PINDYCK & RUBINFELD, 2004).

Para Deller et al (1986), o MVI é superior ao MQO. Porém, para Mcfadden, et al. (1977), Pizaia e Alves (2008), a geração de uma variável *proxy* do preço marginal que não esteja correlacionada com o erro aleatório possibilita uma boa estimação por MQO.

Na literatura econômica encontram-se poucos estudos sobre a demanda de água bruta, tanto para irrigação quanto para abastecimento e uso industrial, o que pode ser atribuído aos seguintes fatos: dificuldades de obtenção de dados; a cobrança não é feita; ou ainda, porque a cobrança é feita de modo subjetivo e não interfere significativamente no comportamento do usuário.

Apesar das dificuldades para estimar a demanda de água bruta, Wichelns (1991) utilizou o MQO para analisar os efeitos das taxas crescentes de preços em blocos no Vale Central da Califórnia. As variáveis explicativas foram: o preço marginal da água; o tipo de solo; a área; e, *dummies* de cultura.

Para analisar a demanda por água para a irrigação em 185 comunidades agrícolas em Israel, Bar-Shira, et al. (2005) adaptaram o modelo proposto por Burtless Hausman (1978). Esse modelo é aplicado nos casos em que as quantidades se localizam exatamente nos pontos de descontinuidades entre os blocos. Quando as quantidades se localizam exatamente nos blocos é possível fazer uma estimação linear do modelo desde que haja a especificação das variáveis “preço marginal” e “diferença”.



Shoengold, et al. (2005), utilizaram o MVI para estimar a elasticidade preço da demanda direta e indireta (inclui a mudança tecnológica e de cultura) em *San Joaquin Valley* na Califórnia.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1. Caracterização da área de estudo

O Canal do Trabalhador transporta água bruta da barragem de Itaiçaba, no rio Jaguaribe até o açude Pacajus. Essa obra passa pelos municípios de Itaiçaba, Palhano, Aracati, Beberibe, Cascavel e Pacajus.

A água que antes servia, primordialmente, para o abastecimento da RMF, passou a ser utilizada para o consumo humano e irrigação em comunidades circunvizinhas e municípios limítrofes.

É importante mencionar que, no abastecimento municipal a água bruta é transformada em água tratada. A produção de água tratada é feita pela Companhia de Água e Esgotos do Ceará (CAGECE), que paga uma tarifa a Companhia de Gestão de Recursos Hídricos (COGERH) pela retirada de água bruta. A água para abastecimento municipal é levada através de um sistema de adutoras, passando por uma estação de tratamento; a partir daí, a água tratada é distribuída para os consumidores. As funções do Canal do Trabalhador estão representadas esquematicamente na FIGURA 1.

Em algumas comunidades rurais, a água bruta utilizada para irrigação e para o consumo humano é transportada por pequenas adutoras ou por bombas ligadas a mangueiras. De acordo com a legislação vigente, como essa água não passa por tratamento, ela é isenta de tarifa.

O sistema tarifário utilizado para a cobrança pelo uso da água do Canal do Trabalhador obedece à legislação do estado do Ceará, a qual estabelece que a tarifa cobrada para a irrigação seja feita em blocos, ou seja, por faixas de consumo (TABELA 1) e que para o fornecimento à Companhia de Abastecimento seja cobrada uma tarifa única de R\$ 26,00/1.000m<sup>3</sup>.

Os principais custos referentes ao funcionamento desse eixo de integração são: energia elétrica; manutenção das bombas e da manta asfáltica; e, mão-de-obra. Os custos do sistema de abastecimento da RMF feito através do Canal do Trabalhador referentes ao ano de 2006 são apresentados na TABELA 2.

O trecho do canal analisado nesse estudo é o Itaiçaba-Pacajus, o qual se destina ao consumo humano e irrigação. Esse trecho é subdividido em três partes por sifões que passam sobre rios, córregos e açudes da região. Esses subtrechos são: Macacos-Umburanas, com extensão de 24 km; Umburanas-Pirangi, com 41,6 km; e, Pirangi-Pacajus, com 34,2 km.

