

## IMPACTO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE DOS ESTADOS BRASILEIROS

VASCONCELOS REIS WAKIM

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

ELIZETE APARECIDA DE MAGALHÃES

THIAGO BARBOSA NEUMAN

### Introdução

Os recursos hídricos, pois estes são essenciais para a sobrevivência do ser humano, promovendo o desenvolvimento social e econômico de um país, além de proporcionar qualidade de vida para a sociedade. No entanto, a disponibilidade hídrica no mundo, principalmente a destinada para o consumo humano, é infinitamente menor do que a quantidade de água salgada. Assim, quanto maior for o avanço tecnológico e, principalmente, o crescimento econômico dos países, maior poderá ser a degradação ambiental. Assim, a exploração e a contaminação/degradação deste recurso natural pode comprometer a vida.

### Problema de Pesquisa e Objetivo

Este trabalho teve como objetivo, identificar como o consumo de água potável, juntamente com variáveis econômicas, sociais e regionais impactam no crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1994 a 2018.

### Fundamentação Teórica

Basicamente adotou-se como fundamentação teórica o modelo de Dose-Resposta ou Produtividade Marginal e alguns estudos que utilizaram esta metodologia.

### Metodologia

A metodologia utilizada neste estudo foi a de Dados em Painel Dinâmico desenvolvido por Arellano e Bond (1991). O período de estudo foi de 1994 a 2018. O Y do modelo foi o PIB dos estados brasileiros e o vetor de variáveis explicativas foi composto pelas seguintes variáveis em logaritmo: Consumo Humano de Água Potável; Consumo de Água Potável na Indústria; Consumo de Água Potável na Agricultura; Rebanho Bovino; Produção Total das Culturas Temporárias e Permanentes e População.

### Análise dos Resultados

Identificou-se que as variáveis de consumo de água potável na agricultura e na indústria foram significativas a 1% e os betas foram positivos. Já o consumo humano foi significativo a 1% e o beta foi negativo. As demais variáveis do modelo Produção Total Agricultura (Soma de culturas permanentes mais temporárias) e o tamanho do rebanho bovino foram significativos a 1% de significância. Estas variáveis indicam que o PIB está sendo influenciado por estas variáveis.

### Conclusão

Considerando o objetivo central desta pesquisa que foi de identificar como as variáveis de consumo de água potável, seja para o consumo humano, agricultura e/ou indústria afetava o crescimento econômico dos estados brasileiros, constatou-se que estas são altamente importantes para o aumento do PIB como exceção para o consumo humano, pois este reduz a disponibilidade hídrica, sem que, diretamente promova o crescimento econômico. Desta forma, pode-se afirmar que o consumo de água tem grande potencial para contribuir com o crescimento econômico.

### Referências Bibliográficas

ARELLANO, M., BOND S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. Review of Economic Studies. 58: 277-297, 1991. MINHO, A.P.; GASPAR, E.B.; DOMINGUES, R. Guia Prático para determinação da curva dose-resposta e concentração letal em bioensaios com extratos vegetais. Comunicado Técnico 93. EMBRAPA, 2016. PEARCE, D. Economic valuation, and the natural world. World Development Report. 1992.

### Palavras Chave

Consumo de Água Potável, Crescimento Econômico, Painel Dinâmico

### Agradecimento a órgão de fomento

Agradecemos ao CNPq e à Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri pelo suporte financeiro e infraestrutura necessárias para o desenvolvimento desta pesquisa.

# IMPACTO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL NO CRESCIMENTO ECONÔMICO: UMA ANÁLISE DOS ESTADOS BRASILEIROS<sup>1</sup>

**Resumo:** O consumo de água potável é fundamental para o desenvolvimento da sociedade, seja para a sobrevivência da humanidade, seja para o crescimento econômico. Considerando esta afirmação, este estudo teve como objetivo analisar como o consumo de água potável impactou no crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1994 a 2018. Para alcançar este objetivo utilizou-se o método denominado de Painel Dinâmico proposto por Arellano e Bond (1991). Como variável dependente usou-se o produto interno bruto (PIB) dos estados brasileiros. Como variáveis independentes, utilizou-se as variáveis consumo de água potável na agricultura, indústria e consumo humano, produção agrícola e rebanho de bovinos. Como resultado, este estudo identificou que as variáveis de consumo de água na agricultura e na indústria impactam positivamente no crescimento econômico dos estados. Por sua vez, o consumo humano não apresentou significância estatística. Pode-se concluir que os recursos hídricos não importante não apenas para a sobrevivência da humanidade, mas apresentam grande relevância para o crescimento econômico dos estados brasileiros. Uma limitação que pode ser apontada aqui é a pouca literatura encontrada que buscaram relacionar consumo de água com crescimento econômico. Como sugestão para estudos futuros, recomenda-se a inserção de outras variáveis econômicas e sociais para tentar explicar os impactos no crescimento econômico.

