

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ**

**ARNO PAULO SCHMITZ**

**ECONOMIA REGIONAL: ENSAIOS APLICADOS EM ECONOMIA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS**



**CURITIBA  
2014**

**ARNO PAULO SCHMITZ**

**ECONOMIA REGIONAL: ENSAIOS APLICADOS EM ECONOMIA DOS  
RECURSOS HÍDRICOS**

Tese de doutorado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor pelo Programa Pós Graduação em Desenvolvimento Econômico, setor de Ciências Sociais Aplicadas da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Mauricio Vaz Lobo  
Bittencourt

**CURITIBA  
2014**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ. SISTEMA DE BIBLIOTECAS.  
CATALOGAÇÃO NA FONTE

Schmitz, Arno Paulo

Economia regional: ensaios aplicados em economia dos recursos hídricos / Arno Paulo Schmitz. – 2014.

164 f.

Orientador: Mauricio Vaz Lobo Bittencourt.

Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico.

Defesa: Curitiba, 2014.

1. Economia regional. 2. Abastecimento de água. 3. Recursos hídricos - Desenvolvimento. 4. Relações intersetoriais. I. Bittencourt, Mauricio Vaz Lobo, 1970 - . II. Universidade Federal do Paraná. Setor de Ciências Sociais Aplicadas. Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico. III. Título.

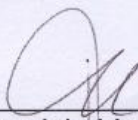
CDD 333.91

## TERMO DE APROVAÇÃO

ARNO PAULO SCHMITZ

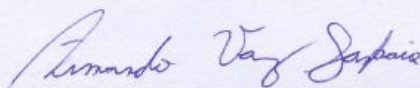
### ECONOMIA REGIONAL: ENSAIOS APLICADOS EM ECONOMIA DOS RECURSOS HÍDRICOS

Tese aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Desenvolvimento Econômico, Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, pela seguinte banca examinadora:




---

Prof. Dr. Mauricio Vaz Lobo Bittencourt  
Orientador – Departamento de Economia, UFPR



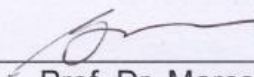
---

Prof. Dr. Armando Vaz Sampaio  
Departamento de Economia, UFPR



---

Prof. Dr. Alexandre Alves Porsse  
Departamento de Economia, UFPR



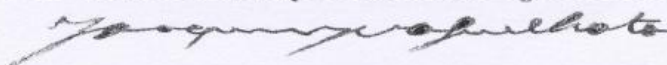
---

Prof. Dr. Marcos Minoru Hasegawa  
Departamento de Economia, UFPR



---

Prof. Dr. Gustavo Inácio de Moraes  
Faculdade de Administração, Contabilidade e Economia, PUC-RS



---

Prof. Dr. Joaquim José Martins Guilhoto  
Departamento de Economia, USP

Curitiba, 11 de abril de 2014

**“Para minha filha *Sarah*”**

## AGRADECIMENTOS

Há muitas pessoas e instituições que devo agradecer, mas mesmo correndo o risco de esquecer alguém, nominarei algumas e outras agradecerei pessoalmente.

Primeiramente agradeço ao meu orientador Mauricio que proporcionou liberdade acadêmica, e além disso, sua dedicação e conhecimento foram fundamentais na elaboração desta tese; Não poderei esquecer jamais o seu apoio pessoal e intelectual; sem isto tudo o presente trabalho não seria concluído.

Aos componentes das bancas de qualificação e de defesa da tese.

Aos professores do PPGDE e ao pessoal do NAPPE, em especial o prof. Flavio, pelo aprendizado nesses anos.

Ao professor Alexandre Porsse pelo auxílio técnico fundamental em partes dessa tese.

Aos professores Eduardo Amaral Haddad e Joaquim José Martins Guilhoto da USP - Universidade de São Paulo, por terem oportunizado um ano de experiência e aprendizado incríveis, tanto em disciplinas quanto no convívio. Sem dúvida isso foi fundamental para a concepção, implementação e conclusão dos estudos aqui expostos.

Ao INPE - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais de São José do Campos/SP pelos cursos de análise georeferenciada, estatística espacial e geoestatística que contribuíram com a base necessária para o desenvolvimento de parte importante deste estudo.

Aos professores Ali Bayar da Universidade Livre de Bruxelas, e Can Erbil da Boston College, ambos também da EcoMod Modelling School, pelo aprendizado de análise regional.

À CAPES pelos recursos financeiros disponibilizados para os cursos na USP – Universidade de São Paulo, e no EcoMod Modelling School em Washington DC.

À Agência Nacional de Águas pela disponibilidade de dados via CNARH.

Aos colegas de PPGDE, em especial (e ordem alfabética) ao Alex, Cadu, Cleiton, Gilberto, Leonardo, Marco Túlio, Pedro, Rogério e Tomazia,

À minha irmã Ju e meu cunhado Alcides por terem me “estendido a mão” em uma fase muito difícil da minha vida, e que coincidiu com a confecção deste estudo. Sou grato a vocês e jamais esquecerei o que fizeram por mim.

A alguns amigos peço desculpas e ao mesmo tempo agradeço pelo respeito ao meu distanciamento.

Ao Elias e Adriano agradeço especialmente pela preocupação, apesar da distância, e também pelo apoio, mesmo as vezes sem eu ter emitido qualquer “sinal de fumaça”.

À Jaline por ter dado auxílio com as coisas da Sarah e também a mim.

Finalmente, agradeço à Sarah por ser esta filha maravilhosa que só me dá alegrias e por ter entendido a minha rotineira ausência e, mesmo sem saber exatamente o que significa, me apoiado nestes tempos de doutoramento.

## RESUMO

Em várias regiões mundiais e brasileiras observada-se uma escassez importante de água, mas em algumas dessas regiões o problema é recente, então geralmente tem-se conflitos importantes sobre os usos dos recursos hídricos. Um exemplo disto é o grande problema atual de falta d'água na região sudeste do Brasil, onde estão localizadas bacias hidrográficas importantes, tanto pela questão econômica, quanto pela questão de concentração demográfica. Neste sentido, implementou-se duas análises econômicas e alguns cenários de previsão, tanto para medir o nível de demanda por recursos hídricos, quanto para estimar quais áreas seriam mais afetadas com a escassez de água. Para as bacias dos rios PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), PBS (Paraíba do Sul), AT (Alto Tietê – região metropolitana de São Paulo) e SMT (Sorocaba e Médio Tietê), em uma primeira análise sob a metodologia de insumo-produto, estimou-se os volumes de recursos hídricos (para os usos captação de águas dos rios, transposição de águas entre bacias hidrográficas, consumo de águas e lançamento de efluentes) necessários em três cenários de crescimento econômico para o ano 2020. Os resultados mostraram que o uso de água para transposição entre bacias hidrográficas causa um desequilíbrio importante no cenário futuro, em que a bacia AT compromete toda a disponibilidade de água da bacia PCJ, isso de forma permanente durante os meses do ano. Numa segunda análise, para a bacia dos rios PCJ (Piracicaba, Capivari e Jundiaí), utilizou-se de estatística espacial para entender quais os fatores locais das atividades econômicas que influenciam a quantidade de água disponível. Além disso, foram estimados três cenários para o ano de 2020 o qual identificou-se a área da bacia onde a água tende a ser mais escassa no futuro. Os resultados apresentaram que as variáveis locais que explicam o comportamento da disponibilidade hídrica são o PIB (Produto Interno Bruto), tamanho da população, investimentos públicos do governo e, lançamento de efluentes. Ainda, identificou que a região central da bacia PCJ (extensão das redondezas dos municípios de Campinas e Piracicaba) como aquela de maior estresse hídrico; e a região mais a leste, nas proximidades do estado de Minas Gerais, como a região de maior disponibilidade hídrica.

Palavras-chave: Economia dos recursos hídricos. Análise Insumo-Produto. Estatística Espacial.



## ABSTRACT

In different regions of the world is identified major water shortages, but in some of these regions the problem is recent, then there are usually important conflicts over the uses of water resources. An example of this is the current big problem of water shortage in southeastern Brazil, where are located important river basins, both the economic issue, as the matter of population concentration. In this sense, two economic analyzes and some foresight scenarios were implemented, to measure the level of demand for water resources, and to estimate which areas would be most affected by water shortages. For the basins of the rivers PCJ (Piracicaba, Capivari and Jundiaí), PBS (Paraíba do Sul), AT (Alto Tietê - metropolitan region of São Paulo) and SMT (Sorocaba and Middle Tietê), in a first study using the methodology of analysis input-output was estimated volumes of water (to water capture of river, water transportation across river basins, water consumption and wastewater discharge) required in three scenarios of economic growth for 2020. The results showed that the transposition of water between basins causes a significant imbalance in the future scenario, in which AT basin affects the availability of water throughout the basin PCJ, it permanently during the months of the year. In a second test analysis for the basin of the rivers PCJ (Piracicaba, Capivari and Jundiaí), we used spatial statistics to understand what the locational factors of economic activities that influence the amount of water available. Moreover, three scenarios were estimated for the year 2020 which identified the area of the basin where the water tends to be scarce in the future. The results showed that the locational variables that explain the behavior of water availability are the GDP (Gross Domestic Product), population size, public investments, and discharges. Also identified that the central area of the basin PCJ (extension of the surrounding municipalities of Campinas and Piracicaba) is one of greatest water stress; and the region further east, near the state of Minas Gerais, is the region of higher water availability.

Key-words: Economics of water resources. Input-Output analysis. Spatial Statistics.

## Índice de Figuras

Figura 1-1:Localização das bacias hidrográficas no Estado de São Paulo.....	22
Figura 1-2:Matriz de fluxos interregionais, 2 regiões e 3 setores .....	31
Figura 1-3: Fluxos de Produtos Econômico-Ecológicos em Matriz IP .....	33
Figura 2-1: Localização das bacias PCJ .....	64
Figura 2-2: Funções Kernel Espaciais .....	75
Figura 2-3: Médias locais da variável Saldo Hídrico (metros cúbicos/segundo) .....	86
Figura 2-4: Desvios-Padrão locais da variável Saldo Hídrico (metros cúbicos/segundo) ....	88
Figura 2-5: Saldo Hídrico local (metros cúbicos/segundo) .....	89
Figura 2-6: Sequência ótima de inclusão de variáveis no modelo – Critério AICc.....	91
Figura 2-7: Valores de AICc para escolha do modelo GW .....	92
Figura 2-8: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - GDP .....	95
Figura 2-9: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - IEPOP .....	96
Figura 2-10: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - POPUL.....	97
Figura 2-11: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - LANC2013.....	98
Figura 2-12: Quadro de parâmetros das variáveis para simulação GWR.....	100
Figura 2-13: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 1 - ano 2020.....	101
Figura 2-14: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 2 - ano 2020.....	101
Figura 2-15: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 3 - ano 2020.....	102
Figura 1.0-1: Compilação de Estudos de Análise Insumo-Produto e Recursos Hídricos....	160
Figura 2-0-1: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X CAPT2013 .....	161
Figura 2.0-2: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X IEPOP .....	161
Figura 2.0-3: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X LANC2013.....	162
Figura 2.0-4: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X GDP .....	162
Figura 2.0-5: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X GDP.....	163
Figura 2.0-6: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X YIELD .....	163
Figura 2.0-7: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X TAXRATE .....	164

## Índice de Gráficos

Gráfico 1-1: Pontos percentuais adicionais de crescimento à demanda final para os usos de águas nas bacias hidrográficas PBS, PCJ, AT e SMT – entre 2004 e 2012.....	40
Gráfico 1-2: Pontos percentuais anuais de desvio de acurácia (erro) em relação ao valor real dos usos de água nos setores e bacias hidrográficas (2004/2012). .....	41
Gráfico 1-3:Taxas de crescimento setoriais para os usos captação, lançamentos de efluentes e consumo segundo bacias e cenários (2013/2020). .....	47
Gráfico 1-4: Taxas de crescimento para o uso transposição segundo regiões/bacias e cenários (2013/2020).....	48

## Índice de Tabelas

Tabela 1-1: Participação (%) do PIB e população das bacias hidrográficas dos Rios PCJ, PBS, AT e SMT sobre o PIB e população da Região Sudeste e Brasil - 2010 .....	21
Tabela 1-2 : Coeficientes diretos técnicos de demanda por água – diversos usos (milhões de m <sup>3</sup> /ano/milhões de R\$ do Produto Total setorial gerado) ...	43
Tabela 1-3: Volumes de água nos diversos usos por setores nas bacias PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m <sup>3</sup> /ano) – 2012.....	45
Tabela 1-4: Taxas crescimento da demanda final nas simulações (%).....	46
Tabela 1-5: Totais de usos dos recursos hídricos nas bacias hidrog. PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m <sup>3</sup> /ano) - 2020 .....	49
Tabela 1-6: Disponibilidade hídrica (milhões de m <sup>3</sup> /ano) – 2020* .....	50
Tabela 1-7: Balanços hídricos nas bacias hidrográficas PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m <sup>3</sup> /ano) - 2020 .....	51
Tabela 1-8: Comprometimento da disponibilidade hídrica (%)* .....	52
Tabela 2-1: Proporções setoriais (%) dos usos dos recursos hídricos: Captação, Lançamento e Consumo - 2013.....	65
Tabela 2-2: Número de condição BKW para as variáveis do modelo GWR.....	84
Tabela 2-3: Correlações de Pearson entre variáveis do modelo GWR.....	85
Tabela 2-4: Indicador de Moran Local Univariado para Variáveis do Modelo. ....	86
Tabela 2-5: Desvios-Padrão das variáveis do modelo GWR .....	89
Tabela 2-6: Sumário de parâmetros da GWR - Bacia PCJ .....	93
Tabela 1.1-1: Montantes setoriais de água estimados segundo cenários por bacia hidrográfica (Milhões de metros cúbicos) - 2020 .....	115

## Sumário

<b>INTRODUÇÃO</b> .....	13
<b>1. CRESCIMENTO ECONÔMICO E PRESSÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	15
RESUMO .....	15
<b>1.1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>1.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS E ECONOMIA REGIONAL</b> .....	18
<b>1.3 A LITERATURA DE INSUMO-PRODUTO E A QUESTÃO HÍDRICA</b> .....	23
<b>1.4 A MATRIZ DE RELAÇÕES INTERSETORIAIS (MRI)</b> .....	28
<b>1.5 DADOS E ABORDAGEM METODOLÓGICA</b> .....	34
<b>1.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	38
<b>1.7 CONCLUSÕES</b> .....	54
<b>2. LOCALIZAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA</b> .....	58
RESUMO .....	58
<b>2.1 INTRODUÇÃO</b> .....	58
<b>2.2 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS</b> .....	63
<b>2.3 GWR – CENÁRIO E APLICAÇÕES</b> .....	68
<b>2.4 A METODOLOGIA GW</b> .....	73
2.4.1 SUMÁRIO ESTATÍSTICO .....	76
2.4.2 A ESCOLHA DO MODELO E A GWR ROBUSTA .....	77
2.4.3 COLINEARIDADE .....	79
2.4.4 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL .....	80
2.4.5 NÃO-ESTACIONARIEDADE ESPACIAL OU HETEROCEDASTICIDADE .....	81
2.4.6 GWR E INFERÊNCIA ESPACIAL .....	82
<b>2.5 ABORDAGEM, CENÁRIO PARA SIMULAÇÃO E BASE DE DADOS</b> .....	82
<b>2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	83
2.6.1 O MODELO GW ROBUSTO .....	90
2.6.2 INFERÊNCIA ESPACIAL – CENÁRIOS PARA 2020 .....	99
<b>2.7 CONCLUSÕES</b> .....	103
<b>CONCLUSÕES FINAIS</b> .....	106
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	108
<b>ANEXO 1.1: Resultados Setoriais dos Volumes de Água</b> .....	115
<b>ANEXO 1.2: Procedimento de Montagem da Matriz Interregional</b> .....	117
<b>ANEXO 1.3: Compilação de Estudos - Insumo-Produto e Água</b> .....	133
<b>ANEXO 2: Figuras Resultado dos Testes de Não-Estacionariedade</b> .....	161

## INTRODUÇÃO

O tema meio ambiente vem se tornando cada vez mais importante para a comunidade mundial, por vezes devido aos desastres naturais ocorridos e, em outras oportunidades, também como consequência das atividades do homem e seus reflexos sobre os recursos naturais.

Ultimamente as sociedades têm se preocupado de forma mais enfática com as questões ambientais, tais como a despoluição de rios e mares, a contenção do desmatamento, a redução da produção e destino adequado do lixo, a diminuição do efeito estufa, o problema do aquecimento global, etc. Porém, percebe-se que não são preocupações preventivas (de acordo com o que pode acontecer), mas sim ações em resposta a danos ou malefícios causados pelo próprio homem. Isto pode ser explicado historicamente, e em parte, pela grande disponibilidade de alguns recursos naturais em muitas regiões. No passado as pessoas não se preocupavam com a escassez futura destes recursos. Mas, a população mundial tem crescido muito em diversas regiões e isto tem resultado em problemas sérios com respeito à disponibilidade de recursos naturais.

Contudo, em algumas sociedades, a algum tempo, existe conscientização e emprego de recursos no sentido de reduzir a pressão sobre o meio ambiente e tornar o local onde se vive em um espaço mais amigável e saudável. Neste sentido, medidas de economia limpa vem sendo implementadas por empresas e governos, tal como a produção de bens com menor utilização de energia e reutilização ou reciclagem de materiais, bem como a substituição de algumas matérias-primas danosas ao meio ambiente. Paralelamente, por parte da população, tem se alastrado o pensamento de que poupar recursos naturais e cuidar do meio ambiente são atitudes necessárias para a vida no longo prazo; apesar do ainda incipiente engajamento social nesta tarefa se observado um contexto geral, ou seja, a totalidade das sociedades distribuídas pelo planeta.

Dentre os recursos naturais que sofrem demasiadamente com a pressão do avanço populacional e econômico está a exploração ou uso dos recursos hídricos. A distribuição dos estoques de água no planeta terra são desproporcionais, ou seja, algumas regiões dispõem de água em grande quantidade, enquanto outras sofrem com a escassez quase absoluta. Entretanto, mesmo em regiões onde a

disponibilidade hídrica sempre foi elevada, com o avanço dos usos econômicos e sociais da água, ela tem se tornado cada vez mais escassa. Exemplos dessa situação podem ser vistos no Brasil, por exemplo na Região Sudeste, principalmente no estado de São Paulo.

Atualmente, observa-se nos jornais o conflito pelo direito de uso da água entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro. Essas razões podem ser eventuais e transitórias, dada a redução da oferta hídrica resultante de baixos níveis de chuvas, ou sazonais por se concentrarem em determinados períodos do ano. Contudo, se não forem implementadas medidas de gestão que equacionem o problema, esse tipo de conflito será uma constante em qualquer período no tempo.

Portanto, o uso racional da água é essencial e deve ser incentivado nessas regiões, seja através de medidas de conscientização da população ou na utilização econômica da água em atividades cujas demandas por esse recurso sejam as menores. Isto envolve administrativamente os órgãos de gestão de águas, a sociedade como um todo e o poder público nas suas diversas esferas.

Neste contexto, a presente tese contribui para o tema exposto em duas abordagens. Um primeiro ensaio se utiliza da metodologia de insumo-produto interregional para determinar as demandas futuras por água (três cenários para o ano de 2020) em quatro bacias hidrográficas importantes no contexto nacional brasileiro (bacias dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí - PCJ; bacia do Rio Paraíba do Sul - PBS; bacia do Alto Tietê - AT e; bacia do Rio Sorocaba e Médio Tietê - SMT). Em um segundo ensaio, para a bacia PCJ, empregou-se um método de estatística espacial para explicar o comportamento da disponibilidade hídrica através de variáveis socioeconômicas, demográficas e locais (lado da demanda por água). Além disso, neste último ensaio também inferiu-se para o ano 2020 a disponibilidade hídrica a partir de três cenários das variáveis explicativas significantes. Isto permitiu identificar localidades cuja escassez de água será maior e, portanto, as melhores localizações para as atividades econômicas com maior dependência de água, bem como para aglomerações populacionais.

A exemplo de outras abordagens para a solução de outros problemas socioeconômicos, a presente tese contribui para um diagnóstico presente e uma projeção futura, que pode auxiliar no entendimento do problema posto e alertar para possíveis de soluções.

# 1. CRESCIMENTO ECONÔMICO E PRESSÃO SOBRE RECURSOS HÍDRICOS

## RESUMO

Este estudo tem o objetivo de quantificar e simular três cenários de demandas futuras (para o ano 2020) pelo uso dos recursos hídricos nas bacias hidrográficas Piracicaba-Capivari-Jundiaí (PCJ), Paraíba do Sul (PBS), Alto Tietê (AT) e Sorocaba e Médio Tietê (SMT), decorrentes de alterações na demanda final dos bens da economia, e confrontá-las com a disponibilidade hídrica de cada uma das bacias. Dada a crescente escassez dos recursos hídricos, especialmente superficiais, uma forma de contribuir para o uso racional do recurso água (economia de recursos e despejo de dejetos) é identificar gargalos nos setores demandantes, principalmente com relação a oferta de águas. A escolha das bacias é justificada pela importância para a economia brasileira e por haver nestas bacias hidrográficas uma metodologia de cobrança implantada, logo, uma base de dados disponível. Para as simulações, a adaptação de matrizes de insumo-produto para as bacias tornou-se necessária, bem como a medida da pressão pelos recursos hídricos dada pela utilização setorial. A estimativa de coeficientes técnicos de utilização da água, sua sensibilidade à alterações na demanda final, bem como a simulação de aumento na demanda final revelaram importante escassez hídrica nas bacias AT e SMT, realidade esta já existente há algumas décadas mas que se acentuará no futuro. Adicionalmente, a partir das simulações, identifica-se problema de escassez na importante bacia PCJ derivado dos montantes de transposições para outras bacias hidrográficas.

### 1.1 INTRODUÇÃO

Uma das maiores preocupações da humanidade está relacionada com a escassez dos recursos naturais. A evolução da sociedade levou a um processo de demandas crescentes quanto a utilização dos recursos naturais. Neste aspecto, o recurso natural “água” tem suscitado atenção especial não somente de organismos internacionais e do poder público de cada país mas também, em maior ou menor escala, da sociedade civil (devido ao uso e consumo das famílias).

Em muitas regiões e países, o cuidado com o consumo e disponibilidade do recurso hídrico é constante dado o crescimento populacional, o baixo estoque de água e a dificuldade natural de obtê-la (variáveis como intensidade de chuvas e presença de rios). Nestes lugares, a valorização da água é acentuada devido a sua

escassez excessiva, e pode refletir nos preços cobrados para o fornecimento do recurso. Isto, muitas vezes, impede a implantação de certas indústrias e formas de agricultura e serviços demandantes de quantidades importantes de água para o seu funcionamento (por exemplo: algumas indústrias de alimentos, agricultura irrigada, transportes, lazer e turismo, etc.).

Invariavelmente, quanto mais desenvolvidas economicamente as sociedades, com a diversificação das atividades produtivas e/ou a intensiva exploração econômica em setores que detém vantagens comparativas através do uso da água no processo produtivo, tem-se um crescimento acelerado da demanda por água. Assim, por vezes não se observa um planejamento adequado quanto à exploração dos mananciais, e a tendência é de que o “teto” de exploração do recurso seja atingido em algum momento no tempo e, com implicações restritivas para todos os tipos de usos.

Assim sendo, a utilização racional dos recursos hídricos, com vistas à sustentabilidade, deve necessariamente passar pela implementação de mecanismos de gestão que garantam a revitalização e manutenção dos mananciais. Para tanto, alguns países implantaram agências que asseguram a regulação econômica do setor. A regulamentação prevê a introdução de instrumentos adequados de cobrança para extração da água dos mananciais (seja de rios e lagos ou do subsolo), para o despejo de dejetos diluídos resultantes das mais diversas atividades econômicas (indústria, agricultura e serviços) e da utilização pelas famílias (através das concessionárias de água e esgoto). Isso implica em impactos regionais e inter-regionais que necessitam ser adequadamente considerados para que a política pública seja adequada e eficaz.

Neste sentido, as demandas por recursos hídricos para os diversos usos devem ser monitoradas e confrontadas com a disponibilidade hídrica, bem como deve ser controlada adequadamente a qualidade das águas devolvidas aos mananciais (lançamento de efluentes). Isto porque as águas poluídas, em maior ou menor grau, podem impossibilitar alguns usos e portanto os custos econômicos e ambientais se tornam relevantes.

Análises sobre a oferta de recursos hídricos são, principalmente, feitas por profissionais e estudiosos da hidrologia, pois envolvem variáveis referentes ao ciclo



hidrológico e outras variáveis da natureza e que influenciam na obtenção e fluxo da água, particularmente nas bacias hidrográficas.

Do lado da demanda, a grande maioria dos estudos econômicos não aborda as bacias hidrográficas como unidade de análise e isso tem importantes desdobramentos, pois a disponibilidade (oferta) de água é dada nas bacias e não em qualquer outra unidade administrativa (Estado, município, região econômica, etc.). Portanto, é importante identificar as demandas referentes às bacias, bem como é essencial averiguar a oferta do recurso hídrico numa perspectiva de bacias hidrográficas. Logo, qualquer especulação sobre o desenvolvimento da demanda por usos, ou a quantificação do montante de água nos produtos (usos diretos e indiretos) e consumida, pode ser considerada frágil sem um olhar sobre a oferta e a devida abordagem de bacias hidrográficas como regionalização.

Os usos de recursos hídricos, seja na produção ou no consumo das famílias são considerados usos econômicos pois representam o consumo de bens e dentre eles a água. Existem relações econômicas entre regiões, e neste caso entre bacias hidrográficas, seja pela transferência de água incorporada aos produtos via processos produtivos ou no consumo final. Então, as relações econômicas entre as bacias tornam-se relevantes, pois o consumo de produtos em determinada bacia pode causar pressão nos recursos hídricos em outras bacias. Outro fator importante, em especial em bacias com grande escassez de águas, é que pode haver transposição (ou derivação) de águas entre bacias, ou seja, transferência de águas por canais, adutoras, etc. para atender às demandas em bacias cuja oferta de água é deficitária.

Baseado nesses argumentos, implementou-se neste estudo simulações de três cenários para as demandas por água (captação, consumo, transposição de águas entre bacias e lançamento de efluentes) considerando os impactos diretos e indiretos regionais e inter-regionais, e comparou-se essas simulações com a disponibilidade dos recursos hídricos, hierarquizando os setores mais sensíveis ao crescimento econômico.

Em termos específicos este trabalho objetivou: **i)** Adaptação de uma matriz de insumo-produto interregional para bacias hidrográficas e demais regiões. **ii)** Simulação de três cenários de crescimento na demanda final sobre a demanda

hídrica e confrontá-los com disponibilidade hídrica das bacias. **iii)** Identificação das bacias com maior escassez de água e os setores com maiores impactos.

## **1.2 DISPONIBILIDADE DE RECURSOS HÍDRICOS E ECONOMIA REGIONAL**

Embora 2/3 do planeta sejam cobertos por água, a água potável é um recurso escasso. As águas dos oceanos e mares representam cerca de 97% do total, os 3% restantes distribuem-se entre águas doces congeladas nas calotas polares (2%), águas superficiais (0,03%) e subterrâneas (0,97%).<sup>1</sup> Portanto, a água doce de fácil obtenção é em quantidade muito pequena comparativamente ao total e está se reduzindo progressivamente devido a degradação ambiental, causando custos de revitalização cada vez maiores.

A água é considerada, em termos hidrológicos, um recurso renovável e o retorno se verifica pelo ciclo hidrológico. Entretanto, como as águas superficiais têm se reduzido pela degradação ambiental, há um desequilíbrio e redução progressiva na renovação dos estoques. Logo, mantido constante o nível de crescimento da degradação e consumo, ter-se-á que recorrer com mais intensidade às águas subterrâneas (que tem custo mais elevado de extração), mas que também sofrem com a degradação.

No Brasil, devido à sua extensão continental e diversidade, existem situações distintas em termos de disponibilidade hídrica regional. Uma simples análise superficial revela muitos casos de escassez hídrica e uma quase que generalizada degradação dada a poluição de origem doméstica, industrial e agrícola.<sup>2</sup>

Assim como na maioria dos países em desenvolvimento, o Brasil detém um baixo índice de cobertura de saneamento básico e altas taxas de perdas físicas no abastecimento de água tratada/potável. Parte significativa da população brasileira não é atendida pelos sistemas de abastecimento, resultando em esgoto não tratado lançado nas calhas dos rios, lagos e mar.

---

<sup>1</sup> Carrera-Fernandez e Garrido (2002)

<sup>2</sup> Felicidade, Martins e Leme (2001)

A partir dos anos 1990, o poder público veio estruturando um processo de reversão da degradação dos corpos hídricos (rios e lagos). Este processo perpassa pela alocação racional da água. Institucionalmente, tem-se a lei federal de recursos hídricos (9433/1997) e a criação da Agência Nacional de Águas – ANA (lei 9981/2000). A ANA tem, além de outras incumbências, a responsabilidade de implantar o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos.<sup>3</sup>

A legislação brasileira, baseada no modelo francês, prevê a descentralização da gestão através da criação de comitês e agências de bacia hidrográfica. Os comitês são compostos por integrantes do poder público, usuários e sociedade civil; são fóruns de decisão e que mediam conflitos referentes aos usos do recurso. As medidas a serem implementadas nas bacias referem-se ao cumprimento do Plano de Bacia que é elaborado pelo comitê.

As agências são entidades executivas vinculadas a um ou mais comitês e têm os encargos de: implantar o Plano de Bacia, apoiar a fiscalização, o monitoramento, a outorga e a cobrança do uso da água na área de abrangência.<sup>4</sup> A cobrança é primordial para valorizar o recurso água e estimular o uso racional e a redução do nível de dejetos diluídos, além da alocação da água em atividades com maior valor agregado. Então, para reverter o processo de degradação, os recursos captados através da cobrança devem ser investidos na recuperação da qualidade ambiental dos corpos hídricos objeto da cobrança.

As reservas de água dos rios, lagos e subterrâneas sempre foram de livre acesso, onde se podia fazer captações, lançar efluentes, etc., sem pagar tarifa alguma. Entretanto, quando se faz uma captação, outros consumidores deixam de usufruir deste recurso. O mesmo acontece quando algum agente lança dejetos diluídos, pois a captação dos demais agentes que se localizam “abaixo” no rio podem ser prejudicados. Este prejuízo acontece quando a água no seu ponto de captação não se presta às necessidades do agente (p. ex.: a água captada é muito poluída, de tal forma que não serve para o processo de determinada indústria). Isso influencia o custo de tratamento da água, além do que essas externalidades podem comprometer o abastecimento para gerações futuras.<sup>5</sup>

---

<sup>3</sup> Oliveira-Filho (2002).

<sup>4</sup> Os comitês e agências são divididos pela área de abrangência dos corpos de água.

<sup>5</sup> Santos (2003).