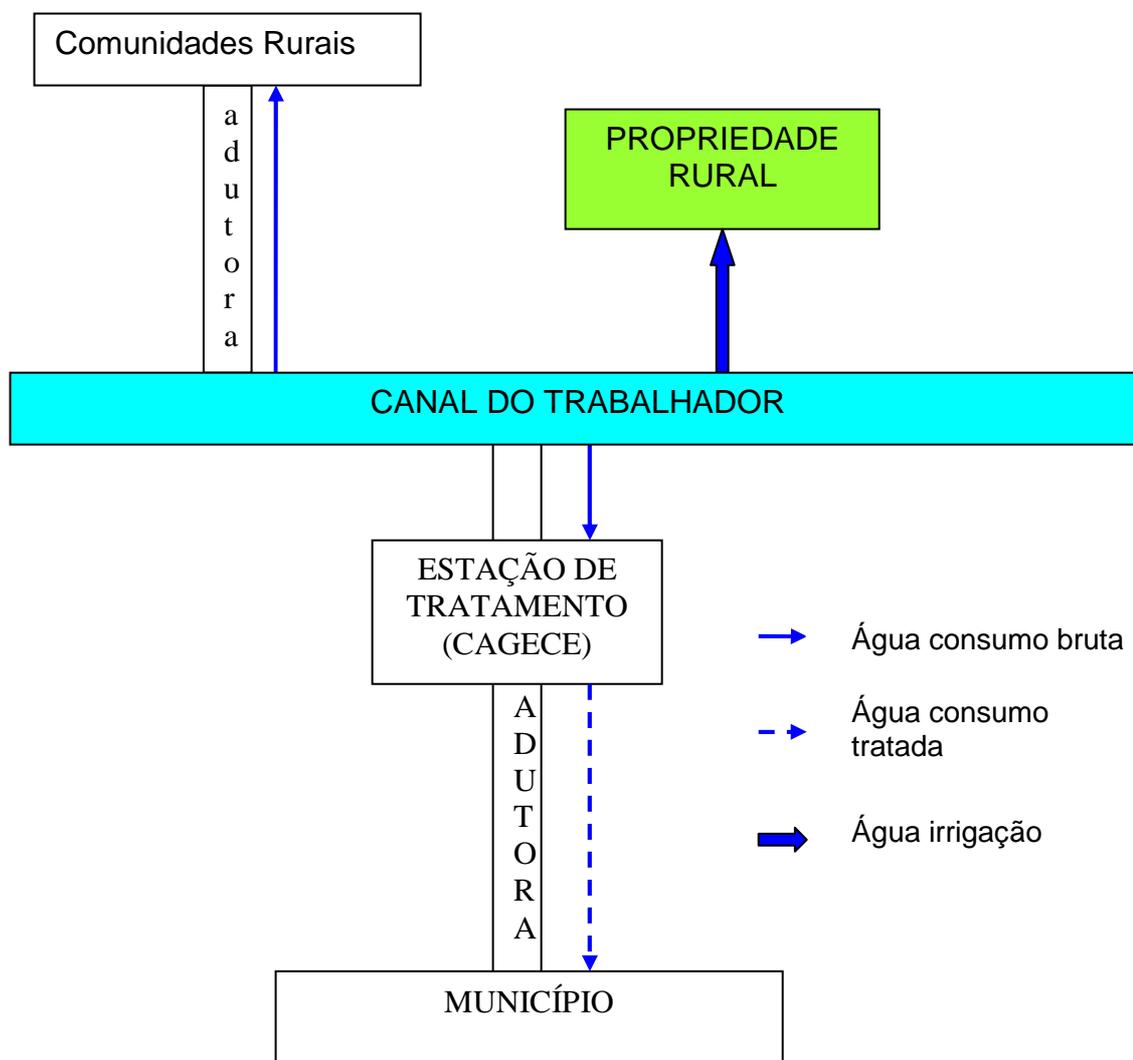


FIGURA 1- Resumo esquemático da utilização do Canal do Trabalhador  
 Fonte: elaborada pelos autores.

TABELA 1 – Tarifas médias cobradas pela água bruta para irrigação no Ceará por faixas de consumo, em 2003 (valores correntes).