**Palavras-Chaves:** Consumo de Água Potável; Crescimento Econômico; Painel Dinâmico

## IMPACT OF DRINKING WATER CONSUMPTION ON ECONOMIC GROWTH: AN ANALYSIS OF BRAZILIAN STATES

**Abstract:** Drink water consumption is essential to the development of society, to be humanity survive or grow economic. Thus, this study had as objective to analyze how the drink water consumption impacted in growth economic of Brazilian states from 1994 to 2018. The method called Dynamic Panel developing by Arellano and Bond (1991) was used to hit the aim. As dependent variable, the gross domestic product (GDP) of Brazilian states was used. As independent variables, the drinking water consumption in agriculture, industry and human consumption, agricultural production, and cattle herd were used. As a result, this study identified that water consumption variables in agriculture and industry positively impact the states' economic growth. In turn, human consumption was not statistically significant. It can be concluded that water resources are not necessary only for the survival of humanity but have great relevance for the economic growth of Brazilian states. A limitation that can be pointed out here is the little literature found that sought to relate water consumption with economic growth. As a suggestion for future studies, the insertion of other economic and social variables is recommended to explain the impacts on economic growth.

**Keywords:** Drink Water Consumption; Growth Economic; Dynamic Panel

---

<sup>1</sup> Agradecemos ao CNPq e à UFVJM pelo financiamento e infraestrutura necessárias para o desenvolvimento deste trabalho

## 1 INTRODUÇÃO

A preocupação ambiental nunca foi prioridade da sociedade, conforme explicam Wakim, Vergara e Magalhães (2012). Em função do baixo comprometimento do homem com o meio ambiente e da exploração desordenada dos recursos naturais, tornou-se necessário buscar novas fontes alternativas de combustíveis, preservar os rios de água doce e, principalmente, mitigar os efeitos das variações climáticas, pois estas estão afetando de forma direta e indiretamente todo o planeta.

Em virtude disto, diversas tentativas de contornar os problemas ambientais decorrentes da exploração insustentável dos recursos naturais foram realizadas pelos líderes mundiais. Os primeiros alertas sobre as questões ambientais foram formalizados no Relatório da Primeira-Ministra da Noruega Gro Harlen Brundtland denominado Nosso Futuro Comum, na década de 1980. Foi neste documento que surgiu as primeiras discussões quanto à sustentabilidade e os seus efeitos para o planeta. Passado este primeiro momento, outras discussões começaram a ganhar destaque na sociedade, reforçando os debates iniciais proposto no Relatório de Brundtland. Exemplo disto, é a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento ocorrida na cidade do Rio de Janeiro no ano de 1992. Esta Conferência buscou discutir a degradação ambiental e como ela estava afetando a continuidade do planeta.

Neste contexto de discussão ambiental se insere os recursos hídricos, pois estes são essenciais para a sobrevivência do ser humano, promovendo o desenvolvimento social e econômico de um país, além de proporcionar qualidade de vida para a sociedade. De acordo com Hawken, Lovins e Lovins (1999), quanto mais a globalização avançar e à medida que a disponibilidade *per capita* de água, solo agriculturável e alimentos reduzem, as possibilidades de entraves regionais aumentam em virtude desse desequilíbrio ambiental.

No entanto, a disponibilidade hídrica no mundo, principalmente a destinada para o consumo humano, é infinitamente menor do que a quantidade de água salgada. Assim, quanto maior for o avanço tecnológico e, principalmente, o crescimento econômico dos países, maior poderá ser a degradação ambiental, e conseqüentemente, os recursos naturais poderão ser degradados se não houver uma mudança na forma de seus consumos.

Diante deste cenário, a Agência Nacional de Águas (ANA, 2019), explica que, cerca de 97,5% da água global é salgada e inapropriada para o consumo humano ou para os demais usos consuntivos quais sejam, irrigação e aquicultura e dessedentação de animais. Por sua vez, os 2,5% restante de água no planeta são consideradas doce. Deste total, 69% estão localizadas em áreas de difícil acesso, como as geleiras, 30% em áreas subterrâneas (aquíferos) e apenas 1% em lagos e rios.

Desta forma, a exploração e, principalmente, a contaminação/degradação deste recurso natural pode comprometer todo o sistema econômico e social, uma vez que, este ativo ambiental é de extrema relevância para o ser humano.

Considerando o cenário descrito este trabalho teve como objetivo, identificar como o consumo de água potável, juntamente com variáveis econômicas, sociais e regionais impactam no crescimento econômico dos estados brasileiros no período de 1994 a 2018.

Este estudo está dividido em cinco capítulos quais sejam: Introdução, Referencial Teórico, Metodologia, Resultados e Discussões e Considerações Finais, além das referências bibliográficas.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Teoria Dose-Resposta

Na tentativa de identificar uma possível teoria que desse sustentação às discussões sobre os impactos ocasionados no crescimento econômico dos estados a partir da variação da disponibilidade hídrica e ou do consumo de água potável nos estados brasileiros optou-se por utilizar o método denominado de Produtividade Marginal (PM) ou Método Dose-Resposta. Esta metodologia é muito utilizada em pesquisas ambientais, onde procura-se verificar o resultado obtido em um determinado produto a partir da variação (quantidade e/ou qualidade) de um determinado insumo que está ligado diretamente a ele.

É importante salientar que na literatura existente, tanto nacional quanto internacional, o dose-reposta é muito utilizado para medir impactos em recursos ambientais, pois estes são insumos para o processo produtivo. Ou na área de saúde, onde se procura medir quais os efeitos na saúde humana a partir de níveis de poluição ambiental.

Neste sentido, quando se pretende utilizar o método Dose-Resposta, tem que se ter em mente que os insumos ambientais como o ar, água ou a terra, poderão ser considerados como *inputs* na geração de bens e ou serviços.