Logo, a cobrança ocorre principalmente em áreas de escassez hídrica e para ser socialmente justa deve diferenciar o nível de captação (volume em metros cúbicos), o nível de consumo (a água retirada e que não retorna ao corpo hídrico), o nível de contaminação na devolução, assim como outras utilizações aparentemente não danosas como a geração de energia elétrica, navegação, etc. Essa ação incentiva o uso racional do recurso e o tratamento dos efluentes, procurando internalizar as externalidades geradas no processo, ou seja, a busca pela eficiência econômica.<sup>6</sup>

A cobrança é efetuada pelas agências ou, na sua falta, pelos comitês.<sup>7</sup> Portanto, mediante a cobrança existem impactos na produção econômica de bens e consumo familiar que refletem na formação dos preços dos bens. Esses impactos são inerentes à transferência da tarifa paga pela água aos preços dos produtos; essa transferência pode ser integral, parcial ou nula, a depender da estrutura de mercado em que o produtor estiver inserido. Isso implica ainda no fluxo de renda e emprego interregional. Adicionalmente, a cobrança gera impactos sobre o volume demandado nos usos dos recursos hídricos, ou seja, a demanda por água se torna mais racional e o volume de água demandado tende a ser socialmente mais justo. Complementarmente, existem as demandas interregionais (entre bacias) de produtos que implicam em demandas interregionais de água incorporadas a esses produtos, bem como águas demandadas diretamente por transposição de águas entre diferentes bacias hidrográficas.

Assim, dado o cenário de situação de disponibilidade e gestão hídrica, torna-se de grande importância considerar os impactos regionais e interregionais com respeito aos encadeamentos na economia sobre a demanda pelos recursos hídricos, não somente devido a questão de captação e consumo de água, mas também com respeito ao lançamento de dejetos. Então, é útil hierarquizar os setores com maiores impactos e verificar a necessidade de políticas que melhorem a eficiência.

No Brasil, alguns comitês de bacias hidrográficas tem avançado na questão da cobrança pelo uso dos recursos hídricos. Isto se dá tanto pela questão da escassez atual do recurso, quanto por uma preocupação futura, e daí a necessidade de implementação de mecanismos de gestão de águas. Estas políticas de gestão tem sido implementadas em várias regiões brasileiras, inclusive no estado de São

---

<sup>6</sup> Motta (1998).

<sup>7</sup> Pois nem todos os comitês têm sua respectiva agência, ou seja, ainda não foram criadas.

Paulo, que tem grande importância econômica a exemplo dos comitês das bacias dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiaí (PCJ), Paraíba do Sul (PBS), Alto Tietê (AT) e Sorocaba e Médio Tietê (SMT), que tem avançado em termos de base de dados e cobrança pelo recurso água.

Neste aspecto, para o desenvolvimento desta pesquisa, a escolha das bacias PCJ, PBS, AT e SMT, se deve primeiramente pelo atual estado crítico dos conflitos pelo uso da água, bem como pela disponibilidade em termos de base de dados e também pela sua representatividade em termos de proporção no total da população e na economia regional e nacional (PIB, emprego, etc., conforme apresentado na tabela 1-1).

Tabela 1-1: Participação (%) do PIB e população das bacias hidrográficas dos Rios PCJ, PBS, AT e SMT sobre o PIB e população da Região Sudeste e Brasil - 2010

Bacia	População (em mil pessoas)	(%) no PIB da Região sudeste	(%) na população da região sudeste	(%) no PIB do Brasil	(%) na população do Brasil
Bacia PCJ	5.164	8,5	6,4	4,7	2,7
Bacia Paraíba do Sul	8.709	10,9	10,8	6,0	4,6
Bacia Alto Tietê	17.517	31,1	21,8	17,2	9,2
Bacia Sorocaba e Médio Tietê	1.951	2,3	2,4	1,3	1,0

Fonte: IBGE (2012)

Na figura 1-1 observa-se a disposição das bacias hidrográficas e associa-se as bacias hidrográficas estudadas com áreas de alta densidade demográfica e concentração de atividade industrial, que provocam elevada pressão sobre a disponibilidade de recursos hídricos. Ademais, as bacias estudadas abrigam grandes centros urbanos, tais como a região metropolitana de São Paulo (em que São Paulo é o maior município em termos de aglomeração de pessoas do grande continente americano), além dos municípios de Campinas e São José dos Campos, e outros grandes municípios interioranos. Ainda, a bacia PBS transpõe (envia) águas para a bacia do Rio Guandú, importante fonte de águas para a região metropolitana do Rio de Janeiro, município este que é o sexto maior município (em termos populacionais) das Américas.

Em outras palavras, as bacias abordadas neste estudo estão relacionadas com as duas maiores aglomerações urbanas brasileiras, bem como dois dos

maiores municípios do continente americano. Mas, a bacia AT que representa a região metropolitana do município de São Paulo também recebe águas transpostas da bacia PCJ; bem como a bacia SMT recebe águas transpostas das bacias PCJ e AT. Então, torna-se necessário um modelo que considere as demandas setoriais de cada uma das bacias, seja em termos de captação, lançamento de efluentes ou consumo de água, mas que também reconheça a transferência (transposição) de águas entre as bacias.



Figura 1-1:Localização das bacias hidrográficas no Estado de São Paulo  
Fonte: Fundação SOS Mata Atlântica (2012).

Portanto, um modelo que se adapta perfeitamente a esta realidade é o modelo de insumo-produto interregional, que capta não somente os efeitos diretos e indiretos na produção, bem como aqueles derivados do comércio interregional sobre as demandas de água para os mais diversos usos, mas também permite alocar coeficientes para a transposição de águas entre bacias. Isto se torna possível através de uma matriz insumo-produto híbrida de coeficientes técnicos para todos os usos (captação, consumo, transposição de águas e lançamento de efluentes). Especialmente, este modelo ao reconhecer coeficientes técnicos de transposição de águas, computa na demanda total por águas em determinada bacia hidrográfica, as

águas transpostas para/de outras bacias hidrográficas, como resposta às variações na demanda final dessas outras bacias hidrográficas.

Esta modelagem também tem aderência conceitual aos preceitos da economia ecológica ou relacionada ao meio ambiente. No início de 1990, o conceito de água 'incorporada' ou 'virtual' foi proposto para medir o volume total de água doce necessário na produção de bens ou serviços (Allan, 1998a; Allan, 1998b; Allan, 2001; Chapagain e Orr, 2009; Hoekstra, 2003). Esta água é descrita como "virtual" porque se estende para além da água física e localmente contida no produto, ou seja, importações e exportações de insumos e produtos usuários de água são importantes. A metodologia também pode ser identificada com o conceito de "Blue Water" que representa o volume de água superficial e subterrânea consumida (evaporada ou incorporada ao produto) durante o processo de produção (Chapagain et al., 2006; Chapagain and Orr, 2009), tal como o balanço hídrico (disponibilidade hídrica-captação+lançamento de efluentes). Ainda, o conceito insumo-produto tem aderência como a definição de "Pegada Hídrica" que representa o montante de água utilizada por agentes no consumo de produtos (Hoekstra & Huang (2002)).

### **1.3 A LITERATURA DE INSUMO-PRODUTO E A QUESTÃO HÍDRICA**

Existem diversos métodos que são dedicados a prever a demanda de água. Weber (1993) elenca os métodos comumente utilizados: Modelos estatísticos de regressão simples e múltipla, de séries de tempo, de dados longitudinais, Modelos de suavização exponencial, Modelos de uso da terra, além de Modelos insumo-produto. Atualmente, destacam-se ainda os modelos de redes neurais, tal como descrito por Maier e Dandy (2000).

Na bibliografia internacional referente ao uso de modelos de insumo-produto em questões relacionadas a água, duas compilações importantes de estudos nesta área podem ser destacadas. De maneira geral, Duarte e Yang (2011) fazem um importante diagnóstico dos estudos publicados em revistas científicas e que tem a metodologia de insumo-produto como método de análise e que se dedicam a estudar questões referentes aos recursos hídricos, em suas diversas aplicações:

captação, lançamento de poluentes, comércio de água virtual, pegada hídrica, “blue water”, demanda por água, etc. Em Wiedmann et al (2007) é feita uma análise dos modelos de insumo-produto publicados até então e aplicados em estudos sobre recursos naturais, incluída a água. Neste, ressalta-se a diferenciação dos modelos regionais e multiregionais. Esses autores destacam a importância dos modelos multiregionais e descrevem a importância da desagregação da demanda externa, bem como da melhoria na precisão do modelo quando este se refere às relações interregionais.

Modelos de insumo-produto para questões relacionadas a água, via multiplicadores, foram aplicados inicialmente por Isard e Romanoff, na década de 1960; outra análise se refere ao impacto de uma nova cidade hipotética em Plymouth Bay, EUA , implementado por Isard e colegas, trabalhos esses citados em Lenzen e Foran (2001). Outro estudo importante, citado por Velazquez-Alonso (2003) é creditado a Lofting e McGauhey, que introduziram as demandas por água como entrada em um modelo insumo-produto tradicional, atualizaram o modelo com dados para a Califórnia e aplicaram um programa de otimização linear para identificar a trajetória temporal dos preços sombra da água para 24 setores.

Duarte e Yang (2011) destacam que no passado as questões referentes à água não eram centrais para os estudiosos de insumo-produto. Isto porque, em muitos países não haviam dados disponíveis, bem como a relativa abundância de água não fazia com que esse assunto despertasse o interesse do poder público e prevalecia a ideia de que a água era tão somente uma questão relacionada à agricultura. Então, tudo isso causou, por um certo tempo, a exclusão da água e seus aspectos das aplicações de insumo-produto. Tal dinâmica se alterou a partir dos anos 2000, com o interesse geral sobre o assunto e o desenvolvimento de conceitos e linhas de pesquisa, sobretudo ligadas à economia ecológica.

Modelos insumo-produto que tem como regionalização bacias hidrográficas são bastante escassos. Na literatura internacional disponível, a especial abordagem regional (ou seja, modelos de uma única região) aplicadas à bacias hidrográficas podem ser encontradas em 4 estudos.

Anderson e Manning (1983) se dedicaram a identificar as demandas por água em 67 setores e 71 produtos, para o ano de 1979, através de uma matriz retangular para a bacia do rio Saskatchewan no Canadá. Os autores descrevem



uma série de problemas relacionados à matriz retangular e referente ao uso de programação linear para resolver os problemas de compatibilização, além disso ressaltam a fragilidade dos resultados em setores e produtos não coincidentes.

Leistriz et al (2002) estudaram, destacadamente, os efeitos da construção de um canal de transporte de águas na bacia Devils Lake no estado da Dakota do Norte, nos Estados Unidos. O modelo desenvolvido para o ano base de 1984 analisa 17 setores, e conclui que existe pouca diferença entre os níveis de atividade econômica regional associada a um cenário mais otimista e um cenário realista (mais provável). A grande diferença é encontrada nas simulações com cenários após a construção do canal, especialmente nos anos iniciais à construção. Em períodos superiores a 10 anos os efeitos econômicos com e sem o canal não diferem substancialmente.

Suttinon e Seigo (2008) desenvolveram um modelo para a bacia do Baixo Rio Chao Phraya na Tailândia para o ano base de 2006 com o objetivo de prever a demanda por água para as famílias. O modelo se divide em duas partes, um módulo populacional que infere sobre algumas variáveis, inclusive previsão de portadores do vírus da AIDS, o comportamento populacional para o ano 2025, e o modelo insumo-produto com coeficientes de demanda por água. Os resultados para o ano de 2025 mostram que para o cenário cuja taxa de fecundidade total média, com efeito AIDS, migração e uso constante da água, a demanda por água seria de 1.112 milhões de metros cúbicos por ano. Para o cenário com variação no uso da água per capita (aumento devido a melhoria na qualidade de vida da população e alteração na estrutura produtiva) a demanda por água aumentará cerca de 59% sobre o cenário anterior.

Zhao et al (2010) implementam um modelo insumo-produto de 14 setores para os anos de 1997, 2000 e 2002, cujo objetivo foi quantificar a pegada hídrica e a água virtual na bacia do rio Haihe na China. Os resultados identificam pegadas hídricas de 46,57 , 44,52 , 42,71 bilhões de metros cúbicos de água, respectivamente para os anos analisados. Os resultados mostram que a bacia tem se transformado em importadora de água virtual, através do comércio de matérias-primas e produtos alimentares processados.

Wiedmann et al (2007) expõem que modelos insumo-produto multiregionais aplicados à água foram desenvolvidos principalmente a partir dos anos 2000, e isso

tem sido possível dadas as melhorias na qualidade e disponibilidade nas bases de dados.

Como referência aos objetivos do presente estudo aqui desenvolvido, o mesmo consiste de um modelo de insumo-produto interregional (portanto multirregião), que se destina à previsão setorial de demandas por água, com abordagem em bacias hidrográficas, e que particularmente verifica as demandas por captação, consumo, lançamento de efluentes e transposição de águas entre bacias hidrográficas. Na literatura disponível, é possível identificar apenas 3 estudos envolvendo modelos interregionais (multirregião) com ênfase em bacias hidrográficas.

Feng et al (2012) implementaram um modelo interregional para as 3 sub-bacias do Rio Amarelo e resto da China, para o ano base de 2007, para 48 setores. O objetivo foi avaliar os fluxos de água virtual entre os trechos da bacia e o resto da China, distinguindo os conceitos de “blue water”, “green water”, bem como os usos doméstico, rural e urbano. Os resultados mostram que os três trechos são exportadores de água virtual. Ainda, o uso de água do agregado familiar médio urbano é mais do que o dobro em relação ao rural.

Liu et al (2008) e Liu et al (2009), utilizam o mesmo modelo base de 9 bacias hidrográficas da China em um sistema interregional com 39 setores produtivos e 12 setores de conservação de água, para o ano base de 1999. Este modelo, em ambos os estudos, usam de programação linear para obter os preços-sombra setoriais para a água. A diferença entre os estudos de 2008 e 2009 são basicamente os tipos de restrições implementadas e o modelo de 2009 compara os preços-sombra com os preços praticados pelas autoridades locais. Os resultados apresentam variação de 2% nos usos na bacia com maior abundância de água e 157% na bacia com maior escassez. Os preços variam entre 0,18 e 5,13 RMB/ton. de água, para os setores industriais/produtivos. Incluindo os setores de conservação de água, os preços ficam entre 0,02 e 2,34 RMB/ton. de água. Os preços cobrados pelas autoridades locais variam entre 0,020 a 0,212 RMB/metro cúbico, dependendo da bacia hidrográfica; enquanto que os preços-sombra encontrados variam de 0,025 a 0,725 para setores industriais/produtivos, e ao se incluir os setores de conservação da água, os preços ficam entre 0,003 a 0,331RMB/metro cúbico de água. Ou seja, os preços cobrados

pelas autoridades locais é, em poucos casos, maior que os preços-sombra apurados.

Entre os estudos desenvolvidos no Brasil com o uso da análise de insumo-produto, tem-se 8 estudos disponíveis. Miranda (1982) estudou a bacia do Rio Paraíba do Sul, porém, obtém uma matriz insumo-produto através dos coeficientes técnicos setoriais da matriz nacional, para o ano de 1970, e procura estudar a qualidade das águas e as respectivas implicações em termos de localização das empresas.

Damásio et al (2003) desenvolveram uma metodologia para obter matrizes regionais *proxies* de matrizes insumo-produto para bacias hidrográficas. Damasio et al (2005) ainda implementaram esta metodologia para as bacias dos rios PCJ e trecho paulista da bacia PBS, com vistas a obter especialmente impactos econômicos sobre os preços da economia.

Hewings et al (2005), desenvolveram um modelo insumo-produto econométrico para a região nordeste do Brasil (não-bacia) com 35 setores, para o ano base de 1992, cujo principal objetivo foi verificar o consumo de água num ambiente de crescimento econômico. Os resultados revelam que a alocação de água tem papel importante somente para o setor agrícola (maior consumidor de água). No período 1999-2012, o impacto nos seis setores agrícolas foi de redução de produto e emprego em 15% anualmente, enquanto que no resto da economia este impacto foi menor.

Moreira-Junior (2007) e Santana (2010) utilizaram a mesma metodologia para obter, respectivamente, matrizes regionais de insumo-produto para as bacias do trecho paulista da bacia do Rio Paraíba do Sul (para o ano base de 2003) e para a bacia do Rio São Francisco (ano base de 2006). Ambos estudos estão interessados nos impactos da cobrança pelo uso da água, embora com abordagens um pouco distintas quanto ao aspecto de metodologia de cobrança pelo uso da água. Pereira (2007), por sua vez, também utilizou a mesma metodologia dos dois estudos anteriores para obter a matriz de insumo-produto da bacia do Rio Paraíba do Sul (ano base de 2003), mas seu objetivo foi avaliar os impactos econômicos dos acréscimos gerados, em diferentes modelos de cobrança, pelo lançamento de efluentes.

Silveira (2000), em sua tese de doutoramento, desenvolveu uma matriz de insumo-produto interregional que continha a bacia do Rio São Francisco e demais unidades da federação, para o ano base de 1995. Este estudo procurou identificar as diferenças entre a matriz bacia e as matrizes das unidades da federação que deram origem à matriz bacia. Concluiu através de uma série de indicadores que a matriz bacia é mais “parecida” com a matriz do estado de Minas Gerais.

Por fim, nota-se que não existem estudos disponíveis que tratem as economias das bacias hidrográficas numa perspectiva interregional simultaneamente em diversos usos da água (captação, consumo, lançamento de efluentes e transposição de águas) especialmente com vistas à previsão. Neste sentido, pode-se dizer que o estudo desenvolvido neste ensaio é pioneiro neste tipo de análise.

#### **1.4 A MATRIZ DE RELAÇÕES INTERSETORIAIS (MRI)**

Pertencem a Leontief os estudos seminais referentes a organização, formalização e aperfeiçoamento das análises sobre as relações intersetoriais. Através da influência de François Quesnay, Leontief apresentou as matrizes para a economia americana (1919 e 1929). Leontief adotou o *insight* pioneiro de Walras (demonstrar o comportamento da economia através da simplificação do modelo de equilíbrio geral considerando apenas um produto por setor econômico e equações de produção lineares). O trabalho de Leontief, chamado de análise de insumo-produto, é a implementação de um modelo para análise das relações produtivas na economia. Esta se difundiu, bem como foi aperfeiçoada, desde sua apresentação em 1936.<sup>8</sup>

O modelo é baseado nos fluxos entre as diversas atividades econômicas. A base de dados descreve as relações das atividades entre si e com a demanda final (investimentos ou formação bruta de capital fixo (I) , exportações (X), variação de estoques (VE), consumo do governo (CG) e consumo pessoal (CP)), a conta de renda e as importações.<sup>9</sup> Os fluxos são observados através da Tabela de Transações construída a partir das identidades econômicas:

---

<sup>8</sup> Richardson (1978)

<sup>9</sup> Feijó, et al. (2003)

- 1) Produção  $\equiv$  consumo intermediário + valor adicionado
- 2) Produção  $\equiv$  consumo intermediário + consumo final – importações ou, se disponível o consumo de origem nacional (como é o caso brasileiro) pode-se reescrever: Produção  $\equiv$  consumo intermediário + consumo de produtos nacionais final
- 3) Valor adicionado  $\equiv$  soma das rendas primárias

A identidade 1 apresenta, pela ótica dos custos, as parcelas da produção das atividades econômicas. A diferença para a identidade 2 é a apresentação da produção pela ótica de seus destinos.

O modelo de insumo-produto foi desenvolvido admitindo uma relação constante entre os insumos consumidos por setor e a produção total respectiva. Essa relação é medida por coeficientes técnicos de produção; calcula-se esses coeficientes a partir de:

$$x_i = \sum_{j=1}^n z_{ij} + f_i \quad (1)$$

Em que:  $x_i$  = produto total (produção) do setor  $i$ ;  $f_i$  = total da demanda final pelo produto do setor  $i$ ; e  $z_{ij}$  = valores monetários das transações entre pares de setores (de cada setor  $i$  para cada setor  $j$ ). Essa equação representa a forma na qual o setor  $i$  distribui as vendas do seu produto para outros setores e para a demanda final.

Matricialmente tem-se:

$$\mathbf{x} = \mathbf{Zi} + \mathbf{f} \quad (2)$$

Na qual  $\mathbf{x}$  é um vetor do valor total da produção (diversos setores existentes);  $\mathbf{Z}$  é a matriz de trocas intersetoriais de consumo intermediário;  $\mathbf{i}$  é um vetor coluna de valores iguais a um; e  $\mathbf{f}$  é um vetor de demanda final.

Tem-se então que, um coeficiente técnico direto de produção pode ser expresso por:

$$a_{ij} = \frac{z_{ij}}{x_j} \quad (3)$$

Em que  $a_{ij}$  = coeficiente técnico direto de produção (proporção entre o valor (\$) gasto com insumo do setor  $i$ , e valor (\$) gasto do produto do setor  $j$ );  $z_{ij}$  e  $x_j$  são, respectivamente por exemplo, o valor do insumo água ( $i$ ) comprado pelos produtores de alimentos ( $j$ ) em determinado ano e; o total da produção de alimentos no mesmo ano. Em termos matriciais tem-se:

$$\mathbf{A} = \mathbf{Z}\hat{\mathbf{x}}^{-1} \quad (4)$$

No qual,  $\mathbf{A}$  é a matriz de coeficientes técnicos diretos;  $\hat{\mathbf{x}}$  é um vetor do valor total da produção (para consumo intermediário e final) disposto em uma matriz cuja diagonal principal contém os valores de  $\mathbf{x}$  e os demais elementos da matriz são compostos por zeros.

Desta definição chega-se à:

$$\mathbf{x} = \mathbf{A}\mathbf{x} + \mathbf{f} \quad (5)$$

e com alguma manipulação algébrica:

$$(\mathbf{I} - \mathbf{A})\mathbf{x} = \mathbf{f} \quad (6)$$

$$\mathbf{x} = (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}\mathbf{f} \quad (7)$$

A matriz  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$  é a matriz de Leontief ou matriz de coeficientes técnicos diretos e indiretos (nas contas nacionais é oriunda das tabelas de recursos e usos).<sup>10</sup> Nas colunas da matriz de coeficientes técnicos ( $\mathbf{A}$ ) estão os insumos necessários à produção de uma unidade monetária e em ( $\mathbf{Z}$ ) os coeficientes técnicos diretos e indiretos que traduzem os impactos encadeados entre os setores econômicos.

Partindo desta formulação básica do modelo de insumo-produto, dadas as informações da matriz de Leontief torna-se possível, a avaliação de impactos regionais e interregionais sobre a demanda por recursos hídricos. Mas para isto, este modelo descrito até aqui deve incorporar a característica de um modelo interregional híbrido ecológico-econômico, em que se parte do modelo básico, desagrega-se as trocas interregionais (tanto do consumo intermediário quanto da

---

<sup>10</sup> Haddad (1989).

demanda final) e acopla-se matrizes de montantes de captação, lançamento de efluentes, consumo e transposição de águas.

Além disso, um modelo interregional de insumo-produto permite primeiramente efetuar uma análise dos efeitos de transbordamento interregional, especialmente decorrentes de alguma variação na demanda final de pelo menos uma das regiões, assim como das implicações para as transações comerciais entre as regiões (Haddad; 1976). A matriz interregional e interindustrial de fluxos de bens pode ser determinada através das relações entre os setores de determinada região, frente aos setores de outras regiões.<sup>11</sup> Assim, para uma estrutura de duas regiões ter-se-ia:

$$Z = \begin{bmatrix} Z^{rr} & Z^{rs} \\ Z^{sr} & Z^{ss} \end{bmatrix} \quad (8)$$

Utilizando  $r$  e  $s$  para as duas regiões, e considerando hipoteticamente que essas regiões tenham 3 setores cada uma, a estrutura interregional da matriz  $Z$  teria a seguinte configuração:

Matriz Interregional			Setor Comprador					
			Região r			Região s		
			1	2	3	1	2	3
Setor Vendedor	Região r	1	$Z_{11}^{rr}$	$Z_{12}^{rr}$	$Z_{13}^{rr}$	$Z_{11}^{rs}$	$Z_{12}^{rs}$	$Z_{13}^{rs}$
		2	$Z_{21}^{rr}$	$Z_{22}^{rr}$	$Z_{23}^{rr}$	$Z_{21}^{rs}$	$Z_{22}^{rs}$	$Z_{23}^{rs}$
		3	$Z_{31}^{rr}$	$Z_{32}^{rr}$	$Z_{33}^{rr}$	$Z_{31}^{rs}$	$Z_{32}^{rs}$	$Z_{33}^{rs}$
	Região s	1	$Z_{11}^{sr}$	$Z_{12}^{sr}$	$Z_{13}^{sr}$	$Z_{11}^{ss}$	$Z_{12}^{ss}$	$Z_{13}^{ss}$
		2	$Z_{21}^{sr}$	$Z_{22}^{sr}$	$Z_{23}^{sr}$	$Z_{21}^{ss}$	$Z_{22}^{ss}$	$Z_{23}^{ss}$
		3	$Z_{31}^{sr}$	$Z_{32}^{sr}$	$Z_{33}^{sr}$	$Z_{31}^{ss}$	$Z_{32}^{ss}$	$Z_{33}^{ss}$

Figura 1-2: Matriz de fluxos interregionais, 2 regiões e 3 setores

Fonte: Miller e Blair (2009)

Na ausência de informações primárias dos fluxos interregionais entre as regiões ( $rs$  e  $sr$ ), estes podem ser estimados, por exemplo, pelo modelo gravitacional. Na forma interregional os elementos de  $Z^{rs}$  representam as exportações da região  $r$  e simultaneamente as importações da região  $s$ , ou seja o

<sup>11</sup> Miller e Blair (2009).

comércio interregional. Os coeficientes interregionais de comércio são encontrados da mesma maneira que aqueles coeficientes das matrizes  $Z$ s regionais, ou seja, por exemplo:

$$a_{ij}^{rs} = \frac{z_{ij}^{rs}}{x_j^s} \quad (9)$$

$$a_{ij}^{sr} = \frac{z_{ij}^{sr}}{x_j^r} \quad (10)$$

Num sistema interregional é possível captar efeitos que não seriam possíveis de serem captados em um sistema regional tradicional. Por exemplo, um aumento na demanda por água na bacia hidrográfica do Alto Tietê (que inclui a região metropolitana de São Paulo) causa impactos na demanda por água na bacia hidrográfica PCJ, devido principalmente à transposição de águas pelo sistema Cantareira, que transfere águas da bacia PCJ para a bacia AT e SMT. Ainda, poder-se-ia dizer que o aumento da população na cidade de São Paulo, ou um aumento na demanda por produtos produzidos na bacia PCJ e que demandam quantidades significativas de água, causam impactos sobre a atividade econômica e disponibilidade hídrica da bacia PCJ, que por sua vez tem impacto sobre a atividade econômica e disponibilidade hídrica na bacia AT.

Dado um vetor de mudança na demanda final em duas regiões hipotéticas, encontra-se as conseqüentes mudanças no produto bruto em ambas regiões. Assumindo por simplicidade que  $\Delta f^s = 0$ , identifica-se os impactos em ambas regiões de uma mudança na demanda final somente da região  $r$ . Para tanto, tem-se:

$$x^s = (I - A^{ss})^{-1} A^{sr} x^r \quad (11)$$

$$(I - A^{rr})x^r - A^{rs}(I - A^{ss})^{-1}A^{sr}x^r = f^r \quad (12)$$

Num modelo de uma única região ( $r$ ) seria apenas  $(I - A^{rr})x^r = f^r$ , ou seja, o segundo termo da equação acima representa os impactos interregionais com respeito a região  $s$ . Em outras palavras, o segundo termo consiste na demanda adicional no produto da região  $r$  em virtude dos encadeamentos do comércio interregional com a região  $s$ .



Então, a importância dos encadeamentos interregionais dependem não somente dos elementos das matrizes interregionais de coeficientes de insumos,  $A^{rs}$  e  $A^{sr}$ , mas também do conjunto total de coeficientes regionais de insumos das outras regiões; no caso de duas regiões é representado por  $(I - A^{ss})^{-1}$ .

Em um modelo híbrido interregional Econômico-Ecológico ter-se-ia além dos coeficientes técnicos apresentados nas equações (9) e (10), os coeficientes técnicos de cada um dos elementos de duas submatrizes (**N** e **M**), em complemento à matriz **Z**, de usos de água (captação, transposição e consumo de águas, além do lançamento de efluentes), como por exemplo:

$$a_{ij}^{rs} = \frac{n_{ij}^{rs}}{x_j^s} \quad (13)$$

$$a_{ij}^{sr} = \frac{m_{ij}^{sr}}{x_j^r} \quad (14)$$

Neste caso, a interpretação também é similar àqueles coeficientes apresentados em (9) e (10), contudo trata-se de volumes de água e/ou efluentes (nos diversos usos) enviados e recebidos entre as regiões. Esquemáticamente, um modelo híbrido interregional ecológico-econômico tem uma disposição similar a :

	Transações Interindustriais			Demanda Final	Produto Total	Produção Ecológica	
	Setores Consumidores					SO <sub>2</sub>	HC
	Agricultura	Mineração	Manufatura				
<u>Setores Produtivos</u> Agricultura Mineração Manufatura	<b>Z</b>			<b>f</b>	<b>X</b>	<b>N</b>	
<u>Produtos Ecológicos</u> Água Terra	<b>M</b>						

Figura 1-3: Fluxos de Produtos Econômico-Ecológicos em Matriz IP  
Fonte: Miller e Blair (2009)

A metodologia utilizada neste ensaio envolve além da adaptação das MRIs das bacias hidrográficas que formam um sistema interregional, a construção de matrizes de captação, lançamento de efluentes, consumo de água e transposição de águas.

A adaptação das MRIs para cada bacia perpassa pela identificação dos municípios que estão contidos nas mesmas. Assim, torna-se possível agregar as variáveis necessárias para compor as matrizes das bacias.

## **1.5 DADOS E ABORDAGEM METODOLÓGICA**

Os dados utilizados para compor as matrizes das bacias hidrográficas foram obtidos de Ichihara (2007), cuja base é o ano de 2000 e estimada para 2002. Esta matriz dispõe dos valores das trocas intersetoriais e interregionais, bem como dos componentes da demanda final. No entanto, não dispõe dos componentes da oferta como importações, impostos e decomposição do valor adicionado e PIB. Então, utilizou-se esta matriz para obter os coeficientes técnicos intersetoriais e interregionais e a partir destes, adequá-los a uma outra matriz de trocas intersetoriais interregionais do ano 2000 e estimada para 2004 (mesma base de dados da matriz 2002 de Ichihara (2007), disponibilizada pelo NEREUS, porém sem a abertura por bacias hidrográficas, mas sim para as 27 regiões administrativas brasileiras).