Faixas de Consumo (m <sup>3</sup> /mês)	Valor (R\$/1000 m <sup>3</sup> )
0 a 1.440	-
1.441 a 5.999	2,50
6.000 a 11.999	5,60
12.000 a 18.999	6,50
19.000 a 46.999	7,00
> 47000	8,00

Fonte: Ceará (2003)

TABELA 2- Custos do sistema de abastecimento da Região Metropolitana de Fortaleza feito através do Canal do Trabalhador em 2006, em R\$ de 2006.

Sistema/Subsistema	Pessoal	Energia	Serviços de Terceiros e Materiais	Outras Despesas
Itaiçaba – Gavião	4.870.041,00	4.470.037,03	876.744,00	932.300,00
Itaiçaba – Pacajus	1.881.146,00	634.533,99	316.113,00	258.405,27
Pacajus – Pacoti	1.758.446,00	3.752.319,00	456.105,00	544.485,64
Pacoti – Gavião	1.230.449,00	83.184,04	104.526,00	129.409,09

Fonte: Companhia de Gestão de Recursos Hídricos [COGERH], 2008.

### 3.2. Modelos para a Estimação da Demanda de Água Bruta

#### 3.2.1. Demanda de água para irrigação

Os dados utilizados para estimar a função de demanda mensal de água bruta do Canal do Trabalhador para irrigação são de origem secundária, obtidos junto à COGERH. As informações são referentes aos usuários cadastrados em 2005.

O modelo foi estimado inicialmente pelo MQO, utilizando o logaritmo das variáveis, que permite o cálculo das elasticidades. As variáveis explicativas utilizadas para estimar a demanda mensal de água (q), apresentada na equação (1) são:

- (a) Preço Marginal (*PMa*): é o preço cobrado no último bloco de consumo, em R\$/m<sup>3</sup>;
- (b) Diferença intramarginal<sup>1</sup> (*Dif*): corresponde à diferença entre o preço marginal e o preço efetivamente pago pelo usuário, em R\$.
- (c) Área (A): área de produção, em hectares;
- (d) Método de irrigação (D1): variável *dummy* que representa o método de irrigação utilizado, sendo: 0 = aspersão e/ou inundação e 1 = gotejamento e/ou microaspersão;

<sup>1</sup> A diferença intramarginal foi determinada de acordo com a especificação de Nordin (1976).

(e) Tipologia de usuário (D2): variável *dummy* que representa a condição sócio-econômica do usuário, sendo: 0 = unidades patronais e 1 = unidades capitalistas.

$$\log(q) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(PMa) + \alpha_2 \log(Dif) + \alpha_3 \log(A) + \alpha_4 D1 + \alpha_5 D2 + \varepsilon \quad (1)$$

Espera-se que o preço marginal tenha uma relação inversa com a quantidade demanda de água bruta ( $\alpha_1 < 0$ ); adicionalmente, com a introdução de métodos avançados de irrigação deve ocorrer uma redução no consumo de água ( $\alpha_4 < 0$ ). O valor de  $\alpha_2$  pode ser maior ou menor que zero. De acordo com Andrade et al. (1995, p. 441), quando o efeito do imposto na variável *Dif* predominar  $\alpha_2$  será negativo, indicando que o imposto afeta negativamente a quantidade demandada; se a diferença significar um subsídio,  $\alpha_2$  será positivo, indicando que um aumento na variável *Dif* será acompanhada de um aumento na quantidade demandada. Espera-se ainda que com o aumento da área de plantio ocorra um aumento na demanda de água bruta ( $\alpha_3 > 0$ ) e que os usuários capitalistas utilizem mais água que as unidades patronais ( $\alpha_5 > 0$ ).

### 3.2.2. Demanda de água para abastecimento

Os dados utilizados para estimar a demanda por água bruta para abastecimento são de origem secundária, obtidos junto à COGERH e ao Programa de Modernização do Setor de Saneamento (PMSS).

A função demanda (*q*) foi estimada de acordo com a equação (2):

$$\log(q) = \beta_0 + \beta_1 \log(PMa) + \beta_2 \log(CMe) + \beta_3 \log(Pop) + u \quad (2)$$

Onde:

(a) Preço Marginal (*PMa*): corresponde à receita líquida e não ao preço do bloco, obtido de acordo com a metodologia proposta por Young (1996), dado por:

$$PMa = \frac{\text{Receita Total} - \text{Custo Total} + \text{Preço Cobrado}}{\text{Quantidade Faturada}} \quad (3)$$

(b) Custo Médio (*CMe*): custo médio de cada unidade de captação calculado com base nos dados fornecidos pelo PMSS;

(c) População (*Pop*): parcela da população do município que consome água do Canal.