Adaptando o contexto afirmado por Brower et al. (2017), a função dose resposta de  $f$  conecta a quantidade de insumos utilizados na “produção” (dose -  $x$ ) com a probabilidade do resultado decorrente deste insumo (resposta -  $f(x)$ ). Em outras palavras, o produto está em função da quantidade de insumos utilizados no processo. Os autores relatam que se  $x = 0 \rightarrow f(x) = 0$ ; se a quantidade inserida como *input* no processo for elevada, o produto tenderá ser incrementado.

Neste contexto, Faucheux e Noël (1997, p. 274) afirma que “qualquer mudança nas condições ambientais vai-se traduzir nos custos de produção da empresa, nos preços e na quantidade do produto”. Ou seja, considerando o recurso hídrico como um importante *input* para o crescimento econômico, a sua variação, seja ela positiva ou negativa, impactará no resultado do produto interno bruto (PIB).

Seroa da Mota (2006) explica que a dose-reposta ou produtividade marginal é uma função em que o produto é reflexo de uma combinação de fatores econômicos, sociais e ambientais ( $P = f(Y, R)$ ).

Assumindo que os impactos do consumo de água potável sobre o PIB são dados a partir das variações da variável da disponibilidade hídrica  $x$ , desta forma o risco relativo sobre o PIB a partir de  $x$  é dada pela equação (1) adaptada de Calthrop e Maddion (1996).

$$RR(x) = \frac{E(Y|x)}{E(Y|0)} \quad (1)$$

O risco relativo de alguma variação no nível de  $x$  é igual ao impacto esperado no PIB ( $Y$ ). Os autores argumentam que não apenas uma variável é responsável pelas variações sobre o produto, assim, as variações no PIB, não necessariamente serão decorrentes das oscilações da disponibilidade/consumo de água potável na economia, mas também outras variáveis serão responsáveis pelas variações relativas em  $Y$ .

Altshuler (1981) explica que a função dose é dicotômica com uma função de distribuição  $P(d)$ , em que  $d$  é uma quantidade de dose genérica, ou seja, dose total, taxa de dose, dose diária ou concentração, no entanto,  $d$  significa taxa de dose. Por sua vez, a função de resposta é decorrente do efeito combinado da resposta induzida com a resposta de *background*, sendo que esta relação precisa ser bem especificada. Nordberg e Strangert (1978) explicam que a metodologia do dose-resposta é uma relação entre o nível/volume da dose inserida com a proporção da resposta esperada.

Esperancini (2001) explica que o método-dose resposta normalmente é utilizado para avaliar/mensurar os impactos ao meio ambiente em função da poluição do ar e nas questões de saúde, quando busca-se identificar o efeito sobre a mortalidade nos seres humanos, também decorrente dos níveis de poluição ambiental.

Pearson (1992) associa o uso do método a questões da agrônômicas, isto é, a relação está pautada nos problemas decorrentes do processo de erosão que ocorre no solo. Para cada variação do nível de erosão (dose) isto implicará em diferentes níveis de produção nas culturas. Ele explica que a perda do solo está em função de alguns fatores volume de chuvas que provocam erosão (R), a erosão do solo propriamente dita (K), inclinação do terreno (SL), fator da cultura (C) e as práticas de conservação (P). Desta forma, apresenta uma função da erosão em função destas variáveis como sendo:  $Perda\ Solo = f(R, K, SL, C, P)$ .

Outro estudo utilizando o Dose-Resposta foi o trabalho de Wakim, Vergara e Magalhães (2012), cujos autores buscaram medir o impacto na lucratividade da produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia, Tocantins, a partir da simulação de cenários decorrente da variação positiva e negativa da disponibilidade hídrica na região usando a simulação de Monte carlo. Concluíram que havendo oscilação na quantidade e na qualidade do recurso hídrico, a produção de arroz irrigado seria afetada e conseqüentemente a lucratividade dos produtores de arroz da região.

Esperancini (2001) faz uma pesquisa relacionando diversos estudos onde buscaram-se utilizar o método dose-resposta e analisou cada um deles quanto ao método utilizado bem como as variáveis utilizadas na modelagem.

Por sua vez, Fryges (2006) estudou uma função Dose-Resposta, a partir do método GPS, a relação entre a propensão de vendas de uma empresa com a taxa de crescimento, sendo esta última uma *proxy* para o desempenho da firma. O autor confirmou a existência de um U-invertido existente entre a intensidade de exportação existente antes do tratamento com a performance da firma. Ele comenta que um fator que pode ter trazido algum tipo de dificuldade na estimação da função dose-resposta foi o tamanho da amostra, que pode ser considerada pequena para a estimação.

Por sua vez, na área da saúde o método Dose-Resposta é muito utilizado para medir os efeitos de determinados níveis de dosagens de medicamentos sobre doenças específicas com o intuito de se verificar a capacidade da droga em controlar/mitigar os efeitos provocados pelas doenças no organismo dos pacientes.