Para o estudo de Ichihara (2007), foram estimadas as matrizes municipais para todos os 645 municípios do estado de São Paulo, a partir de dados da matriz do estado, da PAEP para o ano 2001-02 (Pesquisa da Atividade Econômica Paulista) realizada pela Fundação SEADE, da PAM - Pesquisa Agrícola Municipal e PPM - Pesquisa Pecuária Municipal ambas do IBGE, além da RAIS - Relação Anual de Informações Sociais do Ministério do Trabalho. Para as demais regiões administrativas (Estados brasileiros) não foi possível estimar as matrizes para os municípios pois não existe alguma fonte de dados similar a PAEP do estado de São Paulo.

Nas matrizes de Ichihara (2007), foram estimados os fluxos de comércio a partir da demanda setorial regional com o uso do método de Leontief-Strout e com este a estimativa dos fluxos comerciais entre os municípios paulistas através do

modelo Gravitacional, dados os custos de transporte das mercadorias<sup>12</sup>. Complementarmente, para a matriz de 2004 foram utilizadas as matrizes estaduais em um sistema interregional desenvolvidas no NEREUS/USP (Núcleo de Estudos Regionais e Urbanos - Universidade de São Paulo), a partir de Guilhoto, Azzoni, Ichihara, Kadota e Haddad (2010); Guilhoto e Sesso Filho (2010); e Guilhoto e Sesso Filho (2005). Essas matrizes foram agregadas para 8 setores (Agropecuária, Extração Mineral, Indústria, Comércio, Serviços, SIUP - serviços industriais de utilidade pública -, Construção Civil e Administração Pública) devido à compatibilidade com as matrizes municipais (em 8 setores) desenvolvidas no estudo de Ichihara (2007).

Sendo assim, o presente ensaio teve como ponto de partida as matrizes municipais paulistas e agregou-se os municípios que compõem as bacias (aquelas totalmente no território paulista bem como aquelas que extrapolam para outros estados), tanto os componentes setoriais de consumo intermediário, quanto da demanda final. Operacionalmente, trata-se de somar linhas e colunas das matrizes para obter o total dos municípios e conseqüentemente o total da bacia hidrográfica (isto parcialmente no caso de bacias que extrapolam o estado de São Paulo). Deste modo, torna-se possível obter os coeficientes técnicos de produção para o ano de 2002 que foram utilizados para estimar os montantes das trocas intersetoriais interregionais para a matriz 2004 totalizada para as bacias completamente. Isto serve tanto para bacias paulistas e com trecho paulista, como também para aquelas bacias que extrapolam o estado de São Paulo. Os municípios paulistas que não estão inclusos em nenhuma das 4 bacias deste estudo, ficam agregados junto a uma unidade regional chamada Resto do Sudeste.

Para a matriz de 2004, primeiramente foram agregadas as 27 regiões brasileiras nas grandes regiões (Sul, Sudeste, Centro-Oeste e juntos Norte-Nordeste). Obteve-se os valores das trocas intersetoriais interregionais a partir da matriz de coeficientes técnicos de Ichihara (2007). Como todas as bacias estão localizadas no Sudeste brasileiro, então foram desagregados os componentes da oferta da matriz 2004 para as 4 bacias hidrográficas. Inicialmente, a partir das informações do PIB municipal brasileiro, disponibilizada pelo IBGE, foi possível desagregar o valor adicionado setorial da região Sudeste e os demais componentes

---

<sup>12</sup> Maiores informações sobre essas técnicas podem ser encontradas em Leontief e Strout (1963), Theil (1967) e, Wilson (1970).

da oferta foram obtidos como “share”. No lado da demanda, Utilizou-se dados de exportações municipais brasileiras de 2004 (base de dados Aliceweb do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior) para obter o “share” dos municípios de cada uma das bacias para extraí-las da região Sudeste. Para o consumo do Governo, o procedimento foi similar; utilizou-se dados do Tesouro Nacional (Ministério da Fazenda) referente às contas municipais para obter o “share” dos gastos dos municípios em relação ao Sudeste. Para desagregar os investimentos do governo foram também utilizadas as informações de investimento do governo disponíveis no Tesouro Nacional, para os demais setores, obtendo-se “share” em relação ao valor adicionado, particularmente do excedente operacional bruto. Em relação ao consumo das famílias fez-se o rateio do valor total do Sudeste como função da renda das famílias (share) disponível no censo populacional brasileiro (IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística).

Logo, para o propósito do estudo aqui executado, obteve-se as matrizes para as 4 bacias hidrográficas (Paraíba do Sul, Piracicaba-Capivari-Jundiaí, Alto Tietê e Sorocaba-Médio Tietê), além de outras 4 matrizes. Estas outras matrizes são de interesse especial dados os efeitos de encadeamentos interregionais com as demais regiões do Brasil; assim, além das matrizes das 4 bacias, o sistema interregional é composto de uma matriz para o restante da Região Sudeste (ou seja, excluindo aqueles municípios constantes nas bacias hidrográficas), outra matriz para a Região Sul (Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul agregados), outra matriz para a região Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Distrito Federal), e outra matriz para as regiões Norte e Nordeste (Acre, Amapá, Amazonas, Rondônia, Roraima, Tocantins, Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Sergipe e Alagoas agregados).

Portanto, a matriz interregional utilizada neste estudo tem a dimensão de 64 linhas e 64 colunas, que correspondem às 8 regiões (4 bacias e outras 4 regiões) e 8 setores em cada região.<sup>13</sup> Complementarmente à matriz interregional utilizada, para medir os impactos de alterações na demanda final sobre a demanda por recursos hídricos e lançamento de efluentes, torna-se necessária a identificação de coeficientes técnicos de demanda por água (captação, transposição e consumo) e lançamento de efluentes. Isto é determinado, por exemplo, em:

---

<sup>13</sup> Esta disposição permite a execução deste e de outros estudos que envolvam a questão interregional numa perspectiva das grandes regiões brasileiras.

$$m_{ij}^{ss} = \frac{c_{ij}^{ss}}{x_j} \quad (15)$$

Em que o  $m_{ij}^{ss}$  = coeficiente técnico de demanda por água, que representa a proporção entre o volume de água captada, transposta ou consumida como insumo do setor  $i$  na região  $s$ , e o valor gasto (\$) do produto total no setor  $j$  na região  $s$ ;  $c_{ij}^{ss}$  = montante captado, transposto ou consumido de água na região  $s$  pelo setor  $i$ , que é destinado ao setor  $j$  na região  $s$ , por ano;  $x_j$  = produto total do setor  $j$ .

Adicionalmente, tem-se:

$$n_{ij}^{rr} = \frac{k_{ij}^{rr}}{x_j} \quad (16)$$

Em que o  $n_{ij}^{rr}$  = coeficiente técnico de efluentes produzidos e lançados nos mananciais, que representa a proporção entre o volume de efluentes produzidos pelo setor  $i$  na região  $r$ , e o valor gasto (\$) do produto total no setor  $j$  na região  $r$ ;  $k_{ij}^{rr}$  = montante de efluentes produzidos na região  $r$  pelo setor  $i$ , que atende à produção no setor  $j$  na região  $r$ , por ano;  $x_j$  = produto total do setor  $j$ .

Portanto, a partir desses coeficientes é possível obter uma matriz de coeficientes técnicos (**M**) e outra (**N**), que representam os usos de água nos diversos setores. Então, com essas matrizes calcula-se as matrizes geradoras de demanda por água (captação, transposição e consumo) e de lançamento de efluentes. Primeiramente a matriz de demandas por água é definida por:

$$\mathbf{D} = \mathbf{M}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (17)$$

Em que **D** = matriz geradora de demanda por água nos usos captação, transposição e consumo, resultante da multiplicação da matriz (**M**) pela matriz de impactos diretos e indiretos  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ .

Ainda, tem-se uma segunda matriz de lançamentos de efluentes, dada por:

$$\mathbf{E} = \mathbf{N}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \quad (18)$$

Em que **E** = matriz geradora de lançamentos de efluentes, resultante da multiplicação da matriz (**N**) pela matriz de impactos diretos e indiretos  $(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}$ .

Para identificar, setorialmente, as demandas por água, tanto para captação, transposição, consumo e lançamento de efluentes, deve-se multiplicar cada uma das

matrizes geradoras pelo vetor de demanda final projetado ( $\hat{f}$ ). Algebricamente, tem-se:

$$\mathbf{g} = \mathbf{D}\hat{f} \quad (19)$$

e,

$$\mathbf{h} = \mathbf{E}\hat{f} \quad (20)$$

Em que  $\mathbf{g}$  e  $\mathbf{h}$  são vetores que representam, respectivamente, os volumes de demandas por água projetados (captação, transposição e consumo) e os volumes de lançamentos de efluentes, por setor e regiões. Portanto, trata-se de uma simulação dos impactos de mudanças na demanda final de setores e regiões sobre as demandas de água. Então, é possível efetuar diversos tipos de simulações diferentes, pode-se definir, por exemplo, demandas finais diferentes de zero (além da demanda final observada) para setores e regiões de interesse e zero (igual a demanda final observada) para setores e regiões que se quer manter constante o impacto.

As informações referentes às demandas por água tanto para captação, transposição, como lançamento de efluentes, e conseqüentemente consumo de água, foram identificadas junto aos relatórios dos planos das bacias em estudo, bem como do CNARH – Cadastro Nacional de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas.<sup>14</sup>

## 1.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As primeiras simulações do modelo proposto neste estudo revelaram problemas de acurácia na previsão para a grande maioria dos setores e em todas as bacias.

Em uma estimativa para o ano de 2012, ou seja, o modelo foi estimado com dados de demanda final para 2012, para o uso captação, apenas o setor SIUP demonstrou previsões aceitáveis (cerca de 2 pontos percentuais de diferença entre o valor estimado e o valor real observado nas fontes de dados oficiais). Este

---

<sup>14</sup> FUSP (2008); IPT (2008); CNARH (2013).

comportamento é condizente com as ressalvas feitas pelos órgãos gestores das bacias (ANA e Agências e Comitês de Bacias), de que somente os usos para o abastecimento de água e tratamento de efluentes estariam com dados cadastrais mais “robustos” em toda a série anual. Isto foi verificado pois nestes setores se encontram empresas públicas ligadas aos governos (estadual e municipais) e que se ocupam dos serviços de tratamento e distribuição de águas, bem como da captação e tratamento de efluentes. Assim, neste setor, como as empresas são públicas, em número reduzido (quase sempre uma empresa por município) e como são os maiores usuários de águas; torna-se inevitável o cadastramento nas bases de dados.

Para os demais setores usuários, o problema de má acurácia do modelo se deve principalmente ao fato de que a base de dados não é censitária, mas sim “cadastral” em que os usuários declaram os seus volumes em certos usos. Então, tem-se a possibilidade de que parte significativa dos usuários não declare os volumes inerentes aos seus usos ou então subdeclare. Logo, a base de dados inicial pode ser considerada deficitária e, portanto, se feitas previsões utilizando estas informações, as mesmas serão inconsistentes.

Com este panorama de disponibilidade de informações, a obtenção de uma fonte de dados mais próxima da realidade pode ser, no início do cadastramento, conseguida apenas a partir de fiscalização<sup>15</sup> e disseminação da importância da informação entre a população e usuários. Esta informação compreende a transmissão, aos usuários e população, da necessidade e utilidade do cadastro e inclusive as penalidades inerentes a omissão de dados referentes aos usos. Por isso, dados mais precisos sobre os usos são observados em algum tempo tardio, não inicial, de funcionamento deste controle dos usuários. Em outras palavras, nos anos iniciais de implantação do cadastro, nem todos os usuários estão inclusos, de forma que estes são incluídos após passado algum período (anos iniciais).

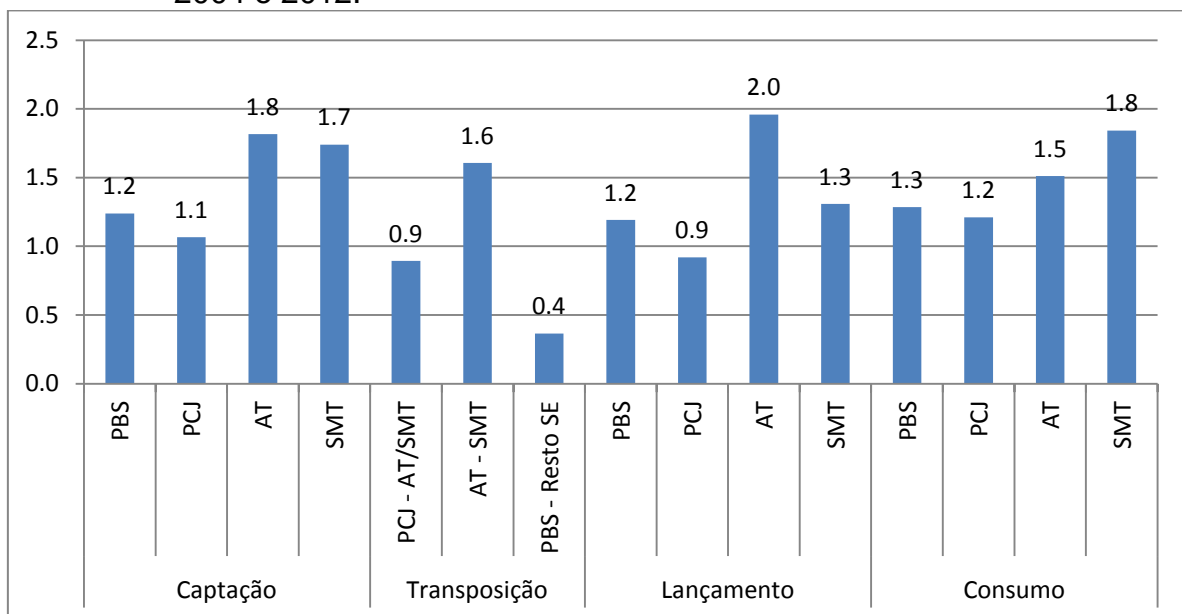
Sendo assim, é infrutífero construir cenários futuros tomando-se como base estas informações cadastrais, que são parciais da realidade e que implicarão em previsões equivocadas. Mas, nos dias atuais a maioria dos cadastros de usuários das bacias já estão implantados a vários anos, de tal forma que as informações tendem a estar mais próximas da realidade.

---

<sup>15</sup> Geralmente, a fiscalização é feita por denúncia devido ao restrito quadro de pessoal e da grande área a ser coberta.

As mesmas simulações iniciais para o ano de 2012 revelaram que o crescimento da demanda por água acompanha, com proximidade, o crescimento da demanda final do modelo Insumo-Produto. Por exemplo, com o crescimento da demanda final para a bacia PBS de 43,3%, PCJ de 43,2%, AT de 42,6% e SMT de 43,3%, os volumes de usos tendem a crescer um pouco mais que esta taxa, como se pode identificar no gráfico 1-1.

Gráfico 1-1: Pontos percentuais adicionais de crescimento à demanda final para os usos de águas nas bacias hidrográficas PBS, PCJ, AT e SMT – entre 2004 e 2012.



Fonte: Resultados da pesquisa

Logo, percebe-se que para uma previsão de 8 anos as taxas de crescimento dos usos diferem das taxas de crescimento na demanda final em, no máximo, 0,25% ao ano. Isto indica que as taxas de crescimento da demanda final são bons deflatores dos montantes de água. Neste sentido, para resolver o problema de acurácia do modelo, a estratégia empregada foi utilizar informações mais recentes de montantes dos usos em cada uma das bacias (PCJ – 2010 para os setores indústria, SIUP e agropecuária e 2012 para demais setores; PBS – 2007 para indústria, SIUP e agropecuária e 2012 para demais setores; e AT e SMT ano de 2008 para todos os setores) e deflacionar esses montantes de águas (nos diversos usos) para o ano de 2004 (ano base da matriz insumo-produto interregional)<sup>16</sup>.

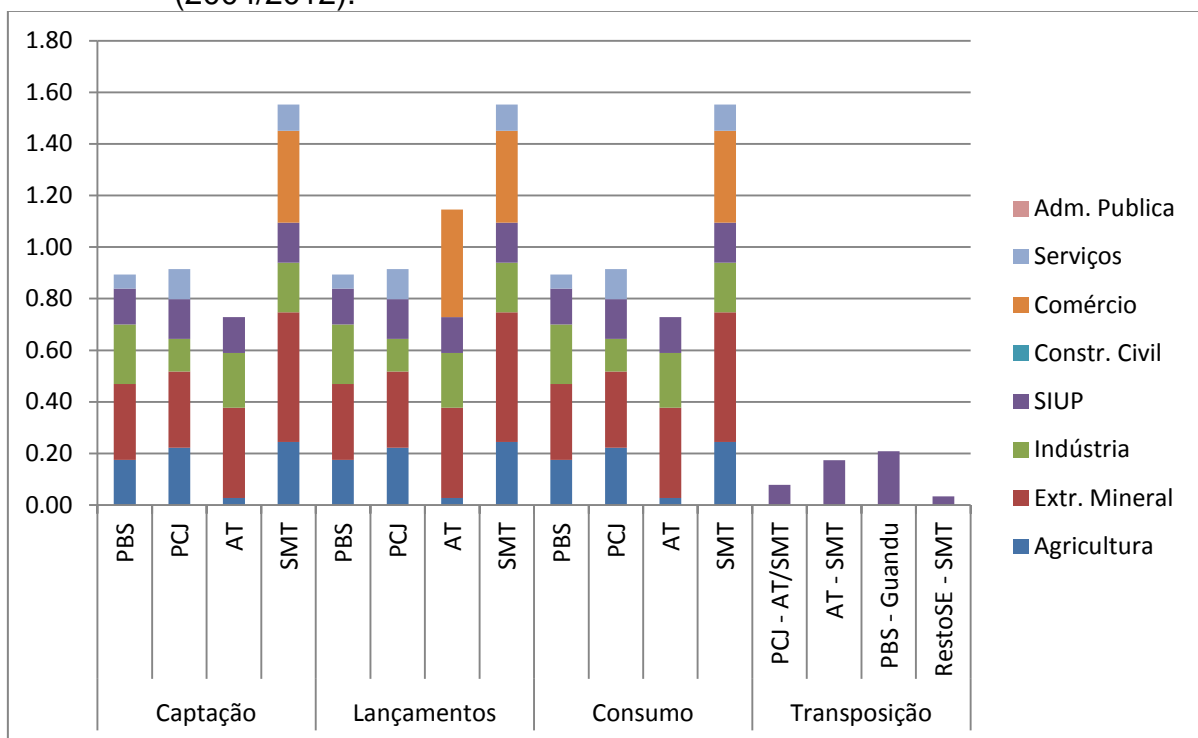
<sup>16</sup> Conforme taxas de crescimento 2004/2012 dos indicadores de demanda final da tabela 1-4.



Com isso obteve-se *proxys* dos montantes de águas para os setores usuários no ano de 2004, resultando em previsões cujos desvios de acurácia (erro) são bastante pequenos. Ressalta-se que este padrão de acurácia é válido somente se aceite o pressuposto de que a tecnologia empregada pelos setores usuários não se altera de maneira relevante no período estudado, bem como se o padrão de crescimento da demanda final também não se altere drasticamente.

Conforme pode ser observado no gráfico 1-2, os setores apresentam taxas anuais de erro pequenas, inclusive aqueles mais importantes em termos de usos de água (SIUP, Indústria e Agricultura). Por outro lado, os maiores desvios, ainda que bastante pequenos, são encontrados nos setores Extração Mineral e Comércio. Portanto, tal nível de acurácia é aceitável para o horizonte de previsão (2020).

Gráfico 1-2: Pontos percentuais anuais de desvio de acurácia (erro) em relação ao valor real dos usos de água nos setores e bacias hidrográficas (2004/2012).



Fonte: Resultados da pesquisa

Paralelamente, os valores inexistentes ou zerados que podem ser observados, para alguns setores, são resultado da forma como os cadastros de usuários foram “alimentados”. Em realidade, em algumas bacias os valores para estes setores encontram-se cadastrados como setor Indústria e em outras bacias

estão agregados no setor Serviços. Portanto, valores de usos de água iguais a zero não significam necessariamente que não existam, mas sim podem estar agregados em outros setores. Dadas as informações cadastrais disponíveis, não foi possível desagregar esses volumes dos usos para estes setores com informações zeradas. Contudo, esses setores têm pequena significância no cenário dos usos dos recursos hídricos, logo não pode ser considerado um problema relevante.

Ao analisar-se os coeficientes dos usos de água (Tabela 1-2) percebe-se que os maiores valores estão relacionados aos setores SIUP, Agropecuária, Extração Mineral e indústria, respectivamente nesta ordem, considerando de maneira geral quase todos os usos (captação, lançamento de efluentes, e consumo).

Mas, destaca-se principalmente o setor SIUP que compõe os Serviços Industriais de Utilidade Pública, em que encontra-se agregada a indústria de tratamento e distribuição de água nos municípios, além do tratamento e destinação dos resíduos residenciais e parte dos resíduos industriais. Este destaque maior está vinculado ao maior volume demandado de recursos hídricos.

No entanto, como este coeficiente é determinado pela divisão do volume de água demandada pelo valor do produto total setorial em cada bacia hidrográfica; analiticamente isso quer dizer que maiores coeficientes significam que uma unidade monetária a mais de produto total gerado em determinada bacia tem como impacto uma maior demanda por água.

Para o uso “Captação” nota-se que os maiores coeficientes encontram-se relacionados às bacias hidrográficas PBS e PCJ, respectivamente nos setores Agropecuária e SIUP. Isto se justifica pela característica produtiva de cada bacia hidrográfica. Especialmente o setor SIUP destaca-se em bacias que contém grandes centros urbanos, a exemplo da região metropolitana de São Paulo. Além disso, a bacia PBS se localiza entre os grandes centros urbanos de São Paulo e Rio de Janeiro, além de englobar outros grandes centros urbanos interioranos, resultando em relevante importância da agricultura irrigada e outros usos rurais. Esta importância se refere principalmente a produção para atender às demandas por produtos agropecuários destes aglomerados urbanos.

Em termos de “Lançamento de Efluentes”, os maiores coeficientes estão relacionados ao setor Agropecuária na bacia PBS. Destaca-se também o setor SIUP em todas as bacias. Contudo, isso não pode ser interpretado como elevado grau de

eficiência no uso dos recursos hídricos, mas tão somente que quanto maior o valor do produto setorial, maiores são os montantes de lançamentos, ou seja, menores os valores consumidos pelo setor.

Tabela 1-2 : Coeficientes diretos técnicos de demanda por água – diversos usos (milhões de m<sup>3</sup>/ano/milhões de R\$ do Produto Total setorial gerado)

Uso/Bacia	Agropec.	Extração Mineral	Indústria	SIUP	Constr. Civil	Comércio	Serviços	Adm. Pública
<b><u>CAPTAÇÃO</u></b>								
PBS	0.65288	0.00450	0.00259	0.03974	0.00000	0.00000	0.00088	0.00000
PCJ	0.06719	0.00629	0.00416	0.08738	0.00000	0.00000	0.00068	0.00000
AT	0.06887	0.01053	0.00292	0.05239	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SMT	0.03609	0.00214	0.00296	0.05686	0.00000	0.00078	0.00042	0.00000
Outras Regiões*	0.20626	0.00586	0.00315	0.05909	0.00000	0.00020	0.00049	0.00000
<b><u>TRANSPOSIÇÃO</u></b>								
PCJ para AT				0.09534				
PCJ para SMT				0.11684				
AT para SMT				0.25570				
PBS para Resto SE (Guandu)				0.12042				
Resto SE (Parapanema) para SMT				0.00405				
<b><u>CONSUMO</u></b>								
PBS	0.39262	0.00402	0.00118	0.00798	0.00000	0.00000	0.00085	0.00000
PCJ	0.05209	0.00536	0.00258	0.05647	0.00000	0.00000	0.00067	0.00000
AT	0.05643	0.00263	0.00027	0.02445	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
SMT	0.03203	0.00030	0.00073	0.00835	0.00000	0.00036	0.00036	0.00000
Outras Regiões*	0.13329	0.00308	0.00119	0.02431	0.00000	0.00009	0.00047	0.00000
<b><u>LANÇAMENTO DE EFLUENTES</u></b>								
PBS	0.26026	0.00048	0.00141	0.03176	0.00000	0.00000	0.00003	0.00000
PCJ	0.01510	0.00094	0.00157	0.03091	0.00000	0.00000	0.00001	0.00000
AT	0.01243	0.00790	0.00264	0.02794	0.00000	0.00003	0.00000	0.00000
SMT	0.00405	0.00184	0.00223	0.04851	0.00000	0.00042	0.00005	0.00000
Outras Regiões*	0.07296	0.00279	0.00196	0.03478	0.00000	0.00011	0.00002	0.00000

\* Para as demais regiões (não-bacias) foi calculada a média dos coeficientes das bacias estudadas;  
Fonte: Resultados da pesquisa.

Quanto ao uso “Consumo”, este resulta da diferença entre “Captação” e “Lançamento de Efluentes”. Um importante indicador no uso “Consumo” são as perdas de recursos hídricos, especialmente de água beneficiada que é distribuída à população (residências) e indústrias (setor SIUP), ou seja, as perdas por vazamentos na rede de distribuição podem ser importantes a depender da qualidade da estrutura de canalização. Para este uso (Consumo) no setor SIUP (que engloba o beneficiamento, distribuição, tratamento e lançamento de efluentes) as principais

bacias usuárias são AT (região metropolitana de São Paulo) e PCJ. Outro coeficiente elevado para este uso pode ser identificado no setor Indústria na bacia PCJ.

O setor agropecuário é um importante setor de “Consumo” de água pois somente um pequeno montante da água utilizada na irrigação agrícola retorna aos mananciais superficiais. Esta água é transportada, em parte, para o subsolo e são transformadas através da evapotranspiração à que as plantas e solo estão expostos. Neste aspecto a bacia PBS é mais expressiva, cujo volume consumido é elevado comparativamente as demais bacias.

Para o uso “Transposição” que também pode ser chamado de derivação de águas de uma bacia hidrográfica para outra, o coeficiente técnico de destaque está na transposição de águas da bacia AT para a bacia SMT. Apesar dos maiores volumes estarem vinculados ao envio de água da bacia PBS para a região metropolitana do Rio de Janeiro, bem como da bacia PCJ para as bacias SMT e AT com destaque para o sistema de transporte de águas “Cantareira” (dutos, elevadores e canais de transporte de água). Este sistema abastece com água, a região metropolitana de São Paulo, que é deficitária em disponibilidade hídrica. O funcionamento deste sistema é datado da década de 1970 quando tornou-se mais importante a questão da escassez hídrica na bacia AT. Ressalta-se que neste estudo os volumes de transposição não são considerados estáticos, mas sim evoluem de acordo com o avanço das demandas setoriais.

Os volumes de água utilizados (nos diversos usos) nas simulações e computados para o ano de 2012 podem ser observados na tabela 1-3. Nestes, destacam-se os volumes de água para o setor SIUP em todas as bacias. Além disso, é importante o setor Agropecuária na Bacia PBS (maior volume). Ainda salienta-se o setor Indústria como grande demandante de água nos diversos usos, mas em especial na bacia AT (grande centro industrial).

Como os componentes da demanda final crescem a taxas diferentes no tempo, procurou-se obter parâmetros para fazer simulações baseados na taxa média de crescimento de variáveis base. Assim, a partir de projeções de crescimento dos componentes da demanda final (variáveis base), obtidas junto às informações do IBGE - SCN (Variação real do consumo das famílias e variação real dos investimentos – 2005/2012), Project Link Research Centre, World Economic

Outlook (metting forecast) (projeção da evolução do consumo do governo – 2010/2012) e variação real das exportações IBGE (2005-2010) – Todos esses dados disponíveis e coletados em IPEADATA (2013), traçou-se três diferentes cenários para o ano 2020 em relação à demanda final.

Tabela 1-3: Volumes de água nos diversos usos por setores nas bacias PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m<sup>3</sup>/ano) – 2012.

Usos	Bacias	Setores							
		Agropec.	Extr. Mineral	Indústria	SIUP	Constr. Civil	Comércio	Serviços	Adm. Pública
Captação	PBS	2.351	18	607	794	0	0	77	0
	PCJ	286	29	405	731	0	0	43	0
	AT	23	4	731	1.120	0	0	0	0
	SMT	92	6	87	142	0	3	7	0
Lançamento	PBS	937	2	331	635	0	0	2	0
	PCJ	64	4	153	259	0	0	1	0
	AT	4	3	662	597	0	2	0	0
Consumo	SMT	10	5	65	121	0	2	1	0
	PBS	1.414	16	276	159	0	0	75	0
	PCJ	222	25	252	472	0	0	42	0
	AT	19	1	69	523	0	0	0	0
Transposição	SMT	81	1	21	21	0	1	6	0
	PCJ - AT / SMT				2.331				
	AT - SMT				640				
	PBS - Resto SE				4.457				
	Resto SE - SMT				10				

Fonte: FUSP (2008); IPT (2008); AGEVAP (2007); AGENCIAPCJ (2010); CNARH (2013).

Para as simulações empregou-se um cenário “Otimista”, representando maior crescimento da demanda final, que esta vinculado ao nível de crescimento econômico observado em grande parte dos anos 2000. Outro cenário chamado “Realista” representa expectativas da demanda final mais condizentes com o atual ritmo de crescimento econômico. Tem-se ainda um terceiro cenário chamado “Pessimista” que simboliza uma atividade econômica aquém ao cenário realista.

O cenário “Otimista” expressa as mesmas taxas de crescimento dos componentes da demanda final obtidas das variáveis base para os anos 2000. Enquanto que o cenário “Realista” é composto por 25% (1/4) da taxa de crescimento

dos componentes da demanda final observada no cenário otimista - entre 2013 e 2020. Complementarmente, o cenário “Pessimista” representa 15% da taxa de crescimento dos componentes da demanda final no cenário otimista - entre 2013 e 2020. A amplitude dos cenários futuros (ano de 2020), se justifica e está em conformidade com os objetivos traçados nos relatórios de planejamento das bacias hidrográficas ou Planos das Bacias. Os parâmetros de simulação estão expostos na tabela 1-4.