Espera-se que exista uma relação inversa entre o preço e quantidade demanda de água, de modo que,  $\beta_1 < 0$ . O sinal do coeficiente  $\beta_2$  pode ser maior ou menor que zero; caso a companhia de abastecimento apresente custos médios crescentes, o sinal será positivo; quando a empresa apresentar custos médios decrescentes, o sinal do coeficiente será negativo. Considerando que a companhia é um monopólio natural, à medida que a escala de produção da companhia aumenta, os custos médios e marginais decrescem.

Assim, espera-se que  $\beta_2 < 0$ . Adicionalmente,  $\beta_3$  deve ser positivo, ou seja, com o aumento da população haverá um aumento da quantidade consumida de água.

### 3.3. Métodos de Estimação

Os métodos de estimação utilizados nesse estudo foram: mínimos quadrados ordinários (MQO); método das variáveis instrumentais (MVI) ou de Mcfadden;<sup>2</sup> e, mínimos quadrados em dois estágios (MQ2E)<sup>2</sup>.

Inicialmente, as equações estruturais de demanda definidas pelas equações (1) e (2) foram estimadas pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Esse método assume os pressupostos básicos de que os estimadores são não-viesados, consistentes e eficientes.

A seguir, foi utilizado o método das variáveis instrumentais, desenvolvido por Mcfadden, et al. (1977), o qual consiste estimar no primeiro estágio a variável  $\log(q)$  adotando o MQO. No segundo estágio estima-se  $PMa$ , de acordo com a equação (4):

$$\log(PMa) = \delta_0 + \delta_1 \log(q) + \delta_2 \log(pc) + y \quad (4)$$

Onde  $\log(pc)$  é o valor do logaritmo do preço cobrado por cada usuário.

Os valores estimados de  $\log(PMa)$  são utilizados para calcular as novas funções de demanda por água para irrigação (5) e para abastecimento (6):

$$\log(q) = \theta_0 + \theta_1 \log(\hat{P}Ma) + \theta_2 \log(Dif) + \theta_3 \log(A) + \theta_4 D1 + \theta_5 D2 + s \quad (5)$$

$$\log(q) = \kappa_0 + \kappa_1 \log(\hat{P}Ma) + \kappa_2 \log(CMe) + \kappa_3 \log(Pop) + \psi \quad (6)$$

Por fim, foi utilizado o método dos mínimos quadrados em dois estágios para estimar um sistema de equações simultâneas formado por uma equação de demanda e uma de oferta de água bruta.

Seguindo a metodologia proposta por Pizaia (2004), a função de oferta é definida de acordo com a equação (7):

$$\log(q) = \gamma_0 + \gamma_1 \log(pe) + v \quad (7)$$

Onde  $\log(pe)$  é o logaritmo do preço efetivo da água, isto é, o custo médio de cada usuário.

Desse modo, são formados dois sistemas de equações simultâneas. Os sistemas (10) e (11) foram utilizados para determinar, respectivamente, a demanda de água para irrigação e a demanda de água para abastecimento.

<sup>2</sup> Para estimar os modelos foi utilizado o software Eviews.

$$\begin{cases} \log(q) = \alpha_0 + \alpha_1 \log(PMa) + \alpha_2 \log(Dif) + \alpha_3 \log(A) + \alpha_4 D1 + \alpha_5 D2 + \varepsilon \\ \log(q) = \gamma_0 + \gamma_1 \log(pe) + v \end{cases} \quad (10)$$

$$\begin{cases} \log(q) = \beta_0 + \beta_1 \log(PMa) + \beta_2 \log(CMe) + \beta_3 \log(Pop) + u \\ \log(q) = \gamma_0 + \gamma_1 \log(pe) + v \end{cases} \quad (11)$$