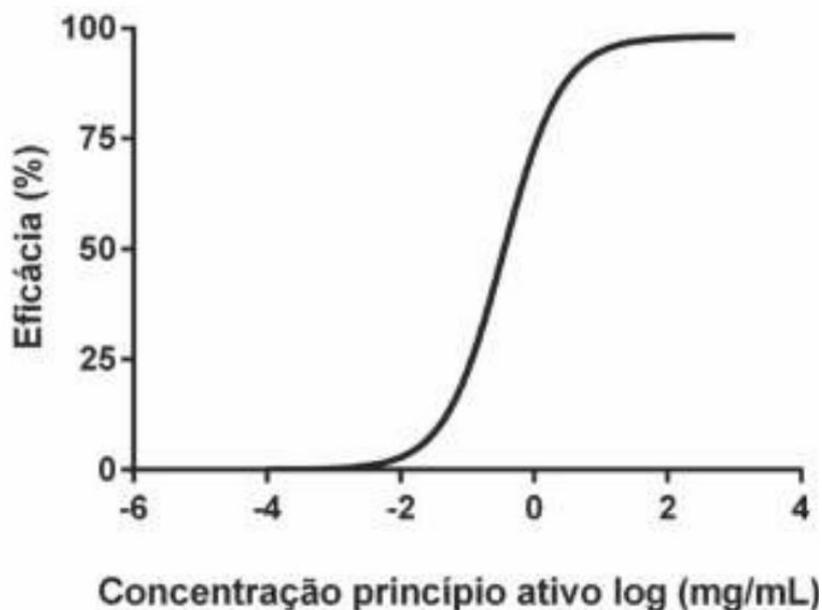
Neste sentido, Viecili et al. (2008) estudaram o efeito da prática de exercícios em pessoas hipertensas. Para isto estudaram cerca de 90 pessoas em diversas faixas etárias, em que praticavam algum tipo de exercício físico. Os autores observaram que a curva dose-resposta da pesquisa pode ser abrupta de decrescente ao invés de ser achatada.

Os autores Minho, Gaspar e Domingues (2016) desenvolveram um estudo onde buscaram elaborar um guia prático para determinação da curva de dose-resposta em bioensaios com extratos vegetais. Estes comentam que em estudos de toxicologia em seres humanos e/ou animais, uma dosagem letal média pode ser uma forma de se obter o entendimento de quanto um determinado composto químico pode ser letal. Além disto, pode-se estar buscando medir a eficiência de uma determinada droga no controle de uma doença específica.

Pode-se afirmar que um gráfico de dose-resposta normalmente terá em seu eixo X a concentração do elemento que está se testando. Em contrapartida, no eixo Y tem-se a resposta deste elemento, seja ele no corpo humano, em animais, ou em plantações. Pode-se obter qualquer tipo de resposta em função da dosagem aplicada e da substância utilizada. Minho, Gaspar e Domingues (2016) exemplificam esta afirmação, comentando que a utilização de um elemento e/ou quantidade deste em um indivíduo, pode provocar alterações nos batimentos cardíacos entre outras respostas possíveis.

Explicam que a curva da dose-resposta pode assumir dois formatos. O primeiro a curva DR de estimulação e a segunda, a curva DR de inibição. No caso da primeira curva, a Figura (1) demonstra o seu formato:

Figura 1: Curva Dose-Resposta de Estimulação

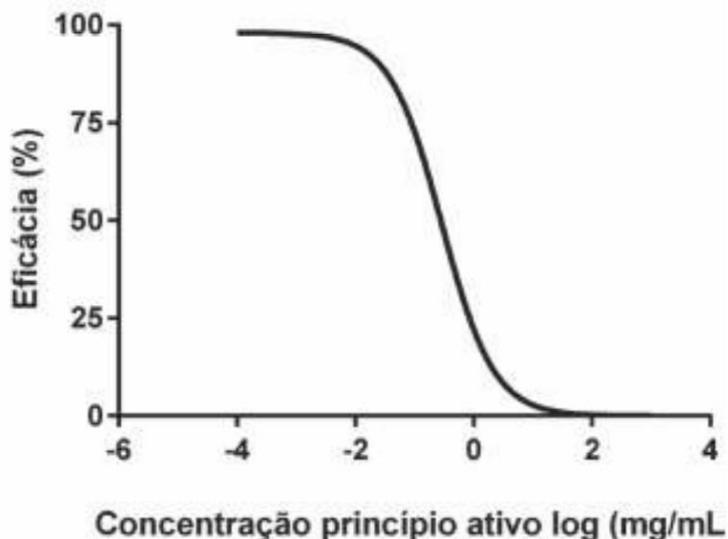


Fonte: Minho, Gaspar e Domingues (2016)

Na Figura 1, os autores sugerem que à medida que se aumenta a quantidade/qualidade do insumo testado, ele apresentará um maior percentual de eficácia na sua proposta de utilização. Neste caso, o exemplo descrito por Minho, Gaspar e Domingues (2016) é o aumento da concentração de uma substância, ela irá provocar a morte de larvas. Por sua vez, a Figura 2, descreve a Curva Dose-Resposta de Inibição.

Fazendo uma referência da Figura 1 à proposta desta pesquisa, têm-se que à medida que se busca incrementar a utilização de insumos, sejam eles econômicos e/ ou ambientais, neste caso específico, o consumo de água, pretende-se aumentar a produto final, ou seja, o produto interno bruto.

Figura 2: Curva Dose-Resposta de Inibição



Fonte: Minho, Gaspar e Domingues (2016)

No caso da Figura 2, o objetivo é verificar como o aumento na concentração de determinado composto provoca a diminuição do evento a ser testado. Minho, Gaspar e Domingues (2016) explicam que quanto maior for a concentração do elemento inibidor, maior poderá ser a eficácia deste no controle do evento.