Tabela 1-4: Taxas crescimento da demanda final nas simulações (%)

Projeções / Componentes da Demanda Final	Cenários – 2013/2020			
	Taxa de cresc. anual real 2004/2012	Pessimista	Realista	Otimista
Consumo do Governo	1,2	0,2	0,3	1,2
Consumo das Famílias	4,8	0,7	1,2	4,8
Formação Bruta de Capital Fixo	6,5	1,0	1,6	6,5
Exportações	3,8	0,6	1,0	3,8
Demanda Final Total nas Bacias Hidr.	4,4	0,7	1,1	4,4

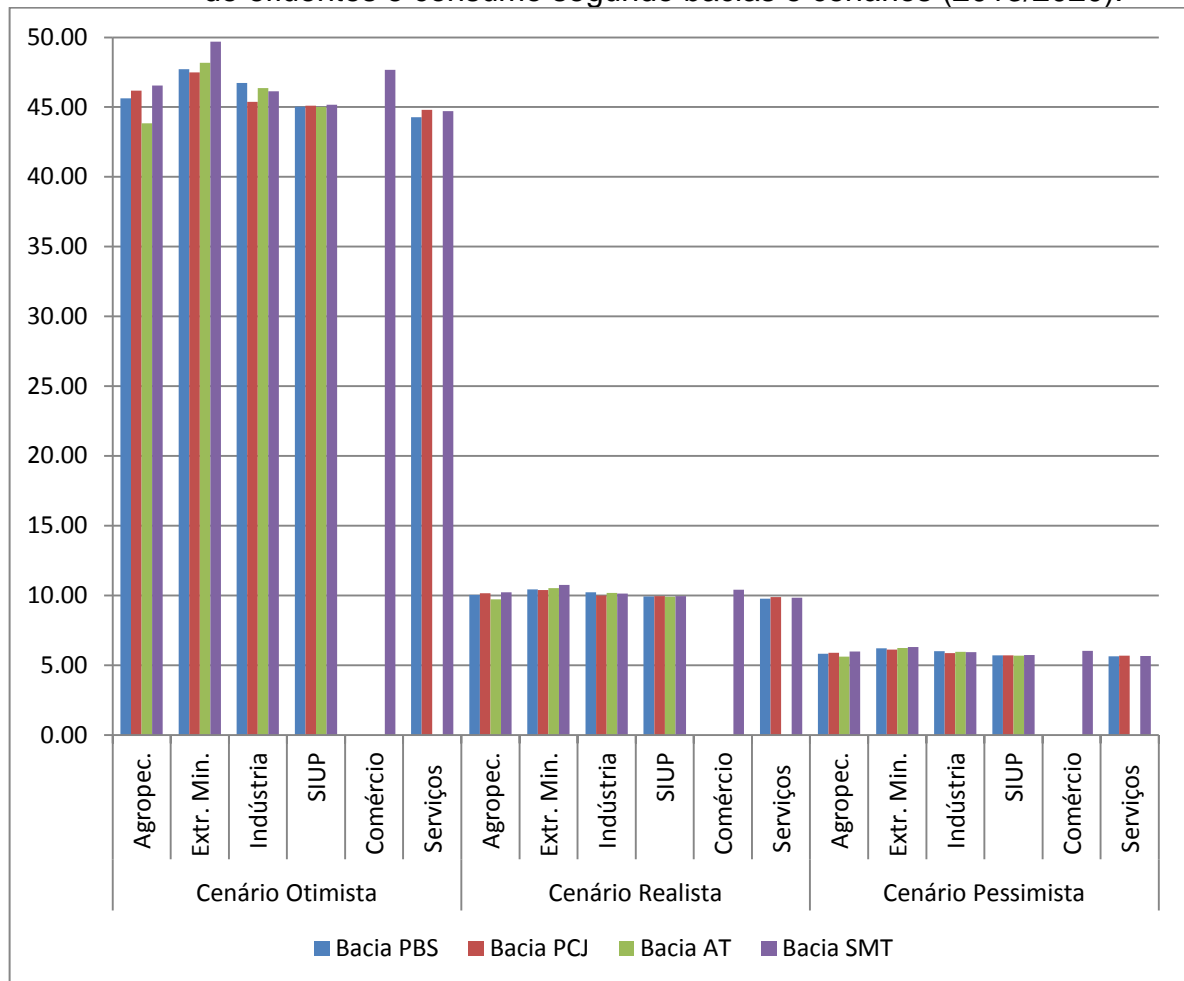
As estimativas de volume de água para os diversos usos, dados os impactos diretos e indiretos na economia como um todo, são obtidos de acordo com a variação obtida na demanda final. Em especial, neste estudo, para cada bacia hidrográfica e demais regiões no modelo interregional de relações intersetoriais, os componentes da demanda final foram ajustados individualmente. Isto gera variações distintas nas demandas finais de cada bacia e regiões. Entretanto, como as bacias que são consideradas contíguas e próximas, os incrementos na demanda final não diferem substancialmente, o que implica em resultados relativos próximos.

Os resultados das simulações, quanto as taxas de crescimento das demandas por água, podem ser observados no gráfico 1-3. Nota-se que para o cenário “otimista”, o destaque fica para os setores Extração mineral (maior taxa de crescimento de demanda por água), Indústria e Agropecuária, em ordem decrescente de taxa. Ainda para este cenário ressalta-se a importância do setor Extração mineral na bacia SMT, com a maior taxa de elevação da demanda. De maneira geral para todas as bacias, as taxas de crescimento denotam o

comportamento simulado da demanda por água no período 2013/2020, e que resultou em uma taxa média em torno de 45%.

Adicionalmente, identifica-se que as taxas de crescimento setoriais das demandas por água para o cenário “realista” são da ordem de aproximadamente 10%. Paralelamente, no cenário “pessimista” de crescimento econômico esta taxa se reduziu para aproximadamente 6%.

Gráfico 1-3: Taxas de crescimento setoriais para os usos captação, lançamentos de efluentes e consumo segundo bacias e cenários (2013/2020).



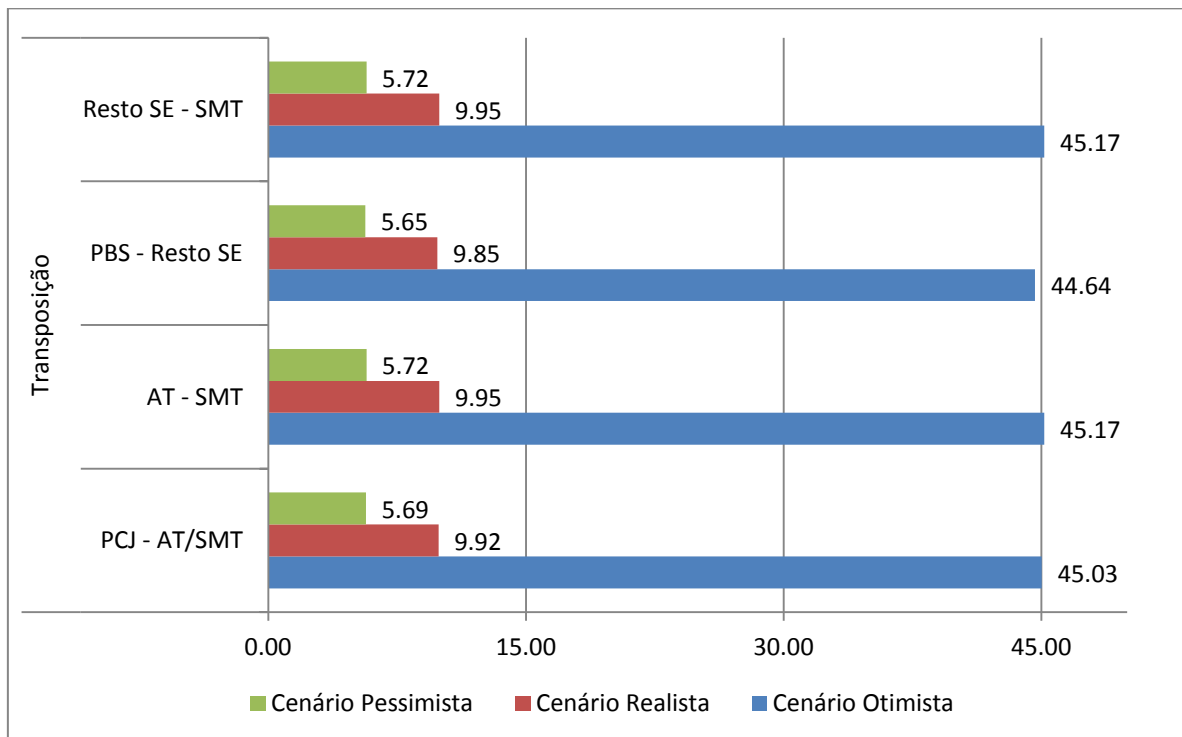
Fonte: Resultados da pesquisa.

Portanto, essas taxas revelam uma pressão sobre os recursos hídricos “esperada”, menor nos cenários pessimista e realista, comparativamente ao cenário otimista. Os resultados destas estimativas mostram que as taxas de crescimento econômico, ou mais especificamente, as taxas de crescimento no consumo em geral, impactam quase que proporcionalmente as demandas por água. Portanto,

cenários “ruins” de crescimento da economia impactam de forma mais branda a disponibilidade de água.

Os resultados estimados para o uso de recursos hídricos do tipo “transposição” são próximos àqueles observados para os demais usos e cenários, conforme gráfico 1-4. Em outras palavras, para o cenário otimista tem-se uma taxa de crescimento da demanda da ordem de aproximadamente 45%; enquanto que para o cenário realista e pessimista, aproximada e respectivamente 10% e 6%. Logo, o crescimento das necessidades de água para transposição aumentam de tal forma que acompanham o avanço da demanda final.

Gráfico 1-4: Taxas de crescimento para o uso transposição segundo regiões/bacias e cenários (2013/2020).



Fonte: Resultados da pesquisa.

Os totais por uso dos recursos hídricos para cada cenário e nas 4 bacias fornecem as estimativas dos volumes de água necessários para atender às demandas setoriais em cada uso e bacia (tabela 1-5).

Ao analisar os valores totais dos usos de água, nota-se um maior volume na bacia PBS em todos os usos e cenários. Isto se justifica pelo motivo de que esta é a maior (em extensão e volume de águas) entre as 4 bacias hidrográficas estudadas.



Inclusive pode ser observado que o volume de água transposta para a região metropolitana do Rio de Janeiro via bacia do rio Guandu é bastante elevado se comparado com as demais transposições. Outras bacias com volumes relevantes de água nos diversos usos são as bacias PCJ e AT.

Tabela 1-5: Totais de usos dos recursos hídricos nas bacias hidrog. PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m<sup>3</sup>/ano) - 2020

Usos/Bacias	Cenários		
	Pessimista	Realista	Otimista
<b>Captação</b>			
PBS	4.070,7	4.233,1	5.603,5
PCJ	1.580,5	1.643,4	2.172,5
AT	1.986,6	2.065,9	2.732,8
SMT	356,3	370,6	491,1
<b>Transposição</b>			
PCJ - AT/SMT	2.463,2	2.561,7	3.379,9
AT - SMT	676,1	703,2	928,4
PBS - Resto SE (Guandu)	4.709,2	4.896,3	4.896,3
Resto SE - SMT	10,7	11,1	14,7
<b>Lançamento</b>			
PBS	2.017,6	2.098,1	2.776,7
PCJ	508,7	529,0	699,0
AT	1.342,5	1.396,1	1.848,7
SMT	216,3	225,0	297,8
<b>Consumo</b>			
PBS	2.053,2	2.135,0	2.826,8
PCJ	1.071,8	1.114,5	1.473,5
AT	646,2	672,0	887,1
SMT	140,0	145,6	193,2

Fonte: Resultados da pesquisa.

Quantos aos volumes absolutos de águas segundo usos, verifica-se ainda uma diferença bastante significativa dos valores atribuídos ao cenário otimista de crescimento da demanda comparativamente aos demais cenários. Isto se dá pela elevada taxa de crescimento atribuída a este cenário e que fora observado em parte dos anos 2000. Nestes anos, o PIB da economia brasileira crescia a taxas aproximadas de 3% a 5% ao ano. Contudo, na atualidade esta taxa se reduziu ao nível de aproximadamente 1% anual. Isto torna os cenários realista e pessimista, mais condizentes com a realidade atual. Consecutivamente, estes cenários mais

modestos de crescimento são favoráveis ao mercado de águas, pois imprimem menor pressão sobre a oferta hídrica se comparados com o cenário mais otimista.

Em relação às demandas setoriais, destaque deve ser dado aos setores Agropecuária e Indústria na bacia PBS. Além desses, volumes elevados estão associados aos setores SIUP e Indústria. Demais detalhes sobre as demandas setoriais podem ser observados na tabela 1.1-1, na seção Anexo 1.1.

Entretanto, somente comparando os volumes de água ofertados e transposições com a disponibilidade hídrica total que se pode concluir acerca do nível de escassez do recurso água em cada uma das bacias (tabela 1-6). Com isso, percebe-se os efeitos da evolução do crescimento das demandas sobre a disponibilidade hídrica, particularmente uma redução mais intensa desta disponibilidade no cenário otimista de crescimento da demanda final.

Tabela 1-6: Disponibilidade hídrica (milhões de m<sup>3</sup>/ano) – 2020\*

Bacias / Disp. Hídrica	Total Pessimista	Total Realista	Total Otimista	Oferta Superficial	Oferta Subterrânea e Livre**	Transpo- sição ***
PBS	31.416,3	31.229,2	29.678,3	36.125,1	0,4	(-)
PCJ	3.002,6	2.904,2	2.085,9	4.785,9	679,9	(-)
AT	3.231,4	3.302,8	3.895,8	1.195,2	249,1	(+)
SMT	1.604,2	1.631,7	1.860,5	646,2	271,2	(+)

\* Computados os valores de transposição simulados

\*\* Águas de lagos e similares

\*\*\* (-) bacia envia transposição; (+) bacia recebe transposição

Fonte: FUSP (2008); IPT (2008); CBH-PCJ (2002); ANA (2003) e Resultados da pesquisa.

Se observados os volumes demandados e a disponibilidade hídrica, através do balanço hídrico, percebe-se que a bacia PBS não demonstra problemas aparentes de escassez hídrica. Entretanto, na bacia AT a escassez hídrica é uma realidade na prática (pouca água disponível – como proporção do total demandado – e com nível de potabilidade bastante ruim), assim as demandas hídricas somente são atendidas com a transposição de águas de outras bacias, uso de águas subterrâneas e reservatórios livres tais como lagos e similares. Ressalta-se que esta escassez é uma realidade mesmo no cenário pessimista.

Para a bacia PCJ existe alguma disponibilidade hídrica, mas as transposições para as bacias AT e SMT fazem com que, no longo prazo e dependendo do cenário, esta bacia se encontre em estado crítico de atenção quanto

à escassez de águas, especialmente no cenário otimista. Contudo, a oferta hídrica expressa na Tabela 1-6 é baseada em séries históricas (para águas superficiais e livres) e experimentos (no caso de água subterrânea), logo qualquer desequilíbrio em termos de redução das intensidades de chuvas afeta a disponibilidade de águas e altera o volume disponível, antecipando (no tempo) o estado crítico da disponibilidade hídrica. Isto é vivenciado na bacia PCJ atualmente, com reflexos sobre as bacias AT e SMT, em que os reservatórios do sistema Cantareira se encontram com estoques de água reduzidos. Neste caso, sem a ocorrência de crises de oferta hídrica, os gargalos permanentes de atendimento às demandas por águas se verificariam apenas a partir dos anos 2020 sob o cenário otimista.

O balanço hídrico das bacias, que é a disponibilidade hídrica deduzidas as captações e transposições e somados os lançamentos de efluentes é apresentado na tabela 1-7.

Tabela 1-7: Balanços hídricos nas bacias hidrográficas PBS, PCJ, AT e SMT (milhões de m<sup>3</sup>/ano) - 2020

	Superficial			Total		
	Pessimista	Realista	Otimista	Pessimista	Realista	Otimista
PBS	29.363	29.094	26.851	29.363	29.094	26.852
PCJ	1.251	1.110	-68	1.931	1.790	612
AT	2.338	2.384	2.762	2.587	2.633	3.012
SMT	1.193	1.215	1.396	1.464	1.486	1.667

Obs: Balanço Hídrico = Disponib. Hídrica – Captações + Saldo Transposições+ Lançamentos

Fonte: Resultados da pesquisa.

No balanço hídrico percebe-se que a oferta hídrica da bacia AT é positiva, isto somente é possível a partir das transposições recebidas da bacia PCJ. Os efeitos dessa transposição podem ser adequadamente quantificados ao se notar o valor negativo em relação ao balanço superficial no cenário otimista para a bacia PCJ. Este valor denota um esgotamento das reservas durante praticamente quase todo o período anual, notadamente das águas superficiais da bacia PCJ. Isto decorre tanto do avanço dos usos internos à bacia quanto em grande parte das transposições.

A partir do balanço hídrico é possível verificar o comprometimento da disponibilidade hídrica, tanto em relação ao uso “consumo” quanto “captação”. Estas informações constam da tabela 1-8, na qual se visualiza escassez crítica na bacia

AT, analisando especificamente as necessidades de captação. Ademais, as bacias AT e SMT têm disponibilidades de águas superficiais restritas e insuficientes para atender as demandas internas à bacia, pois existem problemas relevantes de potabilidade dessas águas, um dos motivos pelos quais existe maior dependência de águas externas.

Para a bacia PCJ pode ser considerado um estado de alerta em relação a um risco elevado de disponibilidade hídrica, particularmente no cenário otimista. Isto porque esta bacia (PCJ) envia águas por transposição para as bacias AT e SMT e estas necessitarão num futuro próximo de maiores quantidades de águas, dado o crescimento das demandas, e este suprimento comprometerá a disponibilidade de águas na bacia PCJ mesmo no cenário pessimista.

Tabela 1-8: Comprometimento da disponibilidade hídrica (%)\*

Bacias / Ano	Consumo/Disp. Hídrica Total			Captação/Disp. Hídrica Total		
	Pessimista	Realista	Otimista	Pessimista	Realista	Otimista
PBS	6.5	6.8	9.5	13.0	13.6	18.9
PCJ	35.7	38.4	70.6	52.6	56.6	104.2
AT	20.0	20.3	22.8	61.5	62.5	70.1
SMT	8.7	8.9	10.4	22.2	22.7	26.4

\* Computados os montantes simulados de transposição

Fonte: Resultados da pesquisa.

Em relação a proporção captação/disponibilidade hídrica, valores acima de 20% tecnicamente revelam uma realidade de alerta sobre os usos dos recursos hídricos. Estas porcentagens elevadas podem ser verificadas nas bacia PCJ, AT e SMT, em qualquer dos cenários pesquisados. Contudo, uma taxa alarmante acima de 100%<sup>17</sup>, ou seja, falta absoluta de água, pode ser identificada na bacia PCJ, por conta dos impactos da transposição. Neste caso, a situação da bacia AT continua sendo grave porque recebe, ou seja é dependente de, volumes bastante elevados de águas por transposição.

Para a bacia AT, nota-se que no cenário pessimista será preciso captar aproximadamente 1.787 milhões de m<sup>3</sup>/ano, ou poder-se-ia dizer 57 m<sup>3</sup>/s adicionais por transposição. Se analisado os cenários realista e otimista, a necessidade adicional de águas na bacia AT é da ordem de 59 m<sup>3</sup>/s e 78 m<sup>3</sup>/s, respectivamente.

<sup>17</sup> Taxas acima de 100% representam falta de água de ordem da diferença a ser explorada, ou seja, na bacia PCJ haverá um déficit de pouco mais de 4% do total de águas normalmente disponível; enquanto na bacia AT haverá déficit de cerca de 10% do total de águas ofertadas.

Dado que a bacia AT tem outorga para transposição da bacia PCJ de um volume de 79 m<sup>3</sup>/s, e atualmente (entre os anos de 2012-13) são transpostos cerca de 33 m<sup>3</sup>/s, logo o total de transposição de aproximadamente 57 m<sup>3</sup>/s ainda seria possível. Mas nota-se que a bacia PCJ no cenário 2020 terá algum nível importante de escassez no cenário pessimista, entretanto enfrentará estado crítico de falta de águas no cenário otimista. Portanto, além das bacias AT e SMT, também a bacia PCJ encontrar-se-á em escassez de águas.

Ressalta-se que a realidade projetada é baseada em uma oferta hídrica histórica e qualquer situação climática de redução desta oferta hídrica implica em antecipação temporal destes gargalos no fornecimento de águas.

Paralelamente, o uso “Consumo” frente à disponibilidade hídrica indica um elevado comprometimento dos estoques do recurso água, uma vez que parte desse volume sequer vai para as águas confinadas (subterrâneas e livres). Então, somente é possível resgatar parte deste volume com a exploração (principalmente) de águas subterrâneas. Novamente, percebe-se maior pressão sobre as águas nas bacias PCJ e AT e, conseqüentemente, na bacia SMT dadas as transposições. Neste caso, políticas públicas devem estimular atividades econômicas cujos usos sejam menos consuntivos.

Por fim, conclui-se que as projeções de volumes de água nos diversos usos e nos cenários elaborados de demanda final demonstram, inicialmente, incrementos pouco superiores àqueles observados nas demandas finais das bacias e demais regiões constantes na matriz de relações intersetoriais. Observou-se de maneira geral que independentemente da bacia analisada, os setores SIUP e Indústria são os setores maiores demandantes de volumes de água, bem como lançadores de efluentes.

O setor Agricultura se mostrou importante, o que já era esperado, pois as bacias em estudo situam-se entre as regiões metropolitanas de São Paulo e Rio de Janeiro, bem como no entorno da região metropolitana de São Paulo e a região de Campinas. Nestes espaços geográficos existe uma forte influência dos grandes centros urbanos e grande parte da agricultura localmente praticada se dedica a produzir produtos para abastecer estes centros. Em outras palavras, essas bacias abrigam o “cinturão verde” dessas regiões e estes têm na agricultura irrigada parte significativa do seu produto (Kageyama, 2003). Por isso, os resultados mostraram o

setor agropecuária como importante principalmente na captação nas bacias PBS, PCJ e SMT. Esse resultado somente não é um destaque para a bacia AT, pois se refere à região metropolitana de São Paulo, já que nesta espacialidade existem poucas áreas destinadas à agropecuária, notadamente em decorrência da densa ocupação urbana.

Identificou-se ainda, mediante os cenários propostos, que as bacias PCJ, AT e SMT terão, dada a tecnologia observada na matriz de relações intersetoriais, estresse ou pressão excessiva sobre os recursos hídricos disponíveis. No cenário otimista, observa-se particularmente que as bacias AT e PCJ deverão equacionar o problema dos volumes das transposições para gerenciar de melhor forma os volumes de água disponíveis, e assim atender às suas demandas hídricas. O modelo atual de uso dos recursos hídricos causará uma pressão excessiva sobre a disponibilidade hídrica da bacia PCJ. Certamente, a solução para este problema seja a exploração, via transposição, de outras bacias hidrográficas.

Portanto, políticas públicas devem considerar fontes alternativas de águas para transposição, bem como promover, via companhias de abastecimento de água e esgotamento sanitário, uma precificação diferenciada aos usuários consumidores, para que o uso racional da água seja uma realidade. Além disso, o combate às perdas no sistema de distribuição urbano de águas deve ser intensificado para que apenas volumes reduzidos de água sejam desperdiçados.

## **1.7 CONCLUSÕES**

O presente estudo se propôs, de forma pioneira, a estimar os montantes de usos de água para quatro importantes bacias hidrográficas no território brasileiro, de acordo com cenários de crescimento econômico via demanda final num modelo de insumo-produto interregional. Estas bacias englobam a Região Metropolitana de São Paulo e outros municípios importantes intensamente urbanizados e populosos. Além disso, uma dessas bacias envia águas para a Região Metropolitana do Rio de Janeiro. Em outras palavras, este estudo relaciona direta e indiretamente os usos de águas nas duas regiões metropolitanas mais importantes no Brasil, além de outros grandes centros urbanos e industriais.

Uma análise de insumo-produto interregional foi empregada sob a regionalização de quatro bacias hidrográficas (PCJ, PBS, AT e SMT) e outras 4 regiões administrativas que complementam o território brasileiro. Os usos declarados pelas agências/comitês das bacias hidrográficas são: Captação, Lançamento de efluentes, Consumo e Transposição de águas para outra(s) bacia(s); estes usos foram acoplados à matriz insumo-produto através de modelagem híbrida. As simulações feitas para 2020 basearam-se na tendência de crescimento dos componentes da demanda final para a economia brasileira em um cenário otimista e, bem como outros dois cenários ditos realista e pessimista.

Os resultados da demanda por água, nos diversos usos, foram confrontados com a oferta hídrica histórica em cada uma das bacias (sem considerar a atual crise do estoque de águas nestas bacias). Isto possibilitou quantificar o comprometimento da disponibilidade hídrica atual e futura, ou seja, uma medida de escassez de água. Assim, a bacia AT (Região metropolitana de São Paulo) tem, para 2020, um comprometimento de toda água disponível em sua bacia. Além das transposições que a bacia AT recebe, necessitará transpor maior quantidade de águas, na ordem de 24 m<sup>3</sup>/s adicionais para o cenário pessimista, 26 m<sup>3</sup>/s para o cenário realista, e 45 m<sup>3</sup>/s adicionais em um cenário otimista de crescimento da demanda final do modelo Insumo-Produto. Atualmente, esta bacia recebe cerca de 33 m<sup>3</sup>/s em transferência da bacia PCJ, e tem outorgado um montante de 79 m<sup>3</sup>/s.

Entretanto, se for honrada esta outorga, não haverá água suficiente para atender as demandas internas da bacia PCJ que se encontrará, em 2020, com toda a sua disponibilidade hídrica comprometida num cenário otimista e para os demais cenários haverá uma elevada escassez. Pois, as maiores transposições são da bacia PCJ para as bacias AT e SMT e especialmente da bacia PBS para a região denominada resto do sudeste, que em realidade é destinada à região metropolitana do Rio de Janeiro. Contudo, ao que parece, a escassez de água na bacia PBS, ao menos no médio prazo, não representa uma ameaça.

Para as bacias PCJ e AT, o setor maior demandante, para a maioria dos diversos usos, é SIUP que engloba os serviços de tratamento e distribuição de águas, bem como o beneficiamento de efluentes para retorno aos mananciais. Para as bacias SMT e PBS, o setor agrícola se destaca como principal demandante na maioria dos usos; isto revela a característica dessas áreas no emprego da

agricultura irrigada, especialmente hortifrutigranjeiros, tal como um “cinturão verde” de produção de alimentos para os grandes centros urbanos. De maneira geral, a agricultura é o setor que mais consome água em todas as bacias, menos na bacia AT.

Portanto, o presente estudo identificou importante gargalo na oferta de água futura, para atender à demanda projetada, nas bacias SMT, AT e PCJ. Essas primeiras duas bacias (SMT e AT) tem problemas relevantes quanto ao nível de tratamento de efluentes, logo a poluição das águas impede alguns usos importantes. Para essas bacias existe uma grande dependência das águas transpostas da bacia PCJ e as autoridades devem refletir sobre novas fontes de água, pois em um futuro não muito distante certamente haverá restrição de oferta de águas na bacia PCJ. Para a bacia PCJ, a capacidade de produção de água para oferta seria razoável se os usos fossem apenas internos à própria bacia, mas as transposições imprimem pressão sobre a oferta, destacadamente em meses de estiagem. Logo, os gestores de águas devem identificar medidas que reduzam os níveis de transposição desta bacia para que não haja restrição de oferta.

Outras estratégias paralelas que poderiam auxiliar seriam a ampliação e melhoria nos sistemas de tratamentos de efluentes que elevariam a qualidade das águas nos corpos hídricos. Conseqüentemente, um melhor aproveitamento das águas a um menor custo seria possível. Além disso, reduções nas perdas de água nos sistemas urbanos de distribuição (companhias de águas) auxiliariam na redução do uso consumo e, conseqüentemente, aumentariam a quantidade de águas disponíveis para os demais usos.

Finalmente, este estudo abre novas perspectivas de análises, principalmente a partir de reflexões sobre diferentes dificuldades encontradas no desenvolvimento desta pesquisa. Primeiramente, uma desagregação das matrizes em quantidade maior de setores auxiliaria uma identificação mais precisa dos setores de maior impacto sobre os usos de recursos hídricos. Isto não foi executado pois a disponibilidade de informações sobre os usos da água nas bacias não abrange uma amplitude setorial maior (disponível no máximo para 6 setores na maioria dos relatórios dos comitês de bacias). Mas, como os meios de geração e armazenamento de informações nas agências e comitês de bacias hidrográficas tem



melhorado constantemente, acredita-se que este tipo de estudo mais abrangente seja possível num futuro bastante próximo.

Outra questão importante seria a desagregação do setor SIUP e o isolamento dos serviços de água e esgotamento sanitário, especialmente para identificar quanto este setor é vendedor às famílias e cada segmento setorial das empresas. Esse tipo de análise seria fundamental para um mapeamento integral dos usos dos recursos hídricos. Infelizmente, a inacessibilidade às informações das companhias de águas que atuam nos municípios das bacias estudadas não permitiu esse tipo de análise. Talvez, esse tipo de abordagem integral seja possível através de parcerias futuras com as companhias de água e esgotamento sanitário, pois dado o cenário atual de estresse hídrico nas bacias aqui estudadas, é possível um interesse das mesmas em entender melhor a dinâmica dos fluxos de recursos monetários e água.

Estudos a serem considerados futuramente, são a implementação de cenários de mudança na tecnologia (poupadoras de água), que representariam uma mudança estrutural setorial, com e sem mobilidade locacional de setores maiores consumidores de água. Ainda, dentre outras opções pode-se avançar em análises relativas à projeção e quantificação do volume e nível de toxidade dos efluentes lançados nos mananciais, bem como da identificação dos volumes ótimos de águas nos usos e setores por bacia hidrográfica, dentre outras possibilidades.

## 2. LOCALIZAÇÃO DE ATIVIDADES ECONÔMICAS SOB RESTRIÇÃO HÍDRICA

### RESUMO

A água é um recurso importante não somente para atender ao consumo das famílias, mas também para as atividades econômicas em geral. Qualquer tipo de atividade necessita de alguma quantidade de água, mesmo que esta não seja empregada no processo produtivo. Dadas as características inerentes ao processo de decisão quanto a localização das empresas, se determinada atividade econômica for altamente demandante de água, a mesma se moverá em direção à proximidade deste recurso importante. Neste sentido, o planejamento futuro dessas empresas deve considerar regiões em que a disponibilidade hídrica não seja um problema. Para entender a dinâmica espacial do saldo hídrico em uma região de importante escassez hídrica, como a bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ), selecionou-se variáveis ditas econômicas, demográficas e locais que representam o lado da demanda por recursos hídricos. Um modelo de Regressão Geograficamente Ponderada (GWR) foi empregado e os resultados revelam que as variáveis que explicam efetivamente a variável saldo hídrico são o “PIB” (Produto Interno Bruto), “População”, “investimentos públicos” e “lançamentos de efluentes”. Com estas variáveis foi possível fazer inferência estatística espacial em três cenários para o ano 2020. Nestes cenários detectou-se que a região de proximidade dos municípios que pertencem ao estado de Minas Gerais (parte do extremo leste da bacia) terão, maior saldo hídrico que as demais regiões; e que a região central da bacia será mais afetada por escassez severa. Portanto, a área leste da bacia PCJ é mais adequada para instalação de empresas cujas demandas por água são importantes.