No primeiro estágio, o  $PMa$  foi estimado em função de todas as variáveis exógenas do sistema (10) para obter a demanda de água para irrigação e do sistema (11) para obter a demanda de água para abastecimento. As formas funcionais para  $PMa$  são representadas por (12) e (13):

$$\log(PMa) = \varphi_0 + \varphi_1 \log(Dif) + \varphi_2 \log(A) + \varphi_3 D1 + \varphi_4 D2 + \varphi_5 \log(pe) + \varepsilon \quad (12)$$

$$\log(PMa) = \vartheta_0 + \vartheta_1 \log(CMe) + \vartheta_2 \log(Pop) + \vartheta_3 \log(pe) + u \quad (13)$$

No segundo estágio, os valores estimados de  $\log(PMa)$  foram substituídos nas equações estruturais de demanda dos sistemas de equações (10) e (11), de modo que, a demanda de água para irrigação e para abastecimento podem ser representadas por (14) e (15):

$$\log(q) = \lambda_0 + \lambda_1 \log(\hat{PMa}) + \lambda_2 \log(Dif) + \lambda_3 \log(A) + \lambda_4 D1 + \lambda_5 D2 + v \quad (14)$$

$$\log(q) = \ell_0 + \ell_1 \log(\hat{PMa}) + \ell_2 \log(CMe) + \ell_3 \log(Pop) + \xi \quad (15)$$

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Demanda de água para irrigação

Para estimar a demanda de água para irrigação foi necessário determinar o número de usuários que seriam incluídos na amostra. De acordo com os dados da COGERH, em 2005 existiam 47 usuários cadastrados. Desse total, 28 apresentaram um consumo de água bruta para irrigação inferior a 1.440m<sup>3</sup>/mês, ficando, desse modo, isentos de cobrança de tarifas, não podendo fazer parte da amostra. Portanto, apenas 19 usuários foram incluídos na amostra.

Esses usuários foram divididos em classes de consumo, distribuídas em ordem crescente. Com base nessa ordenação foram estimadas as variáveis *preço marginal* e *diferença intra-marginal*. Para os usuários da última classe (maior consumo), o *preço marginal* corresponde ao preço do maior usuário adicionado de 1m<sup>3</sup> de água.

Em relação ao preço efetivamente pago ( $pe$ ), para que não houvesse problemas na estimação do modelo MQ2E, foi definido que 30% dos custos seriam rateados entre os

usuários do trecho Macacos-Umburanas e 70% entre os usuários dos trechos Umburanas-Pirangi e Pirangi-Pacajus.

Os resultados dos modelos utilizados para estimar a demanda de água para irrigação pelos métodos MQO, MQ2E e MVI estão apresentados na TABELA 3. Os sinais dos coeficientes estimados estão de acordo com as suposições iniciais e são significativos aos níveis de 1% a 5%. Apenas no modelo de MQO o sinal do coeficiente da variável D2, que representa os tipos de usuários de água segundo a condição socioeconômica, apresentou nível de significância superior a 10%.

Os valores dos coeficientes da variável  $\log(PMa)$  mostram que existe uma relação inversa entre a demanda de água para irrigação e o preço marginal da água. Esses coeficientes, que correspondem às elasticidades-preço da água, mostram que, em valores absolutos, a demanda é elástica em relação ao preço marginal. Desse modo, um aumento de 10% no preço da tarifa provoca reduções de, aproximadamente, 12% a 13% na demanda de água para irrigação.

Os valores de  $R^2$  indicam que as variáveis explicativas incluídas no modelo explicam de 98,29% a 99,96% das variações nas quantidades demandadas de água para a irrigação. Comparando os valores de  $R^2$  ajustado, verifica-se que o MQ2E apresenta ajustamento superior ao MQO e ao MVI.

Com base na estatística de *Durbin-Watson* não foi possível concluir se existe correlação serial.

TABELA 3 - Estimação da demanda de água bruta do Canal do Trabalhador para a irrigação.