Gadagkar e Call (2015) relatam que os estudos típicos do modelo de dose-resposta, produzem uma curva signoide, como as plotadas nas Figuras 1 e 2 e explicam também que a curva da função dose resposta ela pode ser obtida a partir de uma equação logística não linear com quatro parâmetros a partir de uma regressão logística não linear, conforme descrito pela equação (2).

$$\hat{Y} = \alpha + \frac{(\beta - \alpha)}{\left[1 + \left(\frac{\gamma}{X}\right)^\delta\right]} \quad (2)$$

em que  $\hat{Y}$  é a resposta da dosagem esperada;  $\alpha$  é a resposta mínima quando a dosagem é igual a zero;  $\beta$  é a resposta estabilizadora para uma dosagem infinita;  $\gamma$  é a dosagem na qual se espera que 50% dos indivíduos apresentem a resposta desejada;  $\delta$  é o declive na parte mais íngreme da curva da dose-resposta, também chamado de declive da curva de Hill.

### 3 METODOLOGIA

Para responder ao problema de pesquisa proposto, este projeto de pesquisa empregou a metodologia de Dados em Painel Dinâmico proposta por Arellano e Bond (1991). No modelo de Dados em Painel, de acordo com Gujarati e Porter (2011) e Greene (2012), a mesma unidade de análise é estudada ao longo do tempo. Além disto, os autores explicam que esta técnica permite uma menor colinearidade entre as variáveis, maior variabilidade, mais graus de liberdade e eficiência nos estimadores.

Já o modelo específico proposto nesta pesquisa desenvolvido por Arellano e Bond (1991), além destas características mencionadas por Gujarati e Porter (2011) e Greene (2012), ele permite verificar a dependência temporal da variável explicada. Assim, possibilita avaliar se os eventos atuais possuem algum tipo de vinculação com os já ocorridos no passado.

Uma condição a ser considerada neste método, está no fato da possibilidade de existência de endogeneidade entre uma ou mais variáveis explicativas e a variável dependente. Desta forma, a metodologia proposta controlaria este problema. Arellano e Bond (1991) explicam que uma característica essencial deste método é a exogeneidade estrita de algumas variáveis explicativas condicionada aos efeitos individuais não observados. Na prática, este tipo de modelagem permite o uso de variáveis do passado, presente e futuro, consideradas estritamente exógenas, como instrumentos (ARELLANO; BOND, 1991).

Assim, considerando o exposto, o modelo a ser estimado nesta pesquisa foi o expresso na equação (1):

$$y_{it} = \gamma y_{i,t-1} + \beta X_{it} + \alpha_i + v_t + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$i = 1, \dots, 27$  estados  
 $t = 1994, \dots, 2018$

em que  $y_{it}$  representa o PIB dos estados brasileiros no período de 1994 a 2018;  $y_{it-1}$  é a variável dependente defasada em um período;  $X_{it}$  é o vetor de variáveis econômicas;  $\gamma$  e

$\beta$  são os parâmetros a serem estimados;  $\alpha_i$  é o efeito específico não observado de cada estado;  $\nu_t$  é o efeito específico no tempo que não varia entre os estados; e  $\varepsilon_{it}$  é o erro aleatório. A seguir, é apresentada a descrição das variáveis utilizadas no presente estudo.

O conjunto de variáveis explicativas  $X_{it}$  foi composto pelas seguintes variáveis em logaritmo: Consumo Humano de Água Potável; Consumo de Água Potável na Indústria; Consumo de Água Potável na Agricultura; Rebanho Bovino; Produção Total das Culturas Temporárias e Permanentes e População.

A variável Consumo Humano de Água Potável espera-se que o sinal de seu coeficiente seja negativo, pois este reduz a disponibilidade hídrica, logo os demais usos da água podem ser comprometidos em função da escassez deste recurso. E como consequência desta situação, o crescimento econômico dos estados podem ser prejudicados.

Já as variáveis Consumo de Água Potável na Indústria, Consumo de Água Potável na Agricultura, Rebanho Bovino e Produção Total das Culturas Temporárias e Permanentes espera-se que o coeficiente destas variáveis sejam positivos, indicando que à medida que o setor produtivo utiliza dos recursos hídricos, a economia tende a alavancar-se.

E por fim, a variável População, espera-se que esta apresente sinal de seu coeficiente positivo indicando que o aumento populacional contribui para o crescimento econômico por meio do consumo de bens e serviços ofertados pelos setores produtivos da economia.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Inicialmente nos resultados serão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis que compuseram o modelo econométrico de dados em painel dinâmico de Arellano e Bond (1991). Na Tabela 1 são apresentados os resultados da estatística descritiva.

Tabela 1 – Estatística Descritiva

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Mínimo	Máximo
PIB Deflacionado	257.000.000.000.000,00	652.000.000.000.000,00	2.090.000.000,00	11.100.000.000.000.000,00
Consumo Humano de Água	5.072.745,00	6.171.761,00	2.698.715,00	3.485.464,00
Consumo de Água Agricultura	2.612.461,00	4.304.858,00	0,08	2.358.597,00
Consumo Industrial de Água	3.578.184,00	7.040.017,00	0,03	4.725.187,00
Produção Agricultura	2.314.233,00	2.940.267,00	4.148,00	15.600.000,00
Rebanho Bovino	7.168.931,00	7.779.531,00	55.422,00	30.300.000,00

Fonte: Dados da pesquisa (2021)

Inicialmente é importante destacar que a variável PIB foi deflacionada pelo IGPDI da Fundação Getúlio Vargas. Com este procedimento é possível fazer uma análise do valor monetário considerando a inflação do período estudado. Assim, o valor monetário é corrigido de forma a manter seu valor real.