### 2.1 INTRODUÇÃO

A localização das atividades econômicas sempre foi uma das preocupações dos estudiosos em economia regional. Isto porque a localização dessas atividades representa impactos importantes nas economias regionais, notadamente com respeito à empregos (diretos e indiretos), geração de renda, desenvolvimento de outras atividades econômicas derivadas, complementares e concorrentes, e arrecadação de impostos.

Nos diversos setores econômicos, por diferenças intrínsecas, a decisão de localização perpassa por um elenco de prioridades vinculadas às suas características básicas; tal como uma indústria intensiva em mão-de-obra que tende a optar por uma localização na qual a oferta de mão-de-obra seja abundante, qualificada e menos custosa.

Em alguns setores, o grau de mobilidade da atividade econômica pode ser elevado, então a rigidez de localização é fraca e a atividade pode ser executada em outra localidade sem maiores problemas. Mas, em outros setores o grau de mobilidade pode ser reduzido e, portanto, a rigidez torna-se importante e dificulta ou até mesmo inviabiliza a transferência da atividade para outra localização.

De maneira geral, teoricamente a localização das atividades, dadas as características dos setores, se dão basicamente por: proximidade da fonte da principal matéria-prima ou fator de produção (terra, mão-de-obra, disponibilidade de energia, recurso natural - água, sol, vento, etc.); proximidade do mercado consumidor; menores custos de transporte; preço dos produtos; economias de escala; e em alguns lugares mais recentemente pode-se citar os incentivos fiscais (Haddad et al; 1989) (Cappelo; 2007) (Fujita, Krugman, Venables; 2001) (Beckmann, Thisse; 1986).

Os setores que produzem bens imateriais, tais como o comércio e alguns tipos de serviços, são voltados ao mercado consumidor. Em outras palavras, se localizam unicamente em função da origem da demanda.

Diferente destes setores, outros podem exibir particularidades. Por exemplo, alguns insumos importantes na produção de certas mercadorias podem não ser processados localmente (na sua origem), como é o caso geralmente dos recursos naturais não-renováveis (por exemplo petróleo, minérios, etc.). Apesar das empresas mineradoras se localizarem na origem da matéria-prima, quase sempre não se faz nenhum tipo de processamento nestes locais. Sendo assim, esses recursos são transportados para alguma transformação em outra localidade. Então, geralmente tem-se uma localização estrategicamente definida que facilita o transporte do produto já transformado para os mercados consumidores.

O processamento local de insumos, ou seja próximo a sua origem, atualmente se dá para poucos produtos. A algumas décadas isso era necessário para uma quantidade maior de produtos, especialmente da indústria agroalimentar. O avanço tecnológico representou uma ampliação importante na abrangência dos mercados alvo e alterou a ação decisória da localização das atividades econômicas.

A disseminação de câmaras frias, o acesso a refrigeradores, novos processos de beneficiamento e embalagem, além do desenvolvimento de produtos químicos para a indústria alimentícia, possibilitaram o prolongamento da vida útil,

armazenagem e transporte dos produtos alimentares. Um exemplo ilustrativo é o do leite; que primeiramente era comercializado apenas nas redondezas de onde o produto era obtido, pois rapidamente tornava-se impróprio para o consumo humano, ou seja, não era possível transportá-lo para mercados consumidores muito distantes. Passado algum tempo surgiram os resfriadores de leite (tanto para a armazenagem na fazenda quanto para o transporte até a indústria) e processos produtivos como a pasteurização e, subsequentemente o processo UHT (*ultra-high temperature*) e novas formas de embalagem, que possibilitaram alguma mobilidade locacional das empresas, bem como a ampliação do mercado consumidor. Em outras palavras, isto tornou possível a oferta do produto com maior prazo de validade e assim, o transporte do produto para mercados mais distantes. (Goodman, Sorj, Wilkinson; 1990)

Um insumo que quase sempre é processado na sua origem é a água captada dos mananciais, e está vinculada às demandas atendidas pelas companhias de tratamento e distribuição de águas. Em casos raros de transposição ou derivação de cursos d'água, o processamento se dá em outra localidade, pois a água servirá a esta última localidade, ou seja, próximo ao mercado consumidor.

A água, para a maioria dos usos, necessita de beneficiamento para que possa ser consumida pelos demandantes. Esses consumidores podem ser as famílias ou empresas dos mais diversos setores. A água se presta a qualquer atividade econômica, ligada direta ou indiretamente ao produto final que a atividade econômica elabore. Em outras palavras, até mesmo as empresas que não usam água nos seus processos produtivos, tais como a grande maioria das empresas dos setores comercial e de serviços, necessitam de alguma quantidade de água para executar a sua atividade. Esses são usos derivados, que ocorrem simplesmente pela existência da atividade econômica.

Geralmente, diferentes atividades econômicas utilizam água em quantidades distintas, a depender da tecnologia de produção e característica do processo produtivo. Essa água deve ser potável ou beneficiada, se o processo produtivo assim requisitar, ou simplesmente pode ser empregada "*in natura*"; ou seja, não necessita de tratamento algum para ser utilizada. Exemplos do emprego de água que deve ser potável ou beneficiada são as indústrias de bebidas, os abatedouros de animais, bem como grande parte da indústria de alimentos. Já a agricultura

irrigada emprega água no seu processo produtivo que não necessita ser beneficiada, entretanto esta deve conter níveis controlados de algumas bactérias, metais pesados e outros componentes que podem coexistir e que são nocivos ao ser humano. Outro exemplo é a água demandada pela indústria siderúrgica, cujos usos são diversos e dentre eles a função de resfriamento de metais fundidos produzidos.

Sendo assim, a depender da localização, quantidade e qualidade da água requisitadas, as indústrias podem captar água diretamente dos mananciais (rios, lagos, subsolo, etc.) e utilizá-las sem tratamento algum, ou ainda beneficiar esta água captada. Outra alternativa é demandar água das companhias de água e saneamento, que são empresas que retiram água dos mananciais, beneficiam e distribuem para as famílias e empresas que a demandam.

Logo, a decisão de localização das empresas, em particular aquelas que utilizam quantidades relevantes de água no seu processo produtivo, deve considerar a disponibilidade de água como fator fundamental na localização das plantas industriais, bem como para a ampliação da capacidade produtiva das empresas.

No Brasil, um exemplo de região economicamente importante e cujo conflito pelo uso da água é destaque, ou seja, o estresse nos usos e a escassez de água se mostram relevantes, é a bacia hidrográfica dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá (PCJ) entre os estados brasileiros de São Paulo e Minas Gerais.

A unidade de análise “bacia hidrográfica” é uma abordagem importante porque é nela que se conforma a oferta hídrica, bem como é neste *locus* que se implementam as políticas de gestão de águas para conservação dos níveis de oferta, qualidade da água, preservação das fontes e mananciais, cobrança pelos usos (que visa o uso racional do recurso água), e estratégias de educação ambiental voltadas para a questão hídrica.

Portanto, dado que a água é importante para qualquer atividade econômica, inclusive para manutenção da sociedade (consumo das famílias), e que existem regiões/bacias hidrográficas com escassez de água e cujos diversos setores econômicos nesta mesma localização se fazem presentes e importantes, tem-se um problema essencial a ser tratado que é a localização das atividades econômicas considerando alguma projeção futura quanto à disponibilidade hídrica. Então, particularmente em empresas nas quais a água é um insumo importante, existe a

necessidade de planejar seu desenvolvimento observando o balanço hídrico da bacia hidrográfica, isso pode implicar na transferência de plantas industriais ou na implantação de novas unidades produtivas. Basicamente esse desenvolvimento é preferível em um ambiente físico cuja disponibilidade hídrica não represente ameaça à produção pelo menos no curto e médio prazos, haja vista que pode haver avanço tecnológico poupador de água, principalmente no longo prazo.

A análise de qualquer balanço hídrico regional revela que dentro de uma mesma bacia hidrográfica a disponibilidade hídrica difere espacialmente. Isto depende da presença de certas fontes de oferta hídrica e grandes núcleos de consumo urbano-populacional, dos níveis de poluentes nas águas, etc. Portanto, é possível mover a atividade econômica (cuja rigidez locacional seja baixa) para localidades não tão distantes da origem. Contudo, ressalta-se outras possíveis estratégias das empresas, tais como se seu objetivo locacional é atingir outros mercados ou a manutenção do mercado corrente.

Azzoni (1982) estudou empiricamente a localização de empresas no Estado de São Paulo e identificou que as variáveis que definem a localização dependem, em algum grau, do tamanho das empresas. Particularmente, identificou que a distância e direção na mudança de localização importa para as empresas, ou seja, para parte significativa das empresas, é indesejável mover-se em grandes distâncias para uma nova localização. Entretanto, de maneira geral, em sua pesquisa, as variáveis que mais influenciaram na localização foram: acesso (uma Proxy de transporte ou fretes), mão-de-obra (qualificação), custo dos terrenos (capital), e fatores pessoais dos empresários; mas em algumas categorias de empresas também são importantes a infraestrutura pública, a disponibilidade de energia, a disponibilidade de transporte e disponibilidade de rede de distribuição de água tratada e esgotos.

Esta análise reforça uma possibilidade bastante plausível de que, para empresas cuja água é um insumo importante na produção, as novas localizações dentro da mesma bacia hidrográfica são preferíveis (por conta das menores distâncias), especialmente em direção às áreas onde a disponibilidade hídrica seja maior.

Feitas estas considerações, o presente ensaio investiga e explica, sob a ótica da econometria espacial (com aplicação de um modelo GWR – Geographically

Weighted Regression que é capaz de capturar heterogeneidades espaciais), a disponibilidade hídrica na bacia PCJ a partir de variáveis socioeconômicas, populacionais e locais. A disponibilidade hídrica é representada pela dispersão espacial do saldo hídrico na bacia hidrográfica, e é um indicador capaz de revelar as regiões onde a água é menos ou mais escassa. Conjuntamente, as demais variáveis representam os fatores que podem explicar o comportamento da disponibilidade hídrica e que eventualmente interferem na localização das atividades econômicas.

Em termos pontuais, o objetivo específico deste estudo é analisar espacialmente as variáveis socioeconômicas, populacionais e locais que influenciam ou determinam o comportamento da variável saldo hídrico, considerando a heterogeneidade espacial existente na bacia hidrográfica em questão. Isto envolve uma análise de indicadores de um sumário estatístico considerando a questão espacial, ou seja, uma extensão da metodologia de análise geograficamente ponderada (dentro do modelo GWR). Ademais, com essas variáveis implementou-se cenários de previsão do saldo hídrico para o ano de 2020. Isto possibilitou o mapeamento dos espaços mais adequados para as escolhas de localização das atividades econômicas que têm demandas importantes de água, e portanto, como resultado o uso mais eficiente do recurso hídrico.

## **2.2 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL E USOS DOS RECURSOS HÍDRICOS**

Problemas de disponibilidade hídrica na Bacia PCJ são observados ao longo das últimas décadas, a partir disso tornou-se necessária a organização do setor hídrico na bacia, e então foram criados os órgãos de gestão dos recursos hídricos e o estabelecimento de um mercado para o produto “água”. A bacia PCJ foi uma das primeiras bacias hidrográficas brasileiras a instituir um comitê de gestão e agência reguladora da atividade hídrica. Além disso, o comitê gestor desta bacia hidrográfica implementou um sistema de cobrança pelos usos dos recursos hídricos. Seu objetivo primário visou a melhoria e preservação dos recursos hídricos no sistema de produção hídrico da bacia, uma vez que a cobrança estimula os agentes a utilizarem racionalmente o recurso hídrico. Complementarmente, os recursos financeiros

advindos da cobrança pela utilização dos recursos hídricos são destinados a melhorias e manutenção nos corpos hídricos da própria bacia.

A localização geográfica da bacia PCJ está entre as latitudes sul 22°00' e 23°20' e longitudes oeste 45°50' e 48°30'. Sua abrangência territorial é de 15.303,67 km<sup>2</sup>, sendo 14.137,79 km<sup>2</sup> no Estado de São Paulo e 1.165,88 km<sup>2</sup> no Estado de Minas Gerais (Agência PCJ, 2010); na figura 2-1 pode-se visualizar a localização da bacia. Esta bacia é caracterizada por uma densidade populacional de 337 hab/km<sup>2</sup>, e tem aproximadamente 96% da população vivendo nas cidades, ou seja, é uma região de grande ocupação comparativamente à totalidade do estado de São Paulo (maior área de abrangência da bacia PCJ) que é de 116 hab/km<sup>2</sup>.<sup>18</sup>



Figura 2-1: Localização das bacias PCJ

Fonte: Lahoz, 2013.

Esta bacia tem grande importância econômica, pois produz cerca 4,7% do PIB brasileiro e 8,5% do PIB da região sudeste. Quanto ao valor adicionado gerado na bacia PCJ, 1% é oriundo do setor agropecuário, 35% se refere ao setor industrial e 57% ao setor de comércio e serviços. Portanto, as atividades econômicas preponderantes na bacia são principalmente destes últimos setores.<sup>19</sup>

<sup>18</sup> IBGE - Censo demográfico 2010 (2014).

<sup>19</sup> IBGE - PIB municipal (2013).



Demograficamente a bacia PCJ também é relevante pois nela residem mais de 5 milhões de pessoas, aproximadamente 6,5% da população da região sudeste e 3% da população brasileira.

Outra questão importante é que a bacia PCJ é exportadora de águas (via transposição) para a bacia Alto Tietê (AT), que engloba a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), e para a bacia dos rios Sorocaba e Médio Tietê (SMT). Em termos numéricos<sup>20</sup>, são transpostos cerca de 33 m<sup>3</sup>/s da bacia PCJ pelo Sistema Cantareira, a depender da época do ano e das condições de disponibilidade na bacia PCJ. O Sistema Cantareira é composto por um conjunto de reservatórios e canais/dutos que armazenam e transportam água na direção da RMSP. Logo, isso impacta a disponibilidade hídrica interna da bacia PCJ, e em épocas de escassez extrema pode comprometer vários usos locais dos recursos hídricos.

Em termos de captação direta de água dos mananciais (Tabela 2-1), dos grandes grupos de usuários de recursos hídricos, o setor SIUP relacionado a Captação e Tratamento de Águas é responsável por aproximadamente 79% de toda a água captada que é distribuída à população por meio das empresas de água e tratamento de efluentes. O setor Indústria responde por cerca de 15% do total de água captada; os setores de Agricultura, Mineração, Geração de Energia Elétrica e Comércio e Serviços respondem pelos restantes 6% de toda água captada.

Tabela 2-1: Proporções setoriais (%) dos usos dos recursos hídricos: Captação, Lançamento e Consumo - 2013

Setores	Captação (%)	Lançamento (%)	Consumo (Lanc/Capt) (%)
Agropecuária	1,0	0,2	6,4
Mineração	1,6	1,7	33,8
Indústria	14,9	22,9	49,3
Geração de Energia Elétrica	3,0	9,3	99,8
Captação e Tratamento de Águas / Esgotos	79,2	65,5	26,5
Comércio e Serviços	0,3	0,4	53,5
Total	-	-	32,0

Fonte: CNARH – ANA (2013)

<sup>20</sup> CNARH – ANA (2013); Agência PCJ (2010).

Por outro lado, parte significativa da utilização das águas produzem lançamentos de dejetos diluídos, por vezes tratados quimicamente, e que retornam aos mananciais. O setor de Captação e Tratamento de Esgotos é responsável por pouco mais de 65% de todo montante de lançamentos, seguido do setor Indústria.

Ao analisar-se o consumo de águas (diferença entre o volume captado e devolvido via lançamentos) como proporção de volumes (captação/lançamentos) percebe-se que existem setores que são grandes consumidores de águas, os quais revelam certa ineficiência na utilização do recurso água. O setor que consome volumes maiores de águas (proporcionalmente a sua captação) é a agropecuária. Este setor devolve diretamente aos mananciais apenas 6,4% do montante captado (consumo de 93,6%), ou seja, grande parte das águas não retornam ao manancial e, como parte desta água está “incorporada” em produtos (via processo produtivo), não retornará em nenhum momento. Complementarmente, a ineficiência na utilização de alguns sistemas de irrigação eleva o desperdício de água no processo produtivo, sendo que este poderia ser certamente mais eficaz. Contudo, o montante de águas destinado à agricultura é pequeno em relação ao total captado (1%).

O setor de SIUP de Captação e Tratamento de Águas/Esgotos lança ou devolve aos mananciais, apenas 26,5% do montante que capta e distribui para as residências e demais setores da economia (consumo de 73,5%). A exemplo da agropecuária, parte deste recurso hídrico também está “incorporado” em produtos, por isso não retorna aos rios e similares. Mas, não se pode desprezar uma possibilidade razoável de que parte destas águas é perdida ou desperdiçada pelo sistema de distribuição, e que outra parte é devolvida aos cursos d’água, sem o devido tratamento (ou seja, não passam pelas empresas de águas e tratamento de efluentes), logo sem o devido registro nos órgãos competentes (comitês de bacia e agência de águas).

O setor Indústria também devolve quantidades pequenas comparativamente ao montante que capta (49,3%), ou seja, o consumo de águas é elevado – cerca de 50,7%. Este indicador, para um melhor entendimento, reflete somente a quantidade de águas que é extraída diretamente dos mananciais. Por exemplo, não está computado nestes valores, a quantidade de águas que as empresas industriais demandam diretamente das companhias de águas e saneamento. Neste caso específico, este volume está agrupado ao setor de Captação e Tratamento de

Águas/Esgotos. Mas, em relação às águas captadas dos mananciais diretamente pelo setor Indústria, novamente, parte desta água está “incorporada” em produtos. Contudo, pode haver devolução aos cursos d’água sem o devido tratamento dos efluentes, e registro nas autoridades competentes.

O setor Mineração lança 33,8% do volume que capta (consome 66,2%), mas o volume total de captação não é elevado, comparado os setores Indústria e Captação e Tratamento de Águas/Esgotos. A principal atividade deste setor é a extração de areias de rios e riachos, cujo processo produtivo utilizado implica em perdas de água no processo de armazenagem e transporte do produto. Contudo, o emprego de processos mais avançados de produção poderiam evitar algum volume desperdiçado.

O montante de águas captado e lançado pelo setor de Geração de Energia é expressivo e, nota-se que existe apenas algum consumo residual referente ao processo de produção de energia. Neste caso, existe alguma perda de água no processo de produção de energia elétrica, principalmente no armazenamento de água nas represas. Quanto maior o “espelho d’água” dos reservatórios maior é a evapotranspiração da água, e esta não necessariamente precipitará na mesma bacia hidrográfica, dado pelas correntes de ar.

O setor Comércio e Serviços consome cerca de 53% da água que capta (47% são devolvidos). Este consumo está ligado frequentemente às atividades de empresas tais como “lava carros” e atividades similares, daí um certo consumo do recurso hídrico.

Então, ao analisar-se a totalidade desses usos de águas (captação, lançamento de efluentes e consumo) observa-se que os setores cuja captação e consumo são elevados (ambos em termos de volume), são: SIUP -Captação e Tratamento de Águas/Esgoto; e Indústria. Em outras palavras, grande parte do desequilíbrio hídrico da bacia pode ser atribuído a estes setores. Nestes, destaca-se uma elevada taxa de consumo, o que revela que esses usos de água não são eficientes, pois são usos altamente consuntivos<sup>21</sup> e deveriam se localizar em regiões onde o recurso hídrico é abundante (diferente da realidade da bacia PCJ).

Geralmente a tomada de decisões das empresas quanto à questão da localização envolve algum tipo de reflexão espacial, particularmente sob a ótica das

---

<sup>21</sup> Usos de recursos hídricos que consomem quantidades de água, ao invés de devolver ao manancial.

variáveis mais importantes, dadas as características do seu processo produtivo. Logo, a disponibilidade hídrica, que é importante para diversos tipos de atividades econômicas, deve ser integrada de alguma forma a este tipo de análise.

### **2.3 GWR – CENÁRIO E APLICAÇÕES**

Uma das metodologias mais utilizadas para se avaliar questões espaciais em economia é a estatística espacial, que se costumou chamar de econometria espacial. Porém, quando se pretende obter o mapeamento de alguma variável e fazer inferência estatística espacial, principalmente com uso de variáveis consideradas naturais (precipitação, composição do solo, umidade, etc), normalmente se lança mão de ferramentas da geoestatística, tais como krigagem e cokrigagem. No entanto, estas metodologias exigem que as variáveis sejam estacionárias no espaço, ou seja pressupõe alguma homogeneidade espacial, isto para que se possa implementar de forma segura, os procedimentos de interpolação (krigagem e cokrigagem) e inferência. Mas, algumas variáveis naturais e grande parte das variáveis sociais, econômicas e demográficas, são essencialmente não-estacionárias, ou seja, são caracteristicamente heterogêneas espacialmente. Isto, dadas pelas características do comportamento humano, da localização e intensidade e tipo das atividades econômicas e das aglomerações (pessoas e economias), dentre outros fatores.

Os métodos econométricos tradicionais tais como os modelos de defasagem espacial, modelo de erro autoregressivo espacial, modelo de defasagem e erro autoregressivo espacial, modelo regressivo cruzado espacial, dentre outros, não se caracterizam por uma abordagem que capta a heterogeneidade espacial. Isto porque, como modelos paramétricos, a sua aplicação resulta num conjunto de parâmetros ou coeficientes que revelam as influências de determinadas variáveis dentro de um referido modelo. Contudo, os resultados de cada regressão apresentam apenas um coeficiente para cada uma das variáveis, o que significa uma expressão única daquela variável em todo espaço analisado. Em outras palavras, diz-se que determinado coeficiente representa o comportamento de

determinada variável em qualquer porção espacial analisada (qualquer parte ou região do mapa analisado), o que nem sempre é uma verdade. Logo, tratam-se de modelos que não captam a heterogeneidade espacial. (Fotheringham, Charlton e Brunson; 1998).

Alternativamente a estes modelos, a regressão geograficamente ponderada (GWR – *Geographically Weighted Regression*) supera essa dificuldade e torna possível captar a heterogeneidade inerente às variáveis. Sinteticamente, este tipo de regressão fornece um conjunto de coeficientes estimados ao longo de uma curva de distribuição, tal qual os modelos de regressão quantílica, no âmbito das análises *cross-section*. Com isso é possível visualizar as variações nos coeficientes ao longo do espaço analisado para cada variável, e são esses coeficientes que sintetizam a heterogeneidade intrínseca ao fenômeno estudado.

As análises estatísticas com o uso de GWR são recentes, assim como é recente o seu uso em estudos que envolvem variáveis socioeconômicas. Isto porque o desenvolvimento do método e suas primeiras aplicações datam dos anos 1990. Dentre os primeiros estudos publicados utilizando esta metodologia, identifica-se objetivos tais como a avaliação da não-estacionariedade de variáveis e seu reflexo nos parâmetros estimados em regressões GWR (Fotheringham; Charlton e Brunson; 1996).

Os modelos GWR têm sido mais intensamente utilizados na área das geociências (geografia, pedologia, geologia, hidrologia e biologia). Em grande parte, os usuários deste método se utilizam de variáveis naturais (precipitação, características do solo, temperatura, etc.) em suas análises. Alguns estudos envolvem variáveis socioeconômicas, mas geralmente relacionadas ao campo da geografia humana e planejamento urbano.

Alguns poucos estudos com GWR tem abordagem pela regionalização de bacias hidrográficas, e são especialmente focados em questões não-econômicas. Assim, não é possível encontrar na bibliografia nacional e internacional disponível, aplicações associando a regionalização do tipo bacia hidrográfica e o emprego de variáveis socioeconômicas para avaliar e explicar o comportamento de variáveis naturais, tais como a disponibilidade hídrica.

Portanto, o estudo aqui implementado é inédito pois utiliza um modelo GWR em uma nova “frente” de aplicações, bem como propõe a análise do comportamento

espacial da disponibilidade hídrica em uma bacia hidrográfica, através de variáveis (socioeconômicas) associadas à demanda hídrica. Complementarmente, a partir deste modelo, foi possível implementar cenários futuros e fazer inferência estatística espacial para entender o comportamento da disponibilidade hídrica futura (2020).

Existem alguns estudos com a aplicação da GWR à questões voltadas aos recursos hídricos, mas quase sempre com o intuito de analisar componentes da oferta hídrica, qualidade dos recursos hídricos, contaminação de mananciais, umidade e porosidade do solo, precipitação, etc.

Brunsdon, McClatchey e Unwin (2001) explicam, utilizando um modelo GWR, o nível de precipitação através da variável altitude. Este estudo foi implementado para a Grã-Bretanha com uma base de dados para os anos de 1961 a 1990. Concluiu-se que devido a não-estacionariedade, a precipitação se altera significativamente de acordo com o nível de altitude, bem como entre as regiões, principalmente onde as altitudes diferem.

Harris, Fotheringham e Juggins (2010) investigaram as relações espaciais entre as informações de acidificação da água doce em suas cargas críticas, observando dados contextuais de captação de água. A pesquisa teve como abrangência a Grã-Bretanha, cujos dados se referem aos anos de 1992 a 1994 para as variáveis acidez da água, tipo de cobertura das áreas e indicadores de qualidade de água. Os resultados mostraram que as cargas críticas e captações variam significativamente ao longo do espaço, o que revela uma heterogeneidade espacial importante das variáveis.

Balling, Gober e Jones (2008) estudaram, na cidade de Phoenix – estado do Arizona nos USA -, pelo lado da demanda hídrica, as variações espaciais intra-urbanas com respeito a sensibilidade do consumo de água residencial devido às condições atmosféricas e de disponibilidade hídrica. A amplitude da pesquisa foi de 230 setores censitários entre os anos de 1995 a 2004, e utilizou dados de anomalias mensais de consumo. As demais variáveis utilizadas foram séries de médias de temperaturas, precipitação, índice hidrológico, dados demográficos e socioeconômicos dos consumidores. As conclusões indicam que o consumo de água de 1/3 dos setores censitários tem baixa ou nenhuma sensibilidade às variações no clima, isto em um período no qual houve mais de 70% de variação na oferta de água explicada pelas condições atmosféricas. A maior sensibilidade às

condições atmosféricas ocorreu em setores censitários cujos lotes residenciais são maiores, e com a presença de piscinas e elevada proporção de áreas a serem irrigadas (quintais), e cujos moradores são de alta renda. Contrariamente, baixa sensibilidade foi observada em bairros de predominância de população hispânica e de famílias grandes. Os resultados sugerem ainda que os bairros característicos de moradia de população não-hispânica serão desproporcionalmente afetados pelo aumento das temperaturas devido aos efeitos de ilhas de calor e acúmulo de gases do efeito estufa.

Chang e Psaris (2013) se dedicaram a identificar os padrões espaciais e os fatores de paisagem que afetam os índices de sensibilidade térmica e temperatura máxima do regime térmico. Este estudo envolveu dados de diversas fontes e datas, além de dados de 74 estações de amostragem na bacia do Rio Columbia, que engloba diversos estados e áreas parciais de outros estados da costa oeste dos USA. Como resultado, o modelo explicou 62% da variação dos índices. Os coeficientes de ocupação do solo apresentaram valores positivos e negativos, o que sugere que a importância relativa da floresta muda ao longo do espaço. Os coeficientes variam espacialmente e estão associados a cobertura do solo, hidrologia e variáveis topográficas.

Outros estudos que envolvem variáveis socioeconômicas, mas que não tratam a questão hídrica, também podem ser identificados na literatura. Estes estudos são geralmente referentes às questões de planejamento urbano, geografia humana e desenvolvimento econômico.

Brunsdon, Fotheringham e Charlton (1998) investigaram a não-estacionariedade de variáveis demográficas e socioeconômicas no sentido de entender a presença e a influência sobre a qualidade de vida, em termos espaciais, de pessoas com doenças limitadoras de mobilidade. As variáveis selecionadas foram extraídas do censo demográfico de 1991 da Grã-Bretanha: proporção de famílias com mais de uma pessoa por cômodo na residência, densidade da enfermidade, proporção de homens desempregados, proporção de chefes de família empregados em ocupações superiores, proporção da presença de parentes na área. Os resultados demonstram que a medida de densidade da enfermidade e a presença de mais de uma pessoa por cômodo são não-estacionárias e explicam o comportamento espacial da enfermidade.

Ghosh e Manson (2008) utilizaram uma abordagem híbrida na aplicação da GWR. Implementaram, além do modelo GWR, uma análise espacial robusta de componentes principais (PCARobust) por GWR. Com essas metodologias, examinaram a urbanização como função do uso do solo urbano e do efeito de fatores sociais e ambientais nas cidades da região metropolitana de Twins Cities (Minneapolis e St Paul) em Minnesota. Foram utilizados dados de sensoriamento remoto para tratar a urbanização através de uma Proxy de superfície impermeável. Concluiu-se que existe heterogeneidade espacial significativa nas relações entre a proporção de superfície impermeável e os fatores explicativos da urbanização. Essa heterogeneidade é atribuída ao alastramento do uso da terra urbana, que se moveu para fora do núcleo das cidades gêmeas através dos subúrbios.

Cardozo, Garcia-Palomares e Gutierrez (2012) estimaram uma função para o número de passageiros que embarcam em cada estação de metrô na cidade de Madrid na Espanha. Foram utilizadas variáveis que representam as características das estações e das regiões que estas estações servem (indicadores demográficos, sociais e econômicos). Essas variáveis foram: população, total de postos de trabalho, total de trabalhadores, número de famílias sem veículo próprio, uso da terra, densidade de ruas, número de linhas de metrô, número de linhas de ônibus e número de linhas de ônibus suburbanos. A conclusão reportou que o modelo GWR resulta em melhores resultados do que modelos tradicionais, isto porque capta as mudanças espaciais. Além disso, concluiu-se que os resultados obtidos pelo modelo sobre a variação espacial das elasticidades e sua significância estatística fornecem resultados mais realistas e úteis que outros métodos.

Partridge, Rickman, Ali e Olfert (2008) obtiveram uma medida para o crescimento econômico de cidades não-metropolitanas nos USA. O estudo envolveu 1972 municípios com respeito às seguintes variáveis: Percentual de mudança (municipal) no emprego entre 1990-2004, densidade populacional, indicador de amenidades, distância da área rural para o centro urbano mais próximo (medida de hierarquia), diferenciais de salários, e capital humano, além de outras variáveis socioeconômicas e demográficas. Os resultados apresentaram a superioridade do modelo GWR sobre o modelo de regressão tradicional (MQO – Mínimos Quadrados Ordinários), bem como do modelo SEM (modelo de erro espacial). Concluiu-se que, apesar de existir autocorrelação espacial, a mediana do modelo GWR é similar aos



resultados obtidos pelo modelo OLS (Mínimos Quadrados Ordinários) e SEM. Por isso, a autocorrelação representa apenas um pequeno incômodo que não ameaça os resultados. Quanto aos resultados, apenas algumas poucas variáveis demográficas e sociais não se apresentaram significativas, mas mostraram diferenças espaciais substanciais, revelando heterogeneidade espacial no crescimento do emprego.