Variáveis	MQO	MVI	MQ2E
<i>Log (PMa)</i>	-1,2044 (0,0000)*	-1,3934 (0,0000)*	-1,2134 (0,0000)*
<i>Log (Dif)</i>	0,6779 (0,0000)*	0,2398 (0,0115)**	0,6586 (0,0000)*
<i>Log (A)</i>	0,5122 (0,0000)*	0,7588 (0,0000)*	0,5199 (0,0000)*
<i>D1</i>	-0,7007 (0,0000)*	-1,1724 (0,0000)*	-0,7114 (0,0000)*
<i>D2</i>	0,4760 (-0,1499)	1,7077 (0,0000)*	0,5356 (0,0000)*
$R^2$	0,9878	0,9829	0,9996
$R^2$ Ajustado	0,9840	0,9776	0,9995
<i>Durbin-Watson</i>	2,6580	1,1209	2,1273

Fonte: estimado pelos autores.

\* significantes a 1%; \*\* significantes a 5%.

#### 4.1. Demanda de água para abastecimento público

Em relação ao abastecimento público, foram verificados 10 pontos de captação, distribuídos em três municípios, sendo 5 em Aracati, 2 em Beberibe, 2 em Palhano e 1 em Cascavel. Para o cálculo do preço efetivo (*pe*), utilizado no modelo MQ2E, foi feito um rateio dos custos totais entre os pontos de captação.

Os resultados dos modelos utilizados para estimar a demanda de água bruta para abastecimento público estão apresentados na TABELA 4.

TABELA 4 - Estimação da demanda de água bruta do Canal do Trabalhador para abastecimento público.

	MQO	MVI	MQ2E
<i>Intercepto</i>	9,5835 (0,0000)*	10,0792 (0,0000)*	9,6888 (0,0000)*
<i>Log (Pma)</i>	-0,8670 (0,0000)*	-0,9049 (0,0000)*	-0,8791 (0,0000)*
<i>Log (Cme)</i>	-0,1362 (0,0347)**	$1,57 \times 10^{-11}$ -1,0000	-0,1466 (0,0000)*
<i>Log (Pop)</i>	0,0585 -0,2064	$3,29 \times 10^{-12}$ -1,0000	0,0417 (0,0000)*
$R^2$	0,9992	0,9992	1,0000
$R^2$ Ajustado	0,9988	0,9988	1,0000
<i>Durbin-Watson</i>	1,4836	1,4836	2,5554

Fonte: estimado pelos autores.

\* significantes a 1%; \*\* significantes a 5%.

Os resultados dos coeficientes estimados pelos três métodos mostram que o sinal das variáveis “preço marginal” (*Pma*) e “população” (*Pop*) estão de acordo com as suposições iniciais.

O coeficiente da variável *Pma* foi negativo e significativo nos três modelos. Em termos absolutos, os valores estimados são menores que a unidade indicando que a demanda de água para abastecimento público é inelástica, ao contrário da demanda de água para irrigação. Desse modo, um aumento de 10% no *Pma* provoca uma redução de 8,67% a 9,04% na demanda.

A variável *Pop* foi estatisticamente significativa apenas no modelo estimado pelo MQ2E, indicando que um aumento de 10% na população provoca uma elevação de 0,41% na demanda de água.

O coeficiente associado à variável *Cme* foi negativo nos modelos estimados pelos métodos MQO e MQ2E. O sinal negativo indica que existe uma relação inversa entre o custo médio e a quantidade demandada. Desse modo, o aumento da demanda por água para abastecimento público (e da escala de produção) provoca redução no *Cme* das unidades de captação, ou seja, essas unidades apresentam custos decrescentes de escala. Adicionalmente, verifica-se que, um aumento de 10% no *Cme* provoca reduções na demanda de água de 1,4% a 1,5%, aproximadamente.



Os valores de  $R^2$  indicam que as variáveis exógenas incluídas no modelo explicam, aproximadamente, 100% das variações nas quantidades demandadas de água para o abastecimento público.

Comparando os valores de  $R^2$  ajustado dos três modelos verifica-se que o MQ2E apresenta ajustamento superior ao MQO e ao MVI. Adicionalmente, de modo semelhante aos modelos estimados para a demanda de água para irrigação, a estatística de *Durbin-Watson* não foi conclusiva sobre a existência de correlação serial.

## 5. CONCLUSÃO

O setor de fornecimento de água bruta tem como principais usuários os produtores agrícolas irrigantes e a companhia de abastecimento e saneamento público, sendo que cada um apresenta diferentes características e necessidades de consumo desse recurso.