Na análise do Produto Interno Bruto, os valores da Tabela 1 são referentes a 24 anos de análises. Desta forma, possível notar por meio da referida tabela que o valor médio do PIB dos estados brasileiros no período estudado (1994 a 2018) foi na casa de R\$ 257 trilhões. O PIB é uma variável que reflete o nível de riqueza de uma cidade, estado ou país. A partir dele é possível verificar em que medida os agentes públicos podem investir nas diversas áreas sociais e econômicas da administração pública de forma a tentar atender todas as demandas sociais.

Por sua vez, o consumo humano de água potável nos estados brasileiros no período de 1994 a 2018 totalizou uma média de 5 milhões de metros cúbicos. Já a agricultura consumiu no mesmo período uma média de 2,6 milhões de metros cúbicos e a indústria, utilizou cerca de 3,5 milhões de metros cúbicos de água de 1994 a 2018.

A produção agrícola e o rebanho bovino, juntos consumiram uma média de 9,4 milhões de metros cúbicos de água, sendo que a produção agrícola levou cerca de 2,3 milhões e a dessedentação animal levou cerca de 7,1 milhões de metros cúbicos de água.

Todos estes tipos de consumo de água potável, são aqueles caracterizados como uso consumptivos da água, pois eles diminuem a disponibilidade hídrica nas principais fontes de abastecimento de água da sociedade. E à medida que se consome, e não havendo regularidade nos ciclos de chuvas, os mananciais e os rios tendem a diminuir os seus níveis o que pode provocar períodos de dificuldade hídrica, como o vivenciado recentemente no país.

Partindo para a análise econométrica do modelo proposto no referido trabalho, tendo como referência o objetivo central de identificar como o consumo de água potável impactou no crescimento econômico dos estados brasileiros entre 1994 a 2018, usou-se o modelo de dados em painel dinâmico proposto por Arellano e Bond (1991) (TABELA 2).

Tabela 2 – Resultado da estimação do modelo econométrico

Variáveis	Coefficientes
Log PIB Defasado em 1 período	0,6664763*** (0,0088686)
Log do Consumo Humano de Água Potável	-15,53429*** (0,4066053)
Log do Consumo da Indústria de Água Potável	0,6766489*** (0,0950825)
Log do Consumo na Agricultura de Água Potável	0,6459686*** (0,0670016)
Log do Rebanho Bovinos	3,297761*** (0,3758879)
Log da Produção Total da Agricultura <sup>1/</sup>	0,6857914*** (0,179754)
Constante	0,0090673 <sup>NS</sup> (2,776399)
<b>Teste de Autocorrelação de Arellano e Bond</b>	
$H_0$ : Ausência de autocorrelação de 1ª Ordem	p-value: 0,0000***
$H_1$ : Presença de autocorrelação de 1ª Ordem	$Z_{calculado}$ : -4,6783
$H_0$ : Ausência de autocorrelação de 2ª Ordem	p-value: 0,1640 <sup>NS</sup>
$H_1$ : Presença de autocorrelação de 2ª Ordem	$Z_{calculado}$ : 1,3916
<b>Teste de Sargan</b>	
$H_0$ : Os instrumentos são válidos	0,9798 <sup>NS</sup>

Nota: <sup>1/</sup> Nesta variável agrega-se o total da produção das culturas temporárias e permanentes

\* Significativo a 10%; \*\* Significativo a 5%; \*\*\* Significativo a 1%; <sup>NS</sup> não significativo

Fonte: Resultado da Pesquisa

Inicialmente, cabe destacar que foi feito o Teste de Sargan para identificar se os instrumentos utilizados na modelagem eram válidos. Assim, considerando que a Hipótese Nula do teste ( $H_0$ ) é que os instrumentos são válidos e considerando o resultado do teste e que este não foi significativo, pode-se afirmar que a hipótese nula foi aceita, ratificando que os instrumentos utilizados na estimação são válidos.

Por sua vez, foram feitos, também, o teste de autocorrelação de Arellano e Bond de 1ª e 2ª ordem. Neste sentido, considerando o resultado para o de 1ª ordem, o p-value

foi significativo ao nível de 1% de significância, sugerindo que existe indícios de autocorrelação de 1ª ordem na estimação. Já no teste de autocorrelação de 2ª ordem, constatou-se que este não foi significativo. Assim, pode-se afirmar que a Hipótese Nula ( $H_0$ ) do teste foi aceita, indicando que não há problemas de autorrelação.

Os testes realizados foram necessários para identificar se o modelo estimado apresentava as características mínimas desejáveis para que os betas estimados pudessem ser considerados os melhores estimadores lineares não viesados.

Analisando os resultados encontrados na Tabela 2, a variável em log do PIB defasada em um período demonstra que para a formação do PIB este tem uma dependência de um período de tempo. Assim, havendo um aumento de 1% no produto interno bruto do período anterior, este provocará um incremento no PIB atual em torno de 0,66%, mantendo as demais variáveis constantes. Tal achado evidencia o perfil dinâmico dos estados analisados, o que justifica a utilização do painel dinâmico.