A implementação de estudos com GWR em espacialidades brasileiras pode ser encontrado em Almeida (2011), que avaliou, a partir de dados dos anos entre 1993 a 2003, se relações tais como retornos de escala e efeitos de *catch-up* são estacionárias para o setor agrícola nas microrregiões brasileiras. Os principais resultados revelam que existe tanto retornos crescentes de escala, quanto efeitos *catch-up* em termos globais e locais. Ainda, a dependência espacial foi representada por um modelo de defasagem espacial local.

Leyk, Norlund e Nuckols (2012) determinaram o grau de estacionariedade das mortes de crianças por diarreia em microrregiões brasileiras de extensão geográfica diferente, além do poder explicativo dos fatores de risco em cada região, e se as informações se alteram no espaço. A partir de dados do ano 2000, os resultados apresentaram que a utilização de diferentes “tamanhos de bandas” (o tamanho da vizinhança) influenciou fortemente nos resultados. No noroeste do Brasil e em outras áreas, o analfabetismo é não-significante nos modelos de escala regional, embora fosse significativa no modelo de escala nacional, apesar de ter associação positiva nos LISAs<sup>22</sup>. Isto sugeriu algumas limitações na abordagem.

## 2.4 A METODOLOGIA GW

Uma característica essencial na modelagem geograficamente ponderada (GW) é uma função de pesos espaciais que quantifica as relações espaciais, ou a dependência espacial, entre as variáveis observadas. A função  $W(u_i, v_i)$  é uma matriz diagonal  $(n \times n)$ <sup>23</sup> que denota os pesos geográficos de cada observação no

<sup>22</sup> *Local Indicator of Spatial Association*, que são mapas de associação espacial.

<sup>23</sup>  $n$  é o número de observações.

espaço para a calibragem do modelo no ponto " $i$ " na localização  $(u_i, v_i)$ , portanto, tem-se uma matriz diagonal diferente para cada ponto observado no espaço.

As matrizes de pesos são construídas considerando o tipo de distância descrito na matriz de informações (metros, graus decimais, etc.)<sup>24</sup>, a função kernel representativa dos dados e a "largura da banda" (distância de influência das observações – por exemplo, como determinado ponto no espaço influencia outros pontos no espaço até determinada distância) (Gollini et al; 2013).

A função kernel utilizada em estudos empíricos é escolhida de acordo com a melhor aderência aos dados que se está analisando. As mais utilizadas são as funções kernel gaussiana, exponencial, box-car, bi-quadrada e tri-cubica. As funções kernel gaussiana e exponencial são funções contínuas da distância entre dois pontos. Os pesos são no máximo iguais a 1 (um) para uma observação, e decrescem de acordo com uma curva gaussiana ou exponencial em função do crescimento da distância entre os pontos de observação.

A função kernel box-car é uma função de pesos simples descontínua que exclui observações que são mais distantes que alguma distância " $b$ " do ponto de determinada observação no modelo. Assim, os pesos serão 0 (zero) a partir de tal distância e 1 (um) em distâncias menores.

As funções kernel bi-quadrada e tri-cubica são descontínuas que dão peso nulo (ou zero) para observações com uma distância maior que " $b$ ". Mas, diferente da função box-car, essas funções imputam pesos que decrescem com o aumento das distâncias entre os pontos no espaço; comportamento semelhante às funções gaussiana e exponencial.

As expressões matemáticas das funções kernel podem ser observadas no quadro 1, que inclui ainda o caso em que os pesos são iguais (1) para todas as observações no espaço (que é o caso dos MQO – Mínimos quadrados ordinários para dados *cross-section*).

O parâmetro " $b$ " é importante em especial para as funções descontínuas, e pode ser determinado como uma distância fixa (obtida a partir de alguma relação das variáveis no espaço), ou um número fixo de dados/vizinhos (distância adaptativa). Para funções contínuas, a largura da banda ( $b$ ) pode ser especificada de duas formas: como distância fixa; ou como uma quantidade fixa que reflete o

---

<sup>24</sup> No estudo proposto utilizou-se a distância em metros sob a métrica euclideana.

tamanho da amostra local. Em outras palavras, mantém uma distância adaptativa mas o tamanho da amostra será igual àquele das funções contínuas (ou seja, toda a amostra). Uma largura de banda contínua se adéqua às configurações de uma amostra regular, enquanto uma largura de banda adaptativa se ajusta às configurações de amostras altamente irregulares (Gollini et al; 2013) (Brunsdon, Fotheringham e Charlton; 2002).

Função Kernel <sup>25</sup>	Expressão
Global (MQO)	$w_{ij} = 1$
Gaussiana	$w_{ij} = \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right)$
Exponencial	$w_{ij} = \exp\left(-\frac{ d_{ij} }{b}\right)$
Bi-quadrada	$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^2\right)^2 & \text{se }  d_{ij}  < b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Tri-Cúbica	$w_{ij} = \begin{cases} \left(1 - \left(\frac{d_{ij}}{b}\right)^3\right)^3 & \text{se }  d_{ij}  < b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$
Box-Car	$w_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{se }  d_{ij}  < b \\ 0 & \text{caso contrário} \end{cases}$

Figura 2-2: Funções Kernel Espaciais

Fonte: Gollini et al (2013)

<sup>25</sup>  $w_{ij}$  é o j-ésimo elemento da matriz diagonal de pesos geográficos  $W(u_i, v_i)$ , e  $d_{ij}$  é a distância entre as observações  $i$  e  $j$ , e " $b$ " é a largura da banda.

A largura da banda ( $b$ ) para modelos GW pode ser especificada de forma *ad-hoc* ou encontrada utilizando-se de procedimento automatizado via validação cruzada. Este procedimento pode ser representado pela seguinte expressão:

$$CV = \sum_{i=1}^n [y_i - \hat{y}_{\neq i}(b)]^2 \quad (1)$$

Em que, no escore de validação cruzada (CV),  $\hat{y}_{\neq i}(b)$  é o valor ajustado de  $y_i$  com as observações do ponto  $i$  omitidas do processo de calibração. Esta abordagem tem a propriedade desejável de neutralizar o efeito “*wrap-around*”, pois quando  $b$  se torna muito pequeno, o modelo é calibrado somente com amostras próximas de  $i$ , e não em  $i$  propriamente. Neste processo é escolhido o menor valor do escore de validação cruzada, e este produz diretamente um valor ótimo para a largura da banda (Fotheringham, Brunson e Charlton; 2002).

#### 2.4.1 SUMÁRIO ESTATÍSTICO

Para quaisquer atributos  $z$  e  $y$  em qualquer localização  $i$ , em que  $w_{ij}$  se ajusta a alguma função kernel, as definições de média, desvio-padrão, assimetria e coeficiente de correlação de Pearson para o modelo GW são dados respectivamente por:

$$m(z_i) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} z_j}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (2)$$

$$s(z_i) = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (z_j - m(z_i))^2}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}} \quad (3)$$

$$b(z_i) = \frac{\sqrt[3]{\frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} (z_j - m(z_i))^3}{\sum_{j=1}^n w_{ij}}}}{s(z_i)} \quad (4)$$

$$\rho(z_i, y_i) = \frac{c(z_i, y_i)}{s(z_i)s(y_i)} \quad (5)$$

Em que  $c(z_i, y_i)$  é a covariância entre os atributos  $z$  e  $y$ , e é dada por:

$$c(z_i, y_i) = \frac{\sum_{j=1}^n w_{ij} [(z_j - m(z_i))(y_j - m(y_i))]}{\sum_{j=1}^n w_{ij}} \quad (6)$$

Uma forma de reduzir a influência de observações discrepantes que inflam a variância da amostra é a utilização de estimativas robustas (cuja abordagem utiliza a mesma formulação matemática padrão, porém com os cálculos efetuados por quartis).

Esses indicadores estatísticos oferecem uma visão preliminar das variáveis e das relações entre as variáveis. Por exemplo, altas correlações são sintomas de colinearidade, bem como a sua disposição e das médias e desvios-padrão locais dão sinais indicativos de possível não-estacionariedade das variáveis.

#### 2.4.2 A ESCOLHA DO MODELO E A GWR ROBUSTA

Na regressão geograficamente ponderada (GWR) as relações espacialmente variáveis são exploradas entre a variável dependente e outras variáveis independentes. Isto consiste em mapear as estimativas de coeficientes locais de regressão para determinar a evidência de não-estacionariedade. A forma do modelo de regressão GW é:

$$y_i = \beta_{i0} + \sum_{k=1}^m \beta_{ik} x_{ik} + \epsilon_i \quad (7)$$

Em que,  $y_i$  é a variável dependente na localização  $i$ ;  $x_{ik}$  é o valor da  $k$ -ésima variável independente na localização  $i$ ;  $m$  é o número de variáveis independentes;  $\beta_{i0}$  é o parâmetro de intercepto na localização  $i$ ;  $\beta_{ik}$  é o coeficiente

local de regressão para a  $k$ -ésima variável independente na localização  $i$ ; e  $\epsilon_i$  é o erro aleatório na localização  $i$ .

Como os dados são geograficamente ponderados, observações vizinhas têm maior influência, no conjunto de coeficientes locais de regressão, que observações mais distantes. O modelo mede as relações em volta de cada ponto de regressão  $i$ , em que cada conjunto de coeficientes de regressão é estimado por uma abordagem de mínimos quadrados ponderados. A expressão matricial para esta estimativa é:

$$\hat{\beta}_i = (X^T W(u_i, v_i) X)^{-1} X^T W(u_i, v_i) y \quad (8)$$

Em que,  $X$  é uma matriz de variáveis independentes com uma coluna de valores iguais a 1 para o intercepto;  $y$  é um vetor da variável dependente;  $\hat{\beta}_i = (\beta_{i0}, \dots, \beta_{im})^T$  é o vetor de  $m + 1$  coeficientes locais de regressão; e  $W_i$  é a matriz diagonal representando os pesos geográficos de cada observação no espaço do ponto de regressão  $i$  na localização  $(u_i, v_i)$ . Este peso é determinado por alguma função kernel.

A escolha do modelo (variáveis a serem incluídas no modelo) ótimo para as regressões GW pode ser obtido pela minimização de um modelo diagnóstico de ajustamento, tal como o AICc que é uma correção do AIC básico (critério de informação de Akaike) (que apenas computa a parcimônia do modelo). O AICc computa também o trade-off entre acurácia de inferência e complexidade, mas também é uma função do tamanho da amostra. Neste caso, os modelos ajustados resultantes de pequenas amostras sofrem alta punição em comparação aos modelos de grandes amostras. Então, para um GWR com uma dada "largura de banda"  $b$ , o AICc pode ser encontrado por:

$$AICc(b) = 2n \ln(\hat{\sigma}) + n \ln(2\pi) + n \left\{ \frac{n + tr(S)}{n - 2 - tr(S)} \right\} \quad (9)$$

Em que, " $n$ " é o tamanho da amostra local, de acordo com " $b$ ";  $\hat{\sigma}$  é o desvio-padrão estimado do termo de erro; e  $tr(S)$  é o traço da matriz estimada  $S$ , a qual é uma matriz projetada dos dados observados  $y$ , contra os valores ajustados  $\hat{y}$ .

Paralelamente, na regressão robusta, para identificar e reduzir os efeitos de observações discrepantes (alta variância) na regressão GW, reajusta-se uma GWR com um conjunto de dados filtrados. Este conjunto pode ser encontrado com a remoção de observações que correspondem a resíduos bastante elevados em uma GWR inicialmente ajustada. Um resíduo bastante elevado em uma dada regressão na localização  $i$  é definido como:

$$r_i = \frac{e_i}{\hat{\sigma}_{-1}\sqrt{q_{ii}}} \quad (10)$$

Em que,  $e_i$  é o resíduo na localização  $i$ ;  $\hat{\sigma}_{-1}$  é a estimativa excludente de  $\hat{\sigma}$ ; e  $q_{ii}$  é o  $i$ -ésimo elemento de  $(I - S)(I - S)^T$ . As observações são consideradas discrepantes e filtradas dos dados se elas tem um  $|r_i| > 3$ .

#### 2.4.3 COLINEARIDADE

Um problema estatístico que tem sido reconhecido em alguns modelos de regressão é a colinearidade entre as variáveis independentes. Os efeitos da colinearidade incluem a perda de precisão e do poder explicativo dos coeficientes. A colinearidade é destacadamente danosa aos modelos GWR e seus efeitos podem ser mais facilmente encontrados em pequenas amostras espaciais. Ademais, se os dados são espacialmente heterogêneos em termos de sua estrutura de correlação, algumas localidades podem exibir colinearidade enquanto outras podem não demonstrar esse problema.

Em ambos casos, a colinearidade pode ser uma fonte de problemas nos modelos GWR mesmo quando não existe evidência disso no modelo MQO. Uma complicação adicional pode ocorrer se uma variável tem variação espacial local pequena, mas mesmo assim é possível haver colinearidade pelo efeito do intercepto.

A colinearidade pode ser identificada pelo uso do “número de condição” da matriz do produto cruzado ( $X^T X$ ). O número de condição computa as variáveis

independentes conjuntamente. Embora não indique que as variáveis estão causando o problema, o “número de condição local” indica onde a análise deve avançar com cautela. Existem muitas possíveis ações ao se descobrir níveis elevados de colinearidade nas variáveis independentes. Essas ações incluem não fazer nada (mas nesse caso os coeficientes espaciais podem estar equivocados), remover as variáveis colineares, transformar as variáveis em alguma forma ortogonal, ou utilizar outra família de estimadores (Gollini et al; 2013)

O número de condição é medido utilizando uma matriz obtida pelo método destacado por Besley et al (1980). Este método designado BKW requer que as colunas da matriz sejam escalonadas para terem tamanho 1; o número de condição é uma taxa do maior para o menor valor singular desta matriz. Algebricamente::

$$K(X^T X) = \left( \frac{\lambda_{\max}}{\lambda_{\min}} \right)^{1/2} \geq 1 \quad (11)$$

Em que,  $\lambda$  é o autovalor da matriz  $(X^T X)$  (Bechelli; 1994).

#### 2.4.4 AUTOCORRELAÇÃO ESPACIAL

Outro problema inerente às regressões espaciais é a presença de autocorrelação espacial a qual pode ser identificada pelas autocorrelações pareadas de Pearson (obtidas via sumário estatístico GW), bem como pelas correlações locais univariadas de Moran. Esta última é obtida através da seguinte equação:

$$I_i = z_i \sum_j w_{ij} z_j \quad (12)$$

Em que,  $I_i$  é o indicador local de correlação de Moran;  $z_i$  e  $z_j$  são os desvios em torno da média; e a somatória sobre  $j$  é tal que, somente os valores vizinhos  $j \in j_i$  são incluídos. Para uma fácil interpretação, os pesos  $w_{ij}$  podem ser padronizados em linha embora não seja necessário (Anselin; 1995).



Os efeitos em regressões GWR cujos dados reflitam a autocorrelação, são a influência nos coeficientes estimados das variáveis do modelo, bem como a inconsistência dos indicadores de diagnóstico do modelo. Isto porque interferem na grandeza dos coeficientes e nas estimativas de indicadores importantes tais como a média, variância, etc.

#### 2.4.5 NÃO-ESTACIONARIEDADE ESPACIAL OU HETEROCEDASTICIDADE

Apesar da própria essência do método GWR, que é estimar coeficientes ao longo da distribuição dos dados, e que isso, de certa forma, minimiza os problemas da variância inconstante, a depender do grau da oscilação desta variância, ainda pode haver uma ameaça aos testes de consistência do modelo. Em outras palavras, quer dizer que a variância estimada pode ser viesada, o que leva a uma superestimativa ou subestimativa da variância real. Sendo assim, não se deve empregá-la na maioria dos testes habituais do modelo. Os modelos GWR básicos assumem que o termo de erro é normalmente distribuído, com média zero e variância constante (ou seja, estacionariedade) na região estudada ( $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ).

Uma extensão do modelo GWR, que visa minimizar os problemas da heterocedasticidade, permite a obtenção de coeficientes e estimadores da variância, a partir de uma variância do erro não-estacionária ( $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2(u_i, v_i))$ ) (Fotheringham, Brunson e Charlton; 2002) (Harris, Brunson e Fotheringham; 2011). Nesta extensão, uma função kernel é utilizada tanto para controlar as estimativas dos coeficientes, quanto para controlar as variâncias locais do erro. Essas variâncias são aproximadas pelo quadrado dos resíduos ( $e^2$ ) (Lu et al; 2013)

A utilização de variâncias do erro não-estacionárias pode ser vantajosa, pois objetiva melhorar a medida de incerteza, bem como identificar *outliers*. Testes de Monte Carlo por GW são eficazes para determinar o grau de não-estacionariedade no modelo.

#### 2.4.6 GWR E INFERÊNCIA ESPACIAL

A utilização de modelos GWR em inferência estatística espacial tem se tornado paulatinamente mais frequente. Como exemplo tem-se os estudos feitos por Páez, Long e Farber (2008) e Lloyd (2010), em que, respectivamente, fazem inferência para a segmentação do mercado habitacional em Toronto – Canadá, e predição dos volumes mensais de água por precipitação no Reino Unido. Algebricamente, a inferência na localização  $s$  pode ser encontrado por:

$$\hat{y}_{GWR}(s) = x(s)^T \hat{\beta}(s) \quad (13)$$

Em que,  $x(s)$  e  $\hat{\beta}(s)$  são vetores de valores independentes e, parâmetros estimados, respectivamente. De acordo com Leung et all (2000), a variância da inferência em um modelo GWR na localização  $s$  pode ser estimada por:

$$\sigma_{GWR}^2(s) = VAR\{\hat{y}(s) - y(s)\} = \hat{\sigma}^2[1 + S(s)] \quad (14)$$

Para:

$$S(s) = x(s)^T [X^T W(s) X]^{-1} X^T W^2(s) X [X^T W(s) X]^{-1} x(s) \quad (15)$$

Uma estimativa não-viesada da variância dos resíduos é obtida de  $\hat{\sigma} = RSS/(n - ENP)$ , em que RSS é a soma dos quadrados dos resíduos, e ENP é o efetivo número de parâmetros do modelo. Ademais, a variância da inferência do modelo GWR é obtida computando-se cada observação individualmente, e não pela média. Desta forma, compara-se diretamente a GWR com o procedimento de krigagem, por exemplo, que é outro método usual de inferência espacial e que obedece esta mesma técnica de obtenção da variância.

### 2.5 ABORDAGEM, CENÁRIO PARA SIMULAÇÃO E BASE DE DADOS

O presente estudo objetiva, não somente fazer uma análise da heterogeneidade espacial das variáveis que explicam o saldo hídrico e avaliação das

variáveis locais, mas também obter estimativas inferenciais da variável saldo hídrico, via modelo GWR, para a bacia PCJ em cenários referentes ao ano 2020.

Detalhadamente, trata-se de investigar as variáveis modeladas; implementar uma GWR e obter uma função para a variável saldo hídrico. Esta função é composta, então, pelas variáveis que efetivamente explicam o seu comportamento. Finalmente, a partir destas variáveis, pode-se construir cenários futuros ao projetá-los através de indicadores para o ano 2020<sup>26</sup> (por exemplo, a expectativa de crescimento populacional municipal do IBGE, ou projeções do PIB municipal a partir das taxas de crescimento recentes do PIB estadual). Com isso, é possível obter mapeamentos da variável saldo hídrico projetada para o ano de 2020.

Para tanto, as variáveis empregadas no modelo, em nível municipal, são:

- 1) (POPUL) - População<sup>27</sup> no ano 2010(em 10 mil pessoas);
- 2) (IEPOP) - Investimentos governamentais em infraestrutura (Proxy de infraestrutura)<sup>28</sup>, média entre os anos de 2007 e 2010 (em milhões de R\$);
- 3) (GDP) - PIB municipal para o ano 2010 (Proxy de atividade econômica)<sup>29</sup> (em bilhões de R\$);
- 6) (TAXRATE) - Carga tributária – montante de impostos/PIB municipal (% Proxy de carga tributária) – ano de 2010.<sup>26 e 27</sup>;
- 7) (YIELD) - Renda média das famílias (Proxy de Consumo)<sup>30</sup> (em mil R\$);
- 8) (EDUC) - Média de anos de estudo para população de 25 anos e mais (Proxy do nível educacional)<sup>28</sup>;
- 9) (FREIGHT) - Distância média (na escala de 100 quilômetros), via malha rodoviária, entre cada município da bacia e os municípios do estado de São Paulo e principais capitais de estados adjacentes – Curitiba, Rio de Janeiro, Belo Horizonte, Goiânia, Brasília e Campo Grande (Proxy de gastos com fretes)<sup>31</sup>.

## 2.6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

<sup>26</sup> A escolha do ano 2020 dá-se porque os relatórios atuais de planejamento da bacia PCJ foram elaborados para esta data, conforme Agência PCJ (2010).

<sup>27</sup> IBGE - censo demográfico (2013).

<sup>28</sup> FINBRA – Finanças do Brasil (2013).

<sup>29</sup> IBGE - PIB municipal (2013).

<sup>30</sup> PNUD (2000).

<sup>31</sup> Ichihara (2007).

Uma primeira análise das variáveis a partir dos indicadores do sumário estatístico, especialmente com respeito aos desvios-padrão e correlações pareadas de Pearson levantaram suspeitas de não-estacionariedade e/ou de colinearidade. Com isso, uma primeira medida foi investigar o problema da colinearidade aplicando o teste BKW, o qual detectou um problema de multicolinearidade entre as variáveis FREIGHT e EDUC, conforme pode ser observado na tabela 2-2.

Tabela 2-2: Número de condição BKW para as variáveis do modelo GWR

Variáveis	IEPOP	GDP	LANC	CAPT	POPUL	YIELD	TAXRATE	FREIGHT
IEPOP								
GDP	49							
LANC	50	50						
CAPT	50	51	51					
POPUL	49	49	49	50				
YIELD	45	45	46	47	45			
TAXRATE	48	48	48	50	47	45		
FREIGHT	37	35	38	39	35	23	37	
EDUC	38	38	39	40	38	32	39	15

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Neste teste, os valores inferiores a 30 são indicativos de que os pares de variáveis analisados influenciam ou alteram os coeficientes calculados das demais variáveis, em uma medida significativa dentro do modelo a ser estimado.<sup>32</sup> Apesar do valor BKW global ser de 54, os pares de variáveis FREIGHT X YIELD e FREIGHT X EDUC têm, respectivamente, os valores de 23 e 15, representando uma ameaça ao bom desempenho do modelo GWR. Como a variável FREIGHT está envolvida nas duas situações, optou-se cautelarmente pela exclusão das variáveis FREIGHT e EDUC do modelo e, com isso, não mais ter-se-ia problemas com a variável YIELD. Esta estratégia de saneamento melhorou ou estabilizou, dentre outras estatísticas, as correlações observadas no sumário estatístico.

Como pode ser visto na tabela 2-3, que apresenta as correlações espaciais entre a variável dependente (WATERBAL) e as demais variáveis explicativas, as correlações são, de maneira geral, baixas.

<sup>32</sup> Estimativas foram realizadas considerando todas as variáveis e percebeu-se uma instabilidade nos sinais e valores dos coeficientes, bem como perda de poder explicativo das variáveis.

Tabela 2-3: Correlações de Pearson entre variáveis do modelo GWR

Variáveis / Estatísticas	Mínimo	1º quartil	Média	3º quartil	Máximo
WATERBAL.TAXRATE	0,19	0,19	0,21	0,24	0,25
WATERBAL.CAPT2013	0,22	0,24	0,25	0,26	0,29
WATERBAL.LANC2013	-0,35	-0,29	-0,26	-0,16	-0,05
WATERBAL.IEPOP	-0,24	-0,21	-0,18	-0,17	-0,14
WATERBAL.YIELD	-0,48	-0,44	-0,42	-0,39	-0,33
WATERBAL.GDP	-0,20	-0,17	-0,16	-0,11	-0,07
WATERBAL.POPUL	-0,15	-0,12	-0,10	-0,06	-0,02

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Nota-se a existência de correlações positivas entre a variável WATERBAL e as variáveis TAXRATE e CAPT2013, ou seja, existe uma associação espacial entre a variável que representa o saldo hídrico e as variáveis que representam a carga tributária e o volume de captação de águas. Observa-se ainda que esta associação espacial pode ser considerada fraca pois não ultrapassa 0,29 no caso da variável CAPT2013, e 0,25 para TAXRATE. Para as demais variáveis, as correlações foram negativas, ou seja, associação espacial negativa. Pode-se identificar também que em todos os casos o grau de associação é baixo, por exemplo um máximo de -0,48 com a variável YIELD.

Outra questão importante a ser destacada é que, com os níveis de correlações baixas demonstradas pelos coeficientes de Pearson, reforça-se o emprego do modelo GWR como alternativa a outros modelos. Por exemplo, aqueles da família da geoestatística, pois necessitam de correlações (positivas ou negativas) elevadas. Sem isto, torna-se mais difícil a obtenção de bons resultados de métodos como a cokrigagem, por exemplo.

Em complemento às correlações pareadas de Pearson, uma análise adicional sobre a autocorrelação espacial das variáveis individualmente (Tabela 2-4) revela a ausência de indícios deste tipo de problema para o modelo.

Tabela 2-4: Indicador de Moran Local Univariado para Variáveis do Modelo.

Variável	Índice
WATERBAL	-0,009
IEPOP	-0,014
GDP	-0,015
POPUL	-0,015
LANC2013	-0,014
CAPT2013	-0,015
YIELD	-0,015
TAXRATE	-0,011

Fonte: Estimativas via Software OpenGeoda. Anselin e MacCANN (2009).

Com a média local da variável WATERBAL é possível identificar áreas, dentro da bacia hidrográfica, em que existe maior escassez de água, bem como áreas onde a disponibilidade hídrica não representa um problema nos dias atuais. A figura 2-3, dispõe espacialmente a média local de WATERBAL.

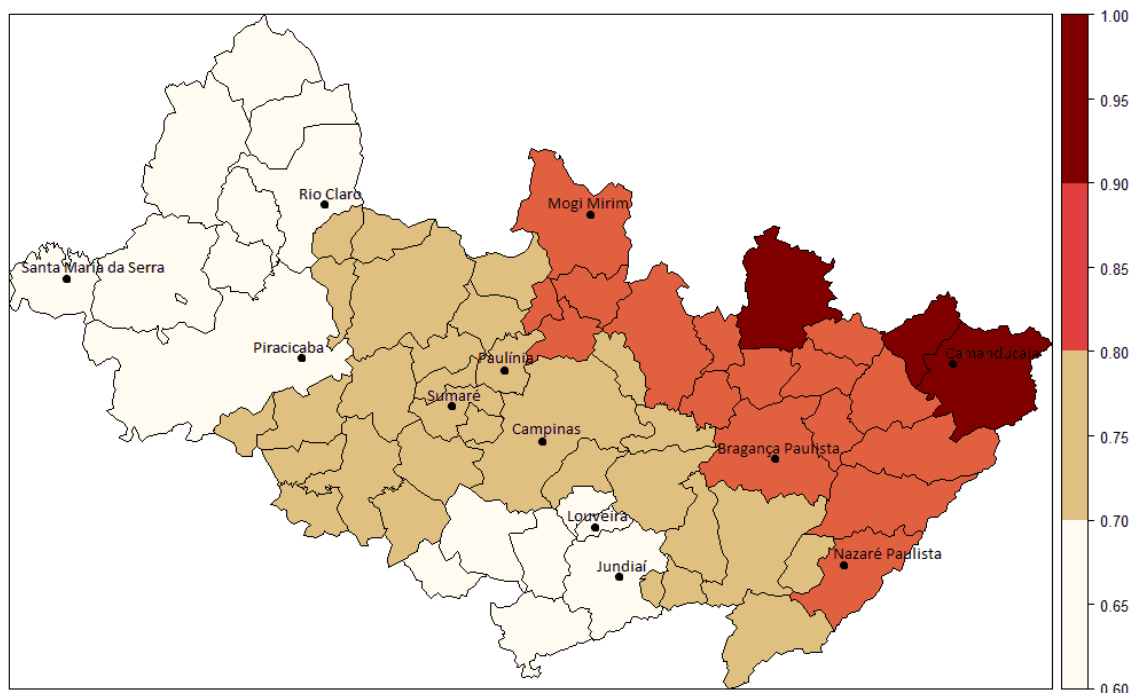


Figura 2-3: Médias locais da variável Saldo Hídrico (metros cúbicos/segundo)  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Como o cálculo da média local por GWR leva em consideração as distâncias e o tamanho da “largura da banda”<sup>33</sup>, a tendência é de que se formem naturalmente algum tipo de agrupamento. Os agrupamentos mais escuros representam maior saldo hídrico e estão localizados na parte mais ao leste e nordeste da bacia PCJ (de Nazaré Paulista, Bragança Paulista e Mogi Mirim para a direita). Logo, nestas localidades tem-se maior disponibilidade hídrica, comparativamente às demais áreas da bacia PCJ.

Contudo, o saldo hídrico varia de forma relevante entre as áreas da bacia, pois difere da disposição de agrupamentos encontrados na média local. Isto pode ser visto pela disposição espacial do desvio padrão local.

A variação do desvio-padrão local é uma demonstração ou indicativo do grau de estacionariedade espacial da variável saldo hídrico. Sendo assim, em áreas onde a variável saldo hídrico tem maior desvio-padrão local, a média local pode ser tratada como mais “instável” (ela muda significativamente) frente aos vizinhos considerados na análise. Entretanto, maiores desvios-padrão locais não significam riscos de escassez de água localmente, mas sim que os vizinhos tem um padrão de disponibilidade hídrica diferente.

Por exemplo, na figura 2-4 podem ser identificadas áreas de elevados desvios-padrão locais com áreas de maiores médias locais verificadas na figura 2-3. Logo, percebe-se que os vizinhos que estão mais perto tem médias locais bastante diferentes, por isso o desvio-padrão é elevado.

Como as maiores médias locais se encontram a leste e nordeste (proximidades de Camanducaia e Bragança Paulista), e as regiões de menor média local se encontram nas proximidades de Jundiá e Louveira (mais ao sul da bacia), além da parte oeste da bacia (região nas proximidades dos municípios de Santa Maria da Serra, Piracicaba e Rio Claro), é natural que a região mais escura do mapa seja a representação de maiores desvios-padrão. Isto porque nela se encontra justamente a vizinhança que tem maiores médias locais para a variável saldo hídrico. Tal como pode ser verificado na figura 2-4.

---

<sup>33</sup> Como um dos objetivos principais deste estudo é fazer estimativas via modelo GW, calculou-se a “largura da banda” via validação cruzada para este tipo de aplicação estatística, e cujo valor encontrado foi de 63 vizinhos mais próximos.