Nesse estudo foram estimadas a demanda e a elasticidade-preço da demanda por água bruta do Canal do Trabalhador para os irrigantes e para o abastecimento público. Os resultados obtidos podem ser utilizados para auxiliar a elaboração de políticas voltadas para a regulação tarifária do setor, de modo que sejam estabelecidos preços que estimulem o uso racional desse recurso e, ao mesmo tempo, cubram os custos de operacionalização, administração e manutenção do sistema de fornecimento.

Com base na equação de demanda de água para irrigação, pode-se concluir que existe uma relação inversa entre quantidade demandada e o preço marginal, sendo que a demanda é elástica em relação ao preço marginal.

De acordo com a equação estimada da demanda por água para abastecimento público, verificou-se que existe uma relação inversa entre o preço marginal e a quantidade demandada. Em termos absolutos o valor do coeficiente associado a essa variável é menor que a unidade, podendo-se concluir que, ao contrário da demanda de água para irrigação, a demanda para abastecimento público é inelástica.

Adicionalmente, pode-se afirmar que um aumento da população residente na região atendida pela companhia de abastecimento provocará uma elevação na demanda por água. No entanto, como essa empresa apresenta custos decrescentes de escala, se tudo mais permanecer constante, um aumento do tamanho do mercado deverá reduzir o custo médio da água para abastecimento público.



## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE, T. A.; et. al. Saneamento urbano: a demanda residencial por água. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, Rio de Janeiro, v. 25, n.3, p. 427-448, dez., 1995.

BAR-SHIRA, et. Al. **Regulating Irrigation via Block-Rate Pricing**: an econometric analysis. The Hebrew University of Jerusalem. The Center for Agricultural Research. Discussion Paper N° 3.05, Jerusalem, 2005.

CEARÁ. Resolução nº 002/2003, de 27 de Recursos Hídricos do Estado do Ceará – **CONERH**, 2003.

\_\_\_\_\_. Estudos para a definição e implementação da política tarifária de água bruta no Ceará. Secretaria de Recursos Hídricos. **SRH**. Fortaleza, 2002.

\_\_\_\_\_. Determinação dos custos da água bruta e de um fundo financeiro por sistemas hídricos da região metropolitana de Fortaleza. Companhia de Gestão de Recursos Hídricos. **COGERH**. Fortaleza, 2008.

DELLER, et. al. Instrumental Variables Approach to rural service demand. **Southern Economic Journal**, v. 53, p. 333-346, Outubro, 1986.

MATTOS, Zilda P. B. Uma análise da demanda residencial por água usando diferentes métodos de estimação. **Pesquisa e Planejamento Econômico**. V. 28, nº 1, p. 207-224, Rio de Janeiro, Abril de 1998.

MCFADDEN, et. al. Determinants of long-run demand for electricity. **Proceedings of the American Statistics Association**. Business and Economic Section, Part I, p. 109-113, agosto, 1997.

NORDIN, J. A. A proposed modification of Taylor's demand analysis: comment. **The Bell Journal of Economics**, v.7, p. 719-721, Autumn, 1976.

PINDYCK, R. S. ; RUBINFELD, D. L. **Econometria**: modelos & previsões. 4 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PIZAIA, M. G. **A Regulação do Uso da Água, Identificação Econômica da Tarifa de Equilíbrio**. Tese de Doutorado não publicada, Programa de pós-graduação de Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2004.



PIZAIA, M. G.; ALVES, M. O esquema de tarifas em bloco praticado pelas companhias de água: um estudo dos consumidores de baixa renda. XLVI Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural, **SOBER**, 2008.

SHOENGOLD, et. Al. **Panel Estimation of an Agricultural Water Demand Function.** Gianinni Fudation , Março de 2005, Berkeley, California.

TAYLOR, Lester D. The Demand for Electricity: a survey. **The Bell Journal of Economics**, v.6, p.74-110, Spring 1975.

WICHELNS, D. **Increasing block-rate prices for irrigation water motivate drain water reduction.** Em A. Dinar e D. Zilberman (eds), The economics and management of water and drainage in agriculture, Kluwer Academic Publishers, capítulo 14, p. 275 – 294. 1991.

YOUNG, R. A. Measuring economic benefits for water investments and policies. World Bank technical paper; nº 338. **World Bank**, Washington, DC, 1996.