A variável consumo humano de água potável apresentou significância estatística ao nível de 1%, sendo que o seu coeficiente foi negativo, indicando que havendo um aumento de 1% no consumo de água potável pelo ser humano, o crescimento econômico dos estados tenderá a ser diminuído em torno de 15,5%. Considerando que o consumo humano de água, é considerado como uso consumptivo de água, ou seja, que reduz a disponibilidade hídrica nos rios e lagos, nossas principais fontes de abastecimento de água, à medida que aumenta o consumo humano, menor, poderá ser a disponibilidade de água para as áreas da indústria, agricultura e pecuária.

Este cenário pode ser visualizado na Tabela 1, em que é possível notar que o consumo humano médio de água, durante o período estudado, ficou na média de 5,0 milhões de metros cúbicos de água. Neste caso, este volume pode estar computando o uso real, ou seja, o que de fato é consumido pelo ser humano e, também, o volume de recurso hídrico que é perdido em termos de vazamentos ou outros eventos que fazem com que o recurso se perca.

Por sua vez, as variáveis de consumo de água, potável na Indústria e na Agricultura, ambas foram significativas ao nível de 1% de significância demonstrando que estas contribuem para o crescimento econômico dos estados brasileiros ao longo do período estudado (1994 a 2018). No caso específico do uso da água na indústria, a variável em log demonstra que havendo um aumento de 1% neste consumo, o PIB dos estados brasileiros tenderá a aumentar em torno de 0,67%. E no caso da agricultura, um aumento de 1% neste consumo, o produto interno bruto aumentará cerca de 0,64%.

Ambos os resultados estão de acordo com o esperado, demonstrando que o consumo de água nestes dois segmentos contribuem significativamente para o crescimento econômico dos estados. A teoria da produtividade marginal ou dose-resposta ajuda explicar estes resultados, pois considerando que a água é o insumo base para diversas atividades produtivas, havendo um aumento no seu consumo, o resultado econômico tende a ser na mesma proporção, conforme evidenciado por Minho, Gaspar e Domingues (2016).

Seguindo a mesma lógica apresentada até o momento nas análises, as variáveis em logaritmo de Rebanho Bovino e Produção Total da Agricultura, sendo esta última, composta pelo total da produção das culturas temporárias e permanentes, ambas foram, também, significativas ao nível de 1% de significância, indicando que havendo um aumento de 1% na produção de bovinos e na produção total da agricultura, o produto interno bruto dos estados brasileiros seriam incrementados na ordem de 3,29% e 0,68% respectivamente.

Fazendo uma comparação da afirmação de Seroa da Mota (2006), pode-se dizer que PIB dos estados, que é considerado o produto na função de produção deste estudo, ele é reflexo de uma combinação de fatores econômicos, sociais e ambientais, assim, o

aumento nestas duas variáveis econômicas, era de se esperar que haveria um reflexo positivo no PIB estaduais.

Associando, também, os argumentos de Minho, Gaspar e Domingues (2016) a este estudo, à medida que se aumenta os insumos produtivos, neste caso a produção das culturas temporárias e permanentes, além da produção bovina nos estados, o PIB receberá um retorno, que neste caso específico foi positivo, aumento o resultado econômico.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando o objetivo central desta pesquisa que foi o de identificar como as variáveis de consumo de água potável, seja para o consumo humano, agricultura e/ou indústria afetava o crescimento econômico dos estados brasileiros, constatou-se que estas são altamente importantes para o aumento do PIB, como exceção para o consumo humano, pois este reduz a disponibilidade hídrica, sem que, diretamente promova o crescimento econômico.

Por sua vez, as outras variáveis demonstraram capacidade de promoção de crescimento econômico, mesmo sendo consideradas como usos consumptivos, elas demonstraram grande potencial para o incremento do produto interno bruto dos estados.

Desta forma, pode-se afirmar que o consumo de água tem grande potencial para contribuir com o crescimento econômico, no entanto, a sociedade tem que aplicar meios mais sustentáveis de forma a não esgotar este recurso natural, que tem sua disponibilidade comprometida quando ocorrer longos períodos de estiagem. Assim, torna-se de vital importância que o gestor público adote medidas mais sustentáveis para utilizar este insumo/recurso sem prejudicar a sua disponibilidade.

Como limitação neste estudo, pode-se apontar a falta de estudos correlacionados ao tema, em que analisaram efetivamente o impacto do consumo de água potável no crescimento econômico, além da inexistência de um modelo teórico específico capaz de auxiliar nas discussões para explicar melhor os resultados.

Como sugestão para estudos futuros, sugere-se a inserção de outras variáveis econômicas e/ou sociais na modelagem para verificar o impacto destas no crescimento econômico, juntamente com as variáveis de disponibilidade hídrica.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS (ANA). **Situação das Águas no Mundo**. Brasília, DF. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/agua-no-mundo>. Acesso em: 21 out. 2019.

ALTSHULER, B. Modeling of dose-response relationships. **Environmental Health Perspectives**. v. 42, p. 23-27, 1981.

ARELLANO, M., BOND S. Some tests of specification for panel data: Monte Carlo evidence and an application to employment equations. **Review of Economic Studies**. 58: 277-297, 1991.

BROUWER, A.F. et al. Dose-response relationships for environmentally mediated infectious disease transmission models. **PLoS - Computational Biology**. n. 13, v. 4. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005481>.

CALTHROP, E.; MADDISON, D. The dose-response function approach to modeling the health effects of air pollution. **Energy Policy**. v. 24, n. 7, p. 599-607. 1996.