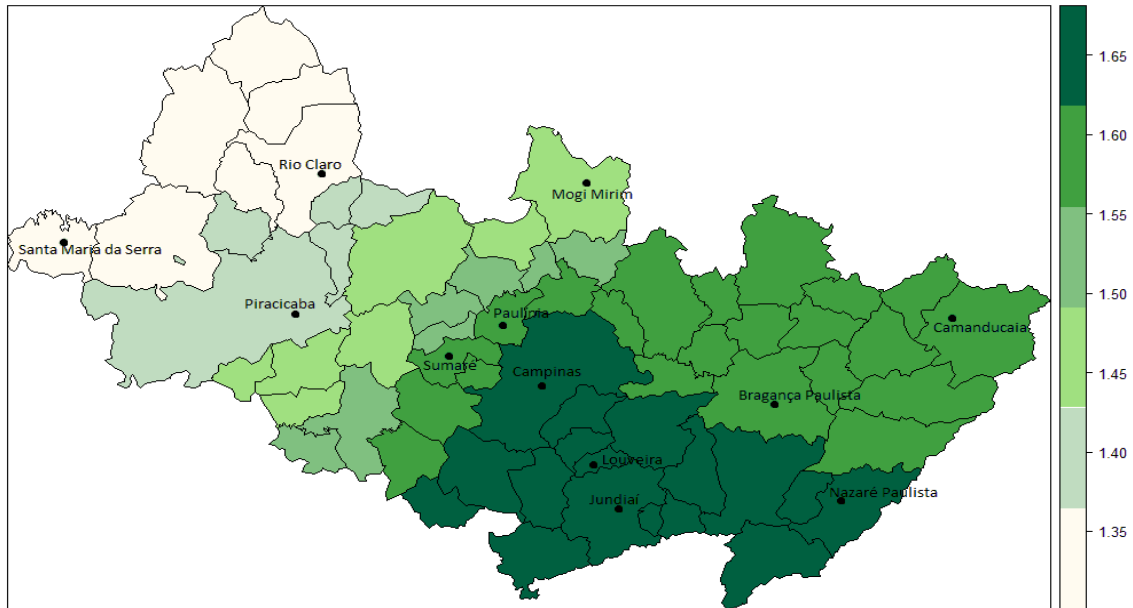


Figura 2-4: Desvios-Padrão locais da variável Saldo Hídrico (metros cúbicos/segundo)

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

A Figura 2-5 é a plotagem dos saldos hídricos (medidos ou estimados). Ela não mostra a média local que, de certa forma, suaviza a distribuição da variável no espaço, através do efeito vizinhança. Mas sim, são apenas os saldos hídricos apurados localmente. Trata-se de valores numéricos municipais das regiões hídricas, pois estas são mais amplas que a esfera municipal; são áreas homogêneas de produção hídrica. Se determinado município pertence (em termos de área) totalmente a determinada região hídrica, o seu saldo hídrico é igual ao valor do saldo hídrico da região hídrica a que ele pertence. Um procedimento de ponderação (pela área dos municípios dentro de cada região hídrica) foi utilizado para áreas parciais de municípios em mais de uma região hídrica.

Entretanto, verifica-se algumas semelhanças básicas entre as figuras 2-5 e 2-3. Mas, na figura 2-5 são visíveis os saldos negativos representados por camadas mais claras do mapa. Esses saldos indicam uma média anual negativa de disponibilidade hídrica, ou seja, nestes espaços, em algum período do ano não há água suficiente para atender as diversas demandas.



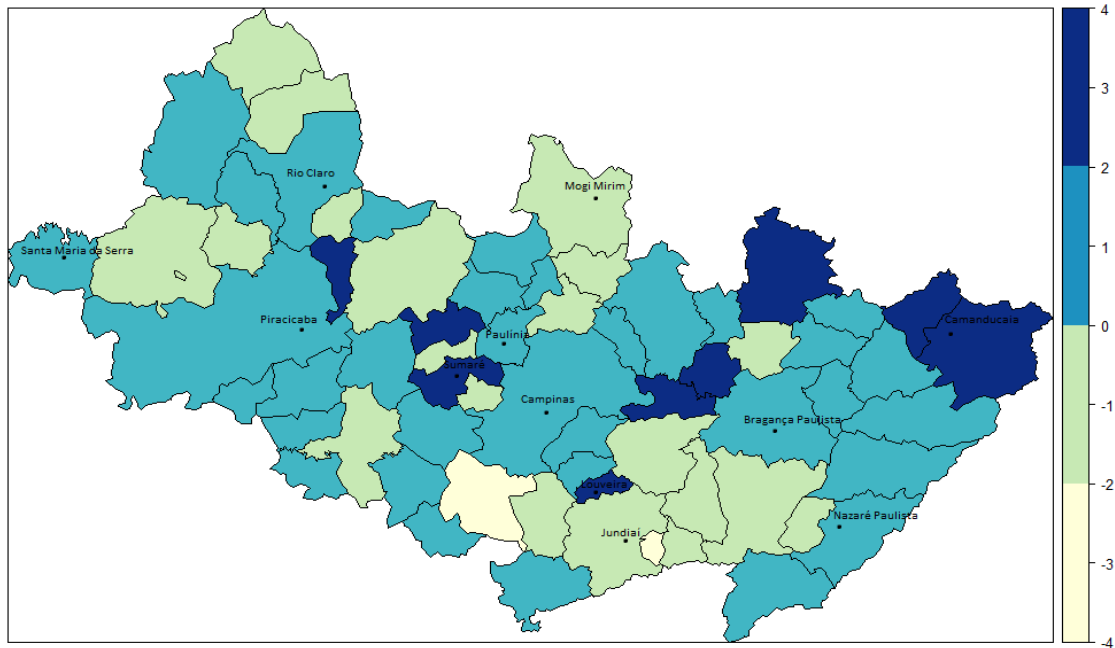


Figura 2-5: Saldo Hídrico local (metros cúbicos/segundo)  
 Fonte: CNARH – ANA (2013)

A análise das demais variáveis do modelo, com respeito ao desvio-padrão distribuído espacialmente, pode revelar indícios sobre a estacionariedade ou não-estacionariedade. Assim, quando os desvios-padrão são demasiadamente diferentes entre os quartis, torna-se possível um problema de não-estacionariedade espacial. Na tabela 2-5, ao se identificar valores elevados para os desvios-padrão sob as curvas de distribuição de algumas das variáveis (especialmente IEPOP, GDP e POPUL), levanta-se a suspeita sobre a não-estacionariedade.

Tabela 2-5: Desvios-Padrão das variáveis do modelo GWR

Variáveis	Mínimo	1º quartil	Média	3º quartil	Máximo
WATERBAL	1,325	1,461	1,581	1,618	1,658
TAXRATE	0,659	0,682	0,766	0,924	0,991
CAPT2013	2,351	2,894	3,817	3,922	4,105
LANC2013	0,656	0,709	0,800	0,858	0,882
IEPOP	19,650	22,470	23,820	24,990	28,640
YIELD	0,273	0,307	0,324	0,337	0,354
GDP	5,242	5,541	5,735	6,157	7,670
POPUL	13,990	15,100	16,000	17,560	21,970

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Contudo, um diagnóstico mais preciso sobre a não-estacionariedade é obtido através de um teste específico de Monte Carlo. Este teste pode ser empregado a qualquer resultado particular de indicadores comportamentais de

variáveis, tais como as correlações de Pearson. O teste confirma se existe diferença significativa entre o valor encontrado para determinada correlação de Pearson e valores identificados por variação aleatória nos dados (LU et al; 2013). Neste teste, a amostra de dados é sucessivamente reamostrada aleatoriamente e o modelo GW é aplicado sobre cada amostragem aleatória. Por fim, compara-se os resultados com um grande número de distribuições aleatórias. A hipótese é de que qualquer padrão observado nos dados ocorre com alguma probabilidade e, portanto, qualquer permutação dos dados é igualmente provável.

Os resultados dos testes de não-estacionariedade de Monte Carlo foram aplicados sobre as observações de correlação pareadas de Pearson, conforme recomendado por Lu et al (2013). Para todos os pares de WATERBAL contra as demais variáveis, verifica-se apenas alguma não-estacionariedade que pode ser considerada irrelevante em 2 pontos no espaço para todos os pares de variáveis.<sup>34</sup> Isto porque esses pontos são distantes entre si e de certa forma invalidam o que se espera da não-estacionariedade, que são agrupamentos de instabilidade. Neste sentido, acrescenta-se que apesar dos desvios-padrão serem numericamente elevados, se comparados aos demais, estes são aproximadamente constantes no espaço ao longo da curva de distribuição e logo, não representam um foco de preocupação de não-estacionariedade.

### 2.6.1 O MODELO GW ROBUSTO

Um primeiro procedimento na implementação do modelo GW é a seleção de variáveis a serem utilizadas para explicar o comportamento de alguma determinada (outra) variável. No estudo aqui proposto inicialmente, trata-se de investigar ou explicar o comportamento da variável WATERBAL, utilizando as variáveis TAXRATE, YIELD, CAPT2013, LANC2013, GDP, POPUL e IEPOP. Para avaliar as variáveis em questão utilizou-se o critério AICc, que é uma correção do critério de AIC, e que considera a acurácia inferencial (capacidade de previsão do modelo) e a complexidade do modelo em geral (o tamanho da amostra).

---

<sup>34</sup> As figuras representando os testes de Monte Carlo podem ser visualizadas no anexo 2. Os polígonos com sinal de (+) representam áreas de não-estacionariedade.

Na inclusão das variáveis no modelo percebe-se que, a primeira variável permanentemente incluída no modelo, após as simulações, é a variável YIELD, seguida de TAXRATE, CAPT2013, GDP, LANC2013, IEPOP e por fim POPUL. Contudo, esta sequência representa tão somente um ordenamento de acordo com os critérios estabelecidos de acurácia.

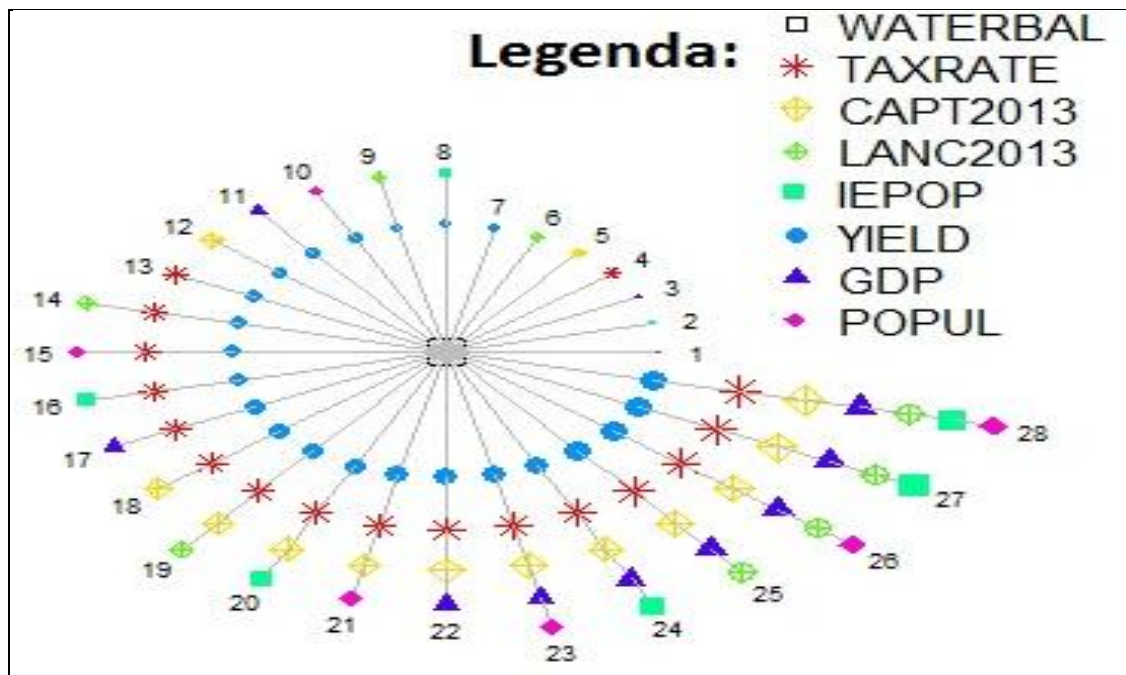


Figura 2-6: Sequência ótima de inclusão de variáveis no modelo – Critério AICc  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Um modelo ótimo também pode ser obtido através da visualização numérica dos valores do AICc, os quais apresentam a melhor combinação de variáveis na construção da equação de regressão. Neste caso, para os termos do teste, conforme os valores do AICc vão decrescendo, melhores modelos são computados. Elevações persistentes nos valores do AICc representam uma quebra sequencial e indicam um melhor modelo a ser escolhido. Na ocorrência de uma persistente queda dos valores do AICc até se esgotarem as possibilidades de combinações de variáveis dentro de um modelo, a escolha recorre então sobre o modelo mais completo e que inclui todas as variáveis propostas.

Os valores do AICc são analisados conjuntamente com os modelos expostos na figura 2-10, ou seja, o número do modelo apresentado na figura 2-11 é expressamente ilustrado na ordem de apresentação do modelo na figura 2-10.

Conclui-se que apesar de algumas elevações pontuais dos valores do AICc em alguns modelos especificados, nota-se uma tendência persistente de queda desses valores até se chegar ao modelo mais completo em termos de variáveis. Isto significa que o critério do AICc sugere que um modelo com todas as variáveis explicativas propostas deve ser a melhor alternativa de análise.

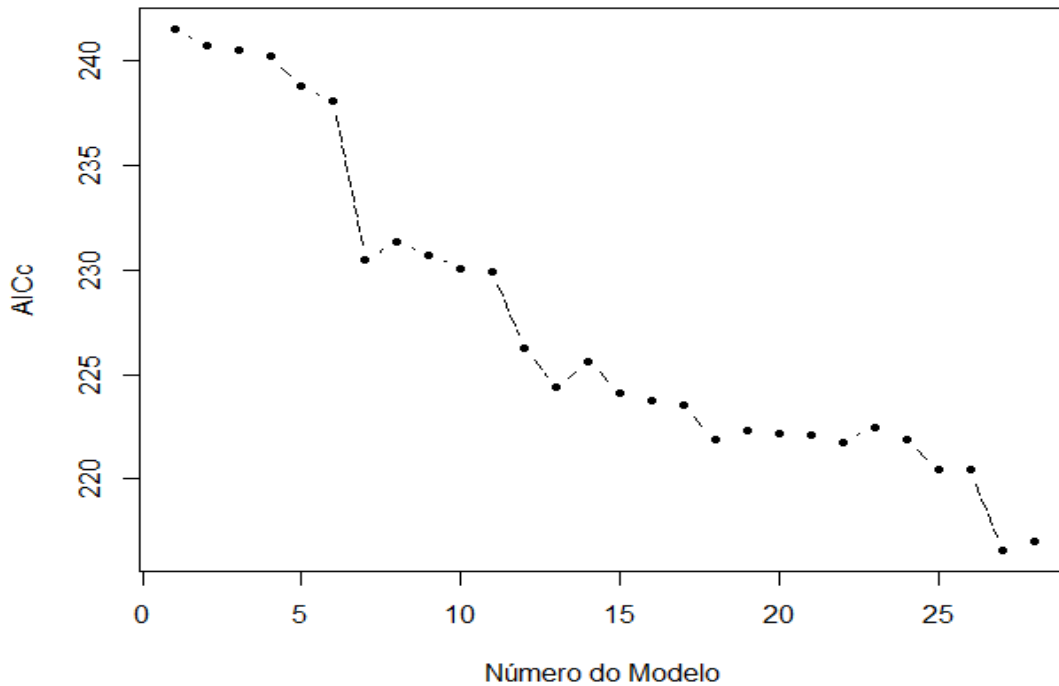


Figura 2-7: Valores de AICc para escolha do modelo GW  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Portanto, a estimativa da “largura da banda” e do modelo por GW considerou todas as variáveis. A “largura da banda” encontrada como ótima foi de 63 vizinhos mais próximos e os resultados da GWR podem ser vistos na tabela 2-6.

Inicialmente destaca-se que, das variáveis incluídas no modelo, GDP, POPUL, IEPOP e LANC2013 se demonstraram significativas, ou seja, explicam o comportamento de WATERBAL (saldo hídrico). Isto faz sentido pois esperava-se, *a priori*, que o contingente populacional e o PIB interferissem no comportamento do saldo hídrico, uma vez que claramente pressionam a demanda por água.

Além disso, os montantes de investimentos públicos podem estar relacionados às melhorias de infraestrutura, notadamente de captação e tratamento de esgotos, pavimentação de estradas, etc, isto por vezes atrai novas empresas e permite a ampliação das atividades de empresas já instaladas. Assim, também

existe impacto no saldo hídrico, principalmente se essas empresas têm relevantes demandas por água.

Tabela 2-6: Sumário de parâmetros da GWR - Bacia PCJ

Variáveis / Indicadores	Mínimo	1º quartil	Mediana	3º quartil	Máximo	Estatística de teste (#)	Pr(>)
Intercepto	2,130	2,629	2,844	3,177	3,768	1,060	0,408
YIELD	-3,670	-3,117	-2,774	-2,534	-1,987	1,346	0,240
TAXRATE	0,599	0,616	0,635	0,674	0,757	0,105	0,999
CAPT2013	0,088	0,095	0,097	0,102	0,113	0,270	0,994
GDP	-0,093	-0,044	0,077	0,127	0,142	2,315	0,013 **
LANC2013	-1,131	-0,998	-0,805	-0,426	0,006	3,131	0,009 ***
POPUL	-0,024	-0,016	-0,001	0,023	0,034	1,787	0,057 *
IEPOP	-0,014	-0,002	0,012	0,035	0,041	4,961	0,000 ***
Estat. F1 <sup>35</sup>						1,010	0,517
Estat. F2 <sup>20</sup>						0,931	0,527
Observações						66,000	
AICc						241,277	
AIC						217,210	
R-quadrado						0,43	
R-quad. Ajust.						0,24	

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Obs: 1) (#) Para os coeficientes de regressão das variáveis, significa estatística F3.<sup>36</sup>

2) Níveis de significância: '\*\*\*', '\*\*', '\*' representam 1%, 5% e 10% respectivamente

Paralelamente, a variável LANC2013 representa os lançamentos de efluentes nos cursos d'água, entretanto nesta variável não estão identificados os níveis de toxicidade constantes nos volumes de água devolvidos ao mananciais. Mas, a ideia associada a esta variável é de que mesmo com níveis elevados de toxicidade, torna-se possível reutilizar esta água através de algum processo de tratamento. Portanto, os níveis de lançamento de efluentes influenciam no saldo hídrico pois representam volumes adicionais de água disponível no manancial, mesmo que estes só possam ser disponibilizados após algum tratamento intensivo para retirar as impurezas.

Entretanto, os coeficientes estimados das variáveis, observados ao longo da curva de distribuição, apresentam diferentes sinais. Isto revela comportamentos

<sup>35</sup> Parâmetros estatísticos desenvolvidos em Leung et all. (2000) para teste de bondade de ajustamento do modelo GWR; F1 utiliza a soma dos quadrados dos resíduos e F2 utiliza a variância comparativamente ao MQO para identificar qual tem o melhor ajustamento.

<sup>36</sup> Parâmetro estatístico desenvolvido em Leung et all. (2000) para teste de significância dos coeficientes estimados das variáveis por GWR.

distintos (heterogeneidade espacial) sobre a variável WATERBAL, em alguns casos negativamente em outros positivamente.

Especificamente com respeito à variável GDP, do valor mínimo ao 1º quartil, o sinal do coeficiente é negativo, o que significa que incrementos no PIB estão relacionados a diminuição nos níveis de saldo hídrico. Essa relação é bastante razoável, pois espera-se que para produzir maiores quantidades de produto, em parte das atividades econômicas, torna-se necessário demandar maiores quantidades de água, tal como uma função de proporções fixas.

Nos demais segmentos da curva estimada (coeficientes acima do 1º quartil) o sinal é positivo, isto sugere que elevações no nível de PIB estão relacionadas com maiores níveis de saldo hídrico.

A primeira vista tal resultado pode parecer estranho, mas é possível imaginar que nestes municípios as principais atividades econômicas não sejam relevantes como demandantes de água em um nível que elevações no PIB justifiquem maior demanda por água. Em outras palavras, incrementos na atividade econômica em si não pressionam, ao menos na mesma proporção, a oferta de recursos hídricos. Poder-se-ia dizer que nestes segmentos da curva estimada, existem ganhos de escala, ou seja, quanto maior o produto da economia, as demandas pelo recurso água são decrescentes. O comportamento espacial dos coeficientes da variável GDP pode ser visto na figura 2-12.

Os maiores coeficientes se situam justamente no conjunto de municípios onde a água é mais escassa (área central da bacia até a parte oeste da bacia – de Campinas em direção a Santa Maria da Serra). Por outro lado, os coeficientes negativos estão distribuídos pelos municípios cuja oferta hídrica é maior, ou seja, de Bragança paulista para leste, em direção ao município de Camanducaia.

Os coeficientes estimados para a variável IEPOP tem comportamento similar aos coeficientes da variável GDP, ou seja, até o 1º quartil os sinais são negativos e depois, ao longo da curva, os sinais são positivos. Contudo, aqueles municípios cujos coeficientes são negativos se situam (no mapa) justamente na direção oposta do observado na variável GDP. Dito de outra forma, os coeficientes negativos são espacialmente identificados em localidades onde o saldo hídrico é menor.

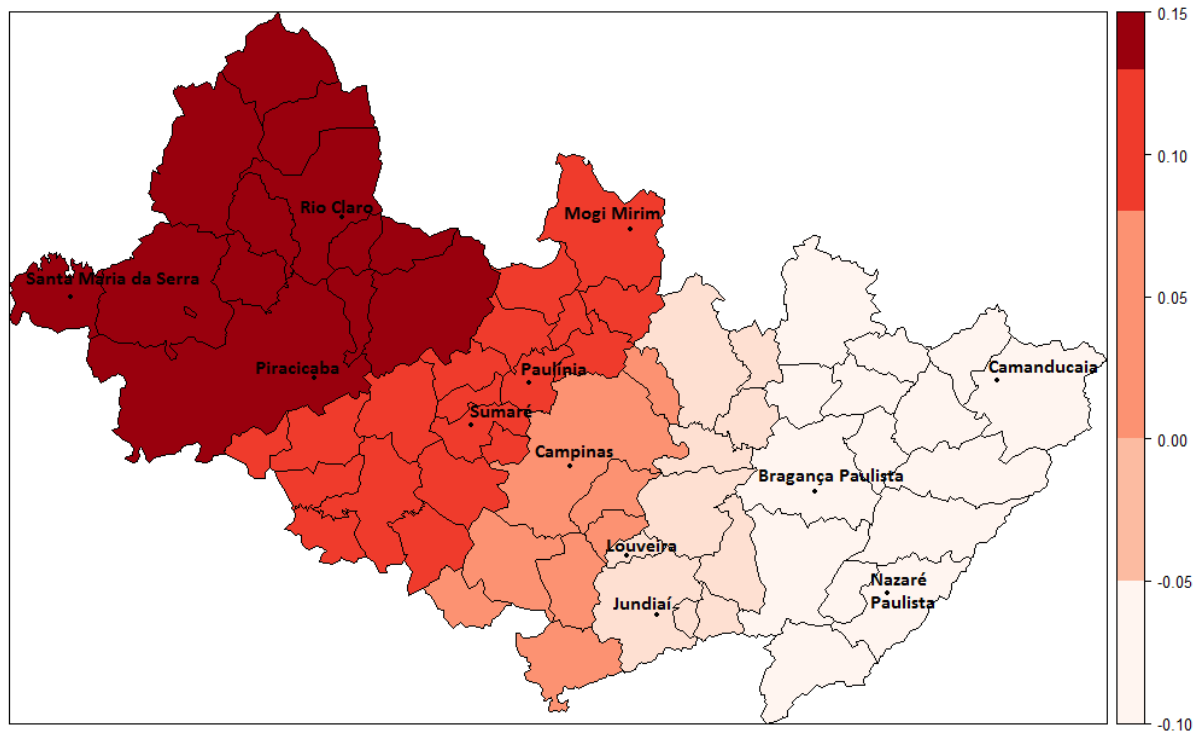


Figura 2-8: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - GDP

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

As aglomerações (mais a oeste dentro da bacia – entre Mogi-Mirim Piracicaba até Santa Maria da Serra), que podem ser observadas na Figura 2-13 e, nas quais os sinais dos coeficientes são negativos para a variável IEPOP tendem a representar espacialidades em que a estrutura do investimento público local não é capaz de incrementar as condições de saneamento público ou tratamento de efluentes (isto aumentaria o saldo hídrico). Ou seja, esse incremento não acontece, ao menos, na mesma proporção do aumento da demanda por água.

Na outra parte da área da bacia PCJ onde os coeficientes da variável IEPOP são positivos, existem duas abordagens para duas parcelas importantes desta área. Primeiro, em localidades cujo saldo hídrico é menor (área central da bacia – região entre Paulínia, Campinas, Jundiaí e até Bragança Paulista), o incremento dos investimentos públicos em saneamento básico e tratamento de efluentes compensa em mais que a totalidade os incrementos em demanda por água.

Segundo, na espacialidade cujo saldo hídrico é maior dentro da bacia PCJ (das imediações de Nazaré Paulista, até Camanducaia), como a disponibilidade hídrica é elevada, os volumes de investimentos públicos sempre estão associados com bom volume de água disponível. Por isso ali se localizam municípios com

volume reduzido de recursos públicos, ou seja, municípios mais “pobres”, portanto são menores os investimentos públicos. Deste modo, pequenos volumes de recursos investidos em saneamento básico e tratamento de efluentes podem ser suficientes para compensar as pequenas expansões na demanda. Essas pequenas expansões na demanda são justificadas pelas seguintes características: atividade econômica restrita e pequena população municipal (muitos com redução populacional no tempo).

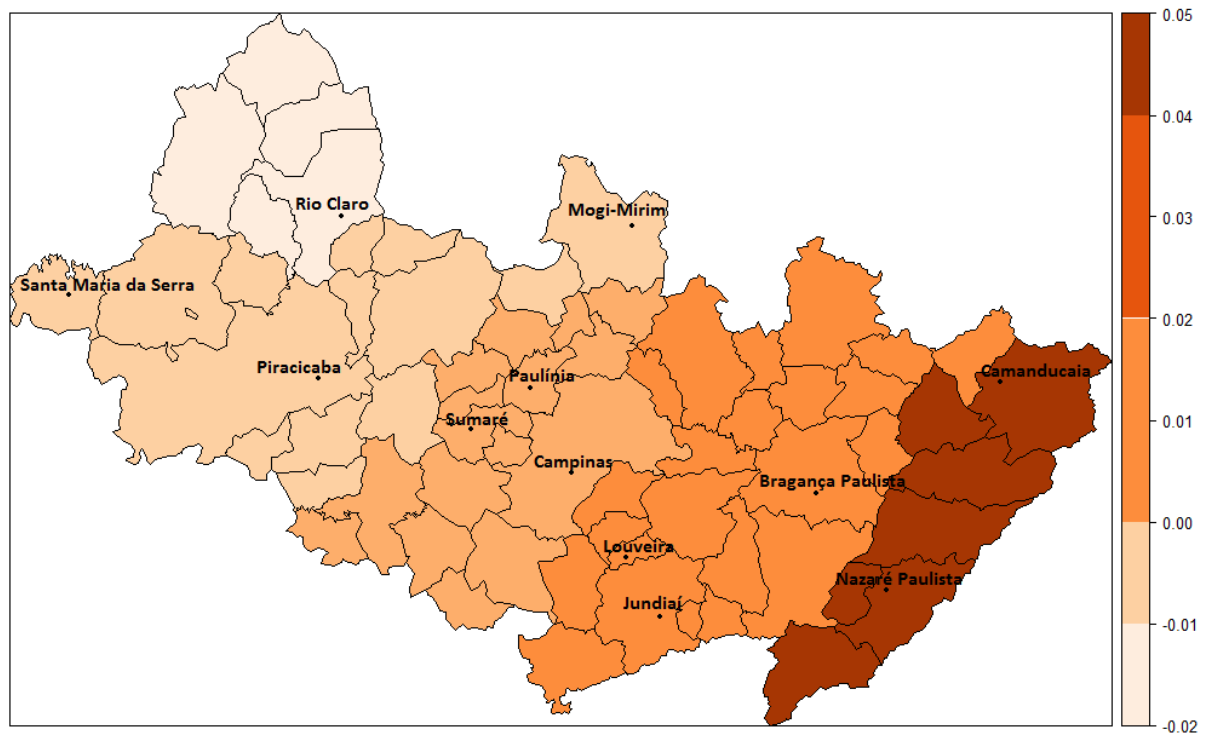


Figura 2-9: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - IEPOP

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Quanto à variável POPUL, os sinais negativos dos coeficientes são perceptíveis até a mediana da curva de distribuição estimada, ou seja, praticamente metade da distribuição tem uma característica explicativa diferente da outra metade. Uma relação negativa entre população e saldo hídrico não é difícil de ser esclarecida, pois é de se esperar que para populações cada vez maiores ocorram elevações sucessivas nas demandas por água e, portanto, redução no saldo hídrico.

Por outro lado, naquelas localidades em que a variável população tem coeficientes positivos com relação ao saldo hídrico, pode não parecer razoável e lógico esse tipo de resultado. Mas ao analisar a disposição espacial destes



coeficientes positivos de POPUL (Figura 2-14), percebe-se que eles se encontram, em termos de localização espacial, em área cujo saldo hídrico é mais elevado.

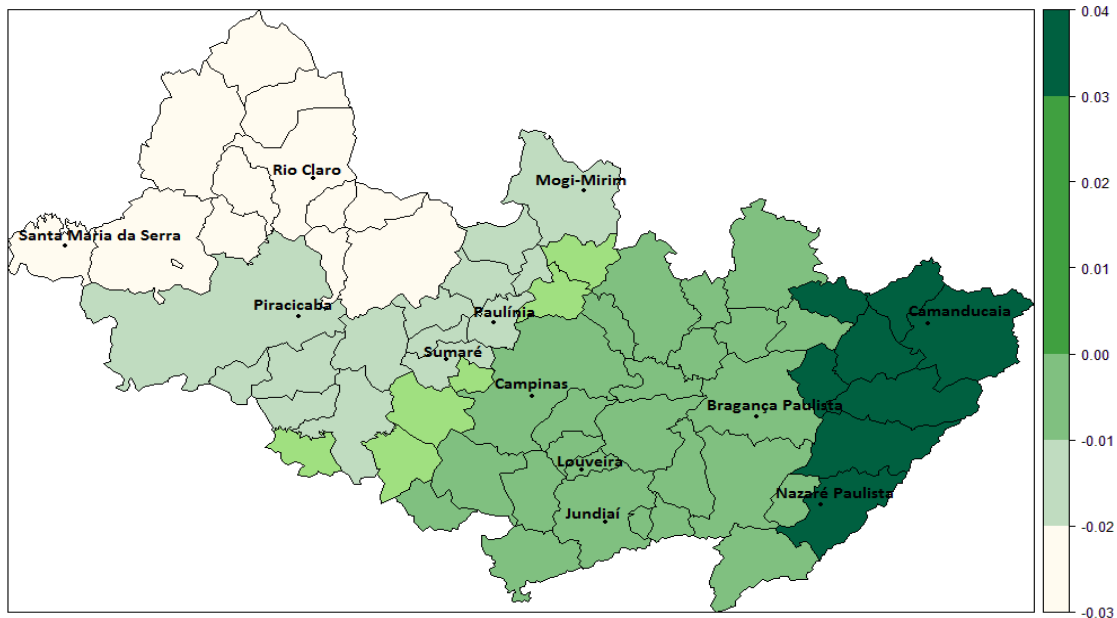


Figura 2-10: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - POPUL

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Portanto, com disponibilidade hídrica elevada e população pequena, as elevações na variável POPUL estão sempre relacionadas a saldo hídrico positivo. Entretanto, é possível pensar em economias de escala no consumo de água, ou seja, com o crescimento populacional pode-se ter consumo das famílias mais racional (poupador) dos recursos hídricos.

Quanto a variável LANC2013, que representa os lançamentos de efluentes, a curva de distribuição apresenta sinais negativos para os coeficientes sobre a maior parte da curva. Apenas o valor máximo tem coeficiente positivo, e na análise espacial percebe-se que apenas um município (aquele mais ao norte) sintetiza esse sinal positivo, conforme exposto na Figura 2-15. Neste caso, um sinal positivo representa a maior quantidade de lançamentos de efluentes implicando em maior saldo hídrico; o que faz sentido pois maiores quantidades de efluentes lançados aumentam a quantidade de águas disponíveis para tratamento e distribuição. Em outras palavras, mais água disponível apesar das cargas de efluentes diluídas nas águas correntes dos corpos d'água.

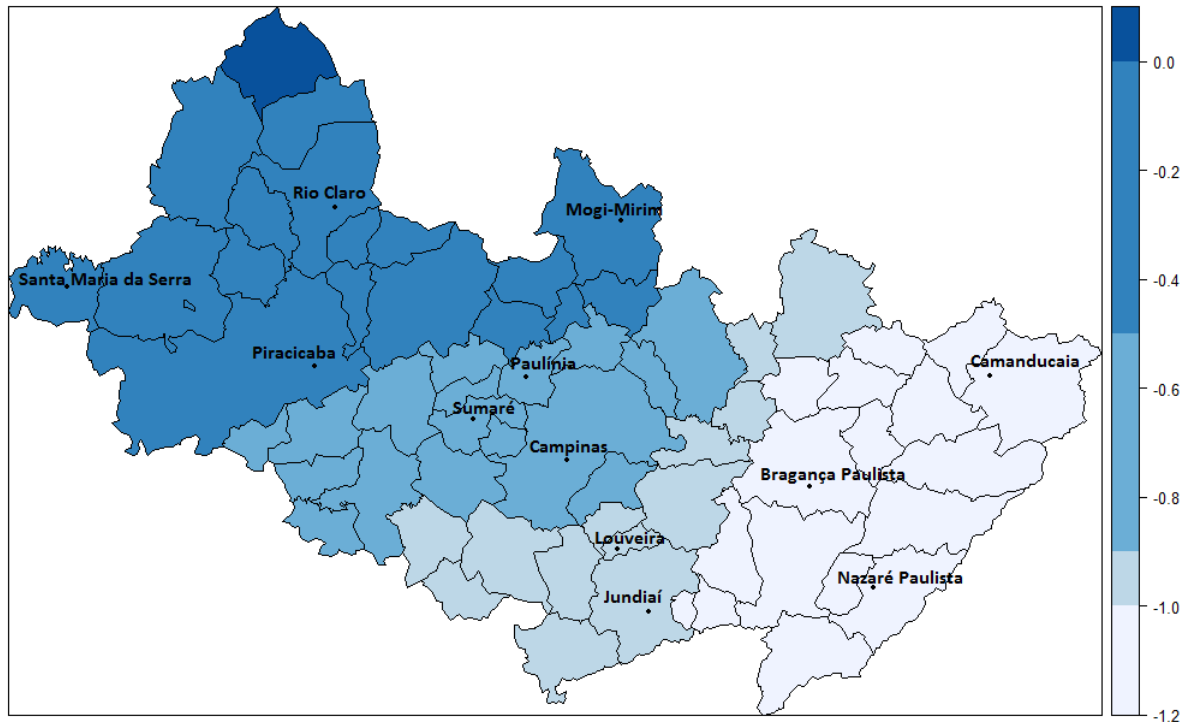


Figura 2-11: Distribuição dos coeficientes robustos estimados - LANC2013

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Sendo assim, na maior parte do espaço da bacia PCJ, os coeficientes são negativos para a variável LANC2013. Isto contraria a ideia de que maiores volumes de lançamentos de efluentes contribuem para aumentar o saldo hídrico. Contudo, a existência de maiores volumes de lançamentos está associada a maiores volumes de água captada, ou seja, só existe elevado volume de lançamentos se existir elevado volume de captações. Então, é natural a associação de coeficientes negativos da variável LANC2013 com o saldo hídrico por conta do elevado volume de captações. A Figura 2-15 demonstra que valores negativos mais elevados são encontrados em áreas onde o saldo hídrico é maior e as demandas são menores (mais ao leste da bacia).

As estatísticas globais da estimativa não apresentam um elevado grau de ajustamento. O coeficiente de determinação tem um valor de aproximadamente 0,43, o que significa que a maior parte (57%) das variações ocorridas espacialmente na variável saldo hídrico são explicadas pelo comportamento de variáveis relacionadas à oferta hídrica. As variáveis locais, econômicas e demográficas, ou variáveis explicativas envolvidas no modelo estimado, são caracteristicamente ligadas ao lado da demanda, ou seja, estas explicam somente cerca de 43% do comportamento do saldo hídrico.

As estatísticas globais: F1 e F2 corroboram o que expressa o coeficiente de determinação, uma vez que essas estatísticas tem probabilidade entre 0,517 e 0,527 de aceitar a hipótese de um bom ajustamento espacial dos dados em relação ao poder explicativo global do modelo. Isto se justifica pela estratégia inicial de adicionar ao modelo apenas variáveis socioeconômicas, demográficas e locais que representam, em alguma medida, a demanda por recursos hídricos. Logo, outras variáveis tais como pluviometria, que representam a oferta hídrica, são indispensáveis para explicar o comportamento da variável saldo hídrico, assim como a disponibilidade hídrica.

## 2.6.2 INFERÊNCIA ESPACIAL – CENÁRIOS PARA 2020

A partir do modelo GW estimado, e considerando que GDP, POPUL, IEPOP e LANC2013 explicam o comportamento da variável WATERBAL, foi possível prever o saldo hídrico na bacia hidrográfica PCJ em um dado ponto futuro. Geralmente, os relatórios dos comitês e agências de bacia sempre observam algum cenário futuro com base em algumas variáveis, e tentam estimar o comportamento destas variáveis que são importantes para os recursos hídricos.

Para a bacia PCJ, o relatório do “plano de bacia” faz previsão para o ano 2020, no qual se estima em alguma medida de forma *ad hoc* os volumes de usos de água. O cenário é composto de previsões de crescimento dos usos industriais e da população estimada, para os municípios que compõe a bacia.

No estudo aqui implementado, utilizou-se as GWRs para prever o saldo hídrico futuro (ano 2020) ao longo da espacialidade da bacia. Para tanto, formulou-se três cenários distintos, conforme exposto na figura 2-12.

Quanto as variáveis POPUL e LANC2013 não foi implementada diferenciação entre os cenários. Isto porque são variáveis com previsões já estabelecidas no plano de bacia. Entretanto, para as variáveis GDP e IEPOP os três cenários são diferenciados de acordo com expectativas da taxa de crescimento do PIB. Essas taxas são baseadas, particularmente no cenário 3, na taxa média de crescimento do PIB paulista no período 2006/2010. Para os demais cenários,

utilizou-se o cenário 3 como base e atribuiu-se valores diferenciados em conformidade com as expectativas atuais de crescimento.

VARIÁVEIS	CENÁRIOS		
	1	2	3
GDP e IEPOP	Crescimento de 0,5% ao ano	Crescimento de 1,0% ao ano	Crescimento de 4,5% ao ano (IPEADATA – Contas Regionais 2006/2010 - PIB, 2014)
POPUL	Projeção populacional municipal para 2020 (Agência PCJ, 2010)		
LANC2013	8% sobre os dados de lançamento de efluentes de 2013 (baseado na Projeção de carga orgânica potencial feita entre 2014 e 2020) (Agência PCJ, 2010)		

Figura 2-12: Quadro de parâmetros das variáveis para simulação GWR

Os resultados inferenciais, apresentam uma restrição hídrica mais elevada na região central da bacia PCJ, derivada principalmente da localização dos principais centros urbano-demográficos e da maior aglomeração de atividades econômicas. Os saldos hídricos são mais elevados nas regiões ao leste e em menor importância a oeste da bacia (as extremidades esquerda e direita da figura). Mais especificamente, ao leste em direção a área que abrange as redondezas dos municípios do estado de Minas Gerais, e a oeste além dos municípios de Piracicaba e Rio Claro. Isto pode ser visto nas Figuras 2-13, 2-14 e 2-15, que representam, respectivamente, os cenários 1, 2 e 3.

Fica evidente que, em qualquer cenário a porção mais ao leste da bacia PCJ (proximidades do município de Camanducaia) é aquela que dispõe dos maiores saldos hídricos, portanto esta região representa a melhor escolha (futura) para a localização de atividades econômicas mais dependentes de água para seu funcionamento. No entanto, há de se considerar que a inferência captura particularmente os efeitos do lado da demanda por recursos hídricos (características das variáveis inferenciais do modelo). Portanto, espera-se que as condições de oferta hídrica permaneçam constantes.

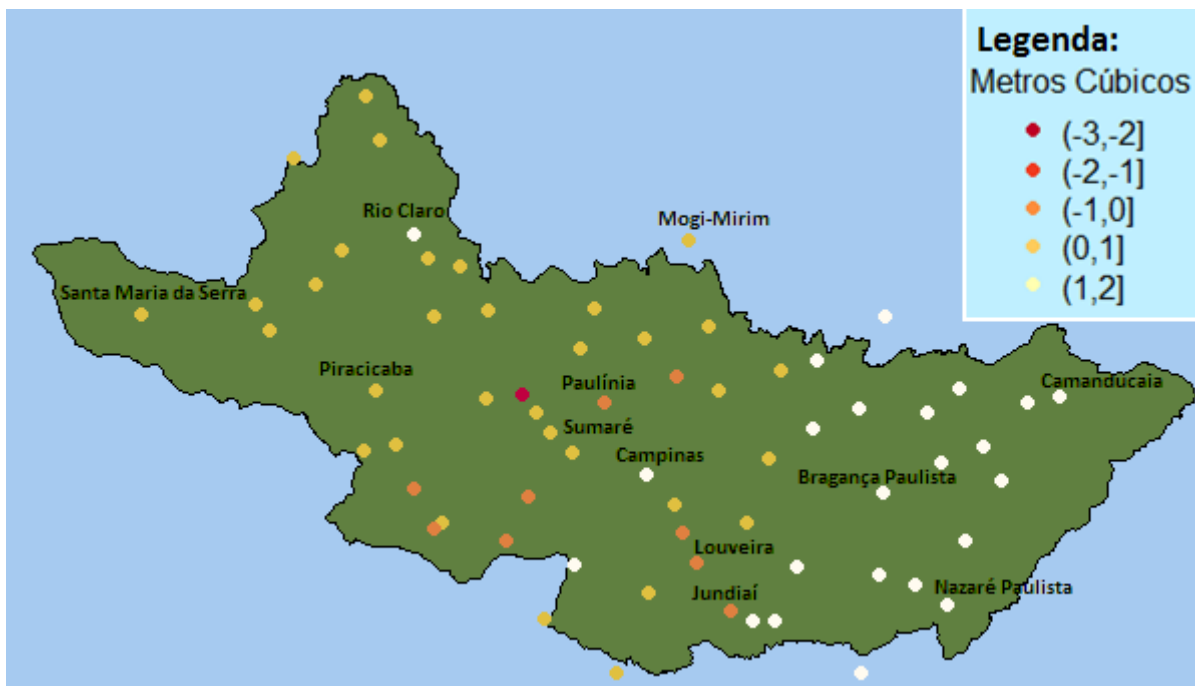


Figura 2-13: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 1 - ano 2020  
Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Se observadas as figuras referentes aos cenários 1 e 2, não é possível identificar alterações substanciais. Isto deriva das taxas bastante próximas aplicadas sobre as variáveis GDP e IEPOP.

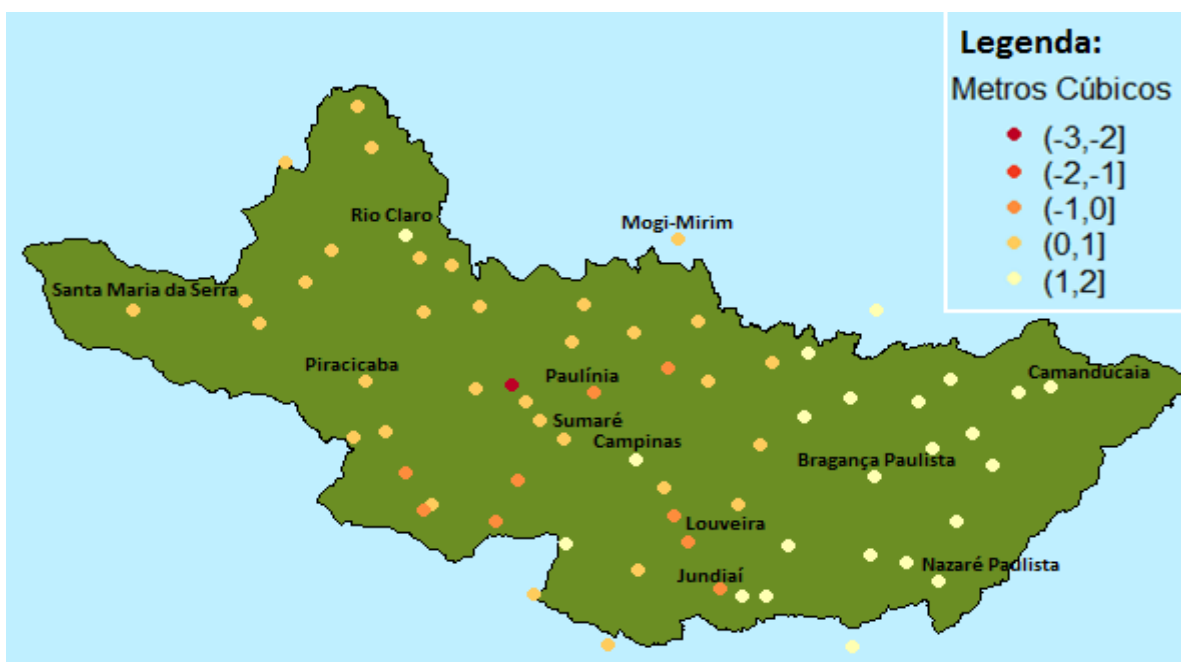


Figura 2-14: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 2 - ano 2020  
Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

A diferença entre as taxas, nos dois cenários, é pequena (0,5% e 1,0% ao ano, respectivamente) e não é suficiente para promover alterações substanciais no saldo hídrico. Então, para o ano de 2020 não é possível identificar diferenças relevantes na disponibilidade hídrica.

Entretanto, na figura 2-15 que representa a inferência para o cenário 3, a taxa de crescimento empregada sobre as variáveis PIB e IEPOP é mais elevada (4,5% ao ano), como resultado observa-se alguma redução do saldo hídrico na região central da bacia hidrográfica.

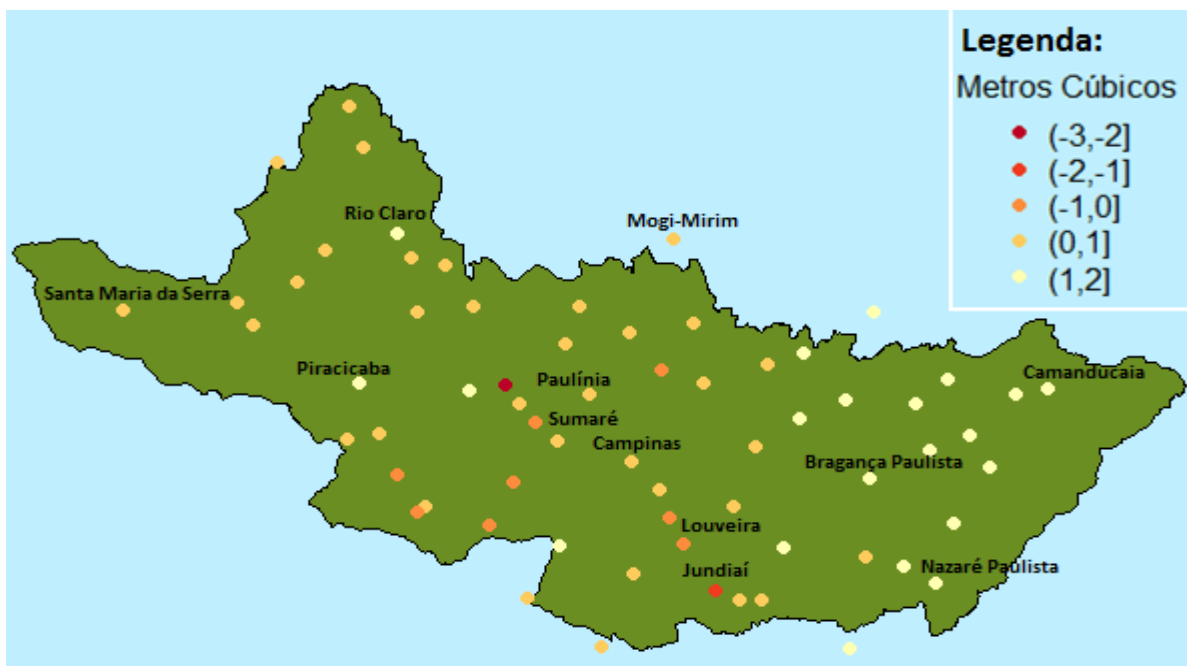


Figura 2-15: Inferência estatística espacial - Saldo Hídrico / Cenário 3 - ano 2020  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Esta alteração se dá principalmente entre as redondezas dos municípios de Jundiaí e Paulínia. Essa dinâmica se justifica pois esta área representa uma região de grande dinamismo econômico, logo sensível às projeções efetuadas para as variáveis GDP e IEPOP.

Paralelamente, o cenário 3 de inferência representa um alerta quanto às condições de abastecimento de água para as famílias, pois existe uma trajetória de crescimento natural da população e o acesso a água pode se tornar um problema permanente. Isto porque geralmente em certos períodos do ano (estiagem) na bacia PCJ, verifica-se que a escassez de água é um problema real a muitos anos.

Portanto, em termos de planejamento urbano, novas medidas devem considerar algum tipo de cenário futuro para identificar áreas cujas fontes de água sofrerão menor e maior pressão por parte da demanda. Sendo assim, este tipo de inferência serve de insumo para políticas de águas que diminuam a pressão sobre os recursos hídricos onde existe escassez elevada, com mudança de direção para áreas em que existem águas em maior abundância. Tal estratégia, além de representar uma política de conservação e uso racional dos recursos hídricos, também condiz com uma visão alternativa de desenvolvimento regional.

## **2.7 CONCLUSÕES**

Um conflito social importante que é eminente e estabelecido em diversas regiões, se refere à questão da escassez de recursos hídricos. Isto, via de regra não está relacionado com razões naturais, mas sim com a má gestão sobre a utilização dos recursos. Especialmente no Brasil, os aglomerados urbanos se estabeleceram e cresceram de forma indiscriminada e corriqueiramente sem o devido planejamento. Isto implica em pressões excessivas sobre diversas demandas tais como energia e abastecimento de água e tratamento de efluentes, que têm relações estreitas com variáveis naturais como a água.

O presente estudo objetivou, sob esta perspectiva, analisar as variáveis econômicas, demográficas e locais que podem interferir ou explicar o comportamento do saldo hídrico (variável representativa da quantidade de água disponível para os diversos usos), bem como estabelecer uma previsão de cenário futuro. Pois, o saldo hídrico se altera ao longo da espacialidade e destaca a disponibilidade hídrica na região avaliada, qual seja, a bacia PCJ. Nesta bacia tem-se enfrentado, nas últimas décadas, períodos de escassez periódicos e com isso originou-se conflitos importantes pelos usos das águas. Parte substancial desses conflitos se referem ao fato de que existe transferência de parte dos recursos hídricos “produzidos localmente” para outras regiões, destacadamente para a região metropolitana de São Paulo. Outra preocupação atual e importante é o uso eficiente da água disponível.

Em face a essas questões, utilizou-se da metodologia do modelo GW que tem a característica de captar as heterogeneidades espaciais para: entender o comportamento das variáveis econômicas, demográficas e locais (de demanda) imputadas ao modelo, identificar as variáveis que explicam o comportamento do saldo hídrico e; simular, a partir de cenários para o ano de 2020, os saldos hídricos.

Quanto ao comportamento das variáveis econômicas, demográficas e locais, as variáveis PIB, população, investimentos públicos e lançamentos de efluentes explicam o comportamento da variável saldo hídrico. Paralelamente, destaca-se ainda que o conjunto de variáveis explicativas (lado da demanda hídrica) do modelo explica cerca de 43% das variações ocorridas na variável saldo hídrico. Isto quer dizer que variáveis relacionadas a oferta hídrica são um pouco mais importantes do que aquelas relacionadas à demanda, pois explicam aproximadamente 57% do comportamento da disponibilidade de água.

Dados os cenários 1 e 2 estabelecidos para o ano de 2020, com taxas de crescimento reduzidas e muito próximas, as inferências por GWR identificaram que a região central da bacia PCJ sofrerá mais fortemente com a escassez e pressão sobre os usos dos recursos hídricos. Complementarmente, destaca-se o crescimento populacional desproporcional entre os municípios, em que alguns desses inclusive perdem população.

Como resultado, a área mais a leste (nas proximidades dos municípios pertencentes ao estado de Minas Gerais) da bacia PCJ é aquela que apresentará maiores saldos hídricos. Logo, estas são prováveis e melhores áreas de destino para a localização de atividades econômicas, sobretudo àquelas que são grandes demandantes de água. Conclusão esta que é corroborada inclusive pelo cenário 3 que emprega taxas de crescimento mais elevadas às variáveis PIB e investimentos públicos. Alternativamente, outras áreas podem ser encontradas em outras bacias hidrográficas que ofertam maiores saldos hídricos.

O cenário 3 identificou maior escassez de disponibilidade hídrica na região central da bacia (entre o município de Jundiaí e a região localizada nas redondezas de Campinas). Fica evidente a existência de um grande impacto do crescimento econômico que eleva sobremaneira a pressão sobre os recursos hídricos. Mas, observa-se que o nível de lançamentos de efluentes, expresso pela taxa de



lançamentos em relação as captações, bem como pelos coeficientes estimados pela GWR, são um problema que deve ser melhor avaliado, principalmente na região central da bacia. Os usos que consomem quantidades elevadas de água, com destaque para aqueles que “embarcam” água em produtos e, logo, que não são devolvidas ao manancial na forma de efluentes, são usos potencialmente danosos à disponibilidade hídrica da bacia.

Neste sentido, o cenário 3 destaca que a região central da bacia não é uma área adequada para a ampliação e instalação de empresas cujo consumo de recursos hídricos é elevado. Portanto, esta região necessita de políticas de recursos hídricos articuladas com políticas de desenvolvimento regional para preservar e ou melhorar a disponibilidade hídrica da bacia, bem como o balanço espacial da distribuição dos usos de água.

Então, deve-se ressaltar a importância relativa do lado da demanda na questão hídrica, bem como no entendimento particular de que as atividades econômicas e sua localização e a demografia, não podem ser desprezadas nas políticas para o setor hídrico. Paralelamente, as ações de planejamento regional e as políticas para os recursos hídricos devem estar relacionadas entre si, pois são primordiais para o funcionamento da economia e a manutenção das sociedades. Estas questões envolvem o uso racional do recurso em atividades econômicas de maior valor agregado, e destacadamente no atendimento as necessidades das famílias. Adicionalmente, tornam-se necessárias iniciativas que reduzam o desperdício nas redes de distribuição e nos usos da sociedade como um todo (educação ambiental), ações que incrementem o volume de águas tratadas devolvidas aos mananciais, e medidas que promovam uma localização adequada das atividades produtivas que pressionam os recursos hídricos.

Por fim, novas frentes de estudo podem auxiliar num melhor entendimento da questão espacial da água, com o uso desta metodologia, quais sejam, a desagregação da captação e lançamento de efluentes em setores importantes tais como Abastecimento de Águas e esgotamento Sanitário e, os demais setores Industriais. Neste caso, poder-se-ia identificar os setores que impactam mais fortemente na questão hídrica e assim, algumas políticas setoriais poderiam ser implementadas.

## CONCLUSÕES FINAIS

Os dois ensaios desenvolvidos nesta tese produziram uma grande quantidade de informações que podem inicialmente servir a dois objetivos. Primeiro, auxiliar no entendimento da questão da demanda por recursos hídricos e sua espacialidade, bem como servir de orientação para políticas públicas de recursos hídricos. Segundo, identificar novas oportunidades de estudo que podem avançar ainda mais no conhecimento da questão hídrica e produzir outras informações importantes para a tomada de decisão de empresas e gestores públicos.

O primeiro ensaio identificou as demandas por águas em diversos usos. A análise de insumo-produto interregional explorou uma abordagem pouco utilizada, que agrupa os diversos usos de água, e em especial a transposição de águas entre as bacias hidrográficas. Os resultados chamaram a atenção para a questão dos conflitos entre unidades regionais (bacias) pelo uso da água no longo prazo (três cenários de projeção para 2020). Além disso, evidenciou-se as diferenças, entre as bacias, quanto ao volume e qualidade do lançamento de efluentes, que interfere diretamente na quantidade de águas disponíveis nos mananciais, bem como a possibilidade de reuso dessas águas. Suplementarmente, identificou-se os grandes setores SIUP e Indústria como principais demandantes e, portanto, ações de gestão hídrica certamente devem implementar políticas para estes setores. Outra conclusão importante é de que as transposições provocam estrangulamento da oferta hídrica para os usos internos na bacia PCJ e que a bacia AT, portanto, necessitará de outras fontes de recursos hídricos.

O segundo ensaio explorou a questão espacial sob a ótica de que existem fatores locais e de demanda que explicam o comportamento da disponibilidade hídrica. Os resultados revelaram que do lado da demanda, o PIB, o tamanho da população, os investimentos públicos e, os volumes de lançamentos de efluentes são responsáveis pelas variações no saldo hídrico. Além disso, o modelo explicou cerca de 43% do comportamento do saldo hídrico, portanto, não somente os cuidados com o lado da oferta hídrica devem ser fonte de preocupação, mas também a demanda é um componente importante do problema. Os três cenários de inferência espacial constataram que, nas previsões feitas sobre as variáveis do

modelo para o ano 2020, a região central da bacia será aquela que enfrentará maiores problemas de disponibilidade hídrica; enquanto que a região mais ao leste, nas proximidades de Minas Gerais terá maior saldo hídrico. Logo, isto pode auxiliar às empresas e gestores de política pública a estabelecer um planejamento regional que contemple estas características.

Por fim, novas oportunidades de pesquisa surgem, sejam aquelas que foram elencadas diretamente nos ensaios ou em outras que podem ser vislumbradas a partir deste conjunto de estudos. Essas oportunidades e preocupações devem promover análises, inclusive, a partir de diferentes métodos, tais como um sistema de precificação diferenciado para as águas nas diferentes bacias hidrográficas e usos, em um modelo de equilíbrio geral computável. Ademais, pode-se utilizar outras ferramentas de estatística espacial para melhor entender questões relacionadas à economia dos recursos hídricos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGENCIAPCJ. **Plano das Bacias Hidrográficas dos Rios Piracicaba, Capivari e Jundiá 2010 a 2020**. Relatório final. Cobrape. 2010.
- AGEVAP. **Plano de recursos hídricos da bacia do rio Paraíba do Sul – Resumo**. Rio de Janeiro: Fundação COPPETEC. 2007.
- ALLAN, J.A. Watersheds and problemsheds: explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. **MERIA – Middle East Review of International Affairs**. v. 2 (1), pp.1–3. 1998a.
- ALLAN, J.A. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. **Ground Water**. V. 36 (4), pp.545–546. 1998b.
- ALLAN, J.A. **The Middle East Water Question: Hydropolitics and the Global Economy**. I. B. Tauris, London. 2001.
- ALMEIDA, E.S. de. Lei de Verdoorn local para a agricultura. **Revista Econômica do Nordeste**. V. 42, n.1 pp. 87-104, 2011.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos nas Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá**. Relatório 2008. 2009.
- ANA - Agência Nacional de Águas. **Cobrança pelo Uso de Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do rio Paraíba do Sul**. Relatório 2002. 2003.
- ANDERSON, A.W.; MANNING, T.W. The Use of Input-Output Analysis in Evaluating Water Resource Development. **Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue Canadienne d'agroeconomie**. V.31 pp. 15-26. 1983.
- ANSELIN, L. Local indicators of local association – LISA. **Geographical Analysis**. V.27. n. 2; april, 1995.
- ANSELIN, L.; MacCANN, M. **OpenGeoda**, Open source software for the exploration and visualization of geospatial data. Proceedings of the 17<sup>th</sup> ACM sigspatial, International Conference on advances in geographic information systems. Pp. 550-551. New York, 2009.
- AZZONI, C. R. **Teoria da localização: análise crítica a partir de evidências empíricas no estado de São Paulo**. FEA-USP. São Paulo. Tese de doutoramento em Economia. 1982.
- BALLING JR, R.C.; GOBER, P., JONES N. Sensitivity of residential water consumption to variations in climate: an intra-urban analysis of Phoenix, Arizona. **Water Resources Research**. V. 44. Issue 10. 2008.
- BEHELLI, A. P. P. **Aplicação do método bootstrap em diagnósticos de colinearidade: Resultados experimentais**. Instituto de Matemática, Estatística e Ciência da Computação. Dissertação de mestrado em estatística. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP. 1994.
- BECKMANN, M. J.; THISSE, J. F. The location of production activities. In: NIJKAMP, P. **Handbook of Regional and Urban Economics**. Amsterdam: Elsevier science publishers. Pg. 21-95. 1986.

- BESLEY, D.A.; KUH, E.; WELSCH, R.E. **Regression Diagnostics**: Identifying influential data and sources of colinearity. Ed: John Wiley&Sons Inc. 1980.
- BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M. Geographically weighted summary statistics — a framework for localised exploratory data analysis. **Computers, Environment and Urban Systems**. V. 26, pp. 501–524. 2002.
- BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M. Geographically weighted regression – modeling spatial non-stationarity