ESPERANCINI, M.S.T. Métodos de valoração e a função dose-resposta: dificuldades e viabilidade de aplicação em estudos de poluição do ar. **Holos Environment**. v. 1, n. 1, p. 1-17. 2001.

FAUCHEUX, S.; NOËL, J. F. **Economia dos recursos naturais e do meio ambiente**. Portugal: Instituto Piaget, 1997.

FRYGES, H. The export-growth relationship: estimating a dose-response function. **Center for European Economic Research**. 2006.

GADAGKAR, S.R.; CALL, G.B. Copmutacional tools for fitting the Hill equation do dose-response curves. **Journal of Pharmacological and Toxicological Methods**. n. 71, p. 68-76, 2015.

GRAFTON, R. Q. Determinants of residential water consumption: evidence and analysis from a 10-country household survey. **Water Resources Research**, v. 47, p. 1-14, 2011. DOI: <http://dx.doi.org/10.1029/2010WR009685>. Disponível em: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1029/2010WR009685>. Acesso em: 21 out. 2019.

GREENE, W.H. **Econometric Analysis**. 7. ed. New Jersey: Pearson, 2012.

GUJARATI, D.N.; PORTER, D.C. **Econometria Básica**. 5. ed. Porto Alegre, 2011.

HAUSMAN, J.A. Specification tests in econometrics. **Econometrica**, v. 46, n. 6, p. 1251-1271, 1978.

HAWKEN, P.; LOVINS, A.; LOVINS, L. H. **Capitalismo Natural: criando a próxima Revolução Industrial**. Tradução de Luiz A. de Araújo e Maria Luiza Felizardo. São Paulo: Editora Cultrix, 1999.

HIRANO, K.; IMBENS, G. W. The propensity score with continuous treatments, in **Applied bayesian modeling and causal inference from incomplete-data perspectives**, ed. by A. Gelman and X.-L. Meng, pp. 73–84. John Wiley and Sons, West Sussex. 2004.

McGARVEY, S. T. *et al.* Community and household determinants of water quality in coastal Ghana. **Journal of Water and Health**, v. 6, p. 339-349, 2008. DOI: <http://dx.doi.org/10.2166/wh.2008.057>. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3696883/>. Acesso em: 21 out. 2019.

MINHO, A.P.; GASPAR, E.B.; DOMINGUES, R. Guia Prático para determinação da curva dose-resposta e concentração letal em bioensaios com extratos vegetais. **Comunicado Técnico 93**. EMBRAPA, 2016.

MOHL, P. Impact on Regional Economic Growth II: A Dose-Response Approach. 2016. DOI: 10.1007/978-3-658-13852-3\_4.

MORAES, L. R. S. Determinantes do consumo *per capita* de água em assentamentos humanos em áreas periurbanas: estudo de caso. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 18., 1995, Salvador, BA. **Anais**. [...]. Salvador, BA: UFBA, 1995, p. 1-12.

NORDBERG, G.F.; STRAMGERT, P. Fundamental aspects of dose-response relationships and their extrapolation for noncarcinogenic effects of metals. **Environmental Health Perspectives**. v. 22, p. 97-102, 1978.

OGUNBODE, T. O.; IFABIYI, P. I. Determinants of domestic water consumption in a growing urban center in Osun State, Nigeria. **Africa Journal of Environmental Science and Technology**. v. 8, p. 247-255. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/AJEST2013>. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/287343670\\_Determinants\\_of\\_domestic\\_water\\_consumption\\_in\\_a\\_growing\\_urban\\_centre\\_in\\_Osun\\_State\\_Nigeria](https://www.researchgate.net/publication/287343670_Determinants_of_domestic_water_consumption_in_a_growing_urban_centre_in_Osun_State_Nigeria). Acesso em: 21 out. 2019.

PEARCE, D. Economic valuation, and the natural world. **World Development Report**. 1992.

PEDROSO, L. P. **Estudo das variáveis determinantes no consumo de água em escolas**: o caso das unidades municipais de Campinas, São Paulo. 2008. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

REZENDE, S.; ROLAND, N.; RIBEIRO, R. V. B. L. Estudos dos determinantes do consumo de água *per capita* de água nos municípios brasileiros. In: 28º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL., 28., 2015, Rio de Janeiro, RJ. **Anais**. [...]. Rio de Janeiro, RJ: ABES, 2015, p. 1-15.

SEROA DA MOTTA, Ronaldo. **Economia ambiental**. Rio de Janeiro, RJ: Ed. da FGV, 2006.

VIECILI, P.R.N. et al. Curva dose-resposta do exercício de hipertensos: análise do número de sessões para efeito hipertenso. **Arquivos Brasileiros de Cardiologia**. v. 92, n. 5, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0066-782X2009000500010>.

WAKIM, V. R. **Valoração Ambiental**: Uso do Método Dose Resposta na Mensuração do Impacto na Lucratividade da Produção de Arroz Irrigado na Microrregião de Formoso do Araguaia-TO. 2010. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Agronegócio) – Universidade Federal do Tocantins. Palmas, 2010.

WAKIM, V. R.; VERGARA, F. E.; MAGALHÃES, E. A. Uso do método dose-resposta na mensuração de impactos na lucratividade de produção de arroz irrigado na microrregião de Formoso do Araguaia no Estado do Tocantins. **Revista em Agronegócios e Meio Ambiente**. v. 5, p. 103-133. 2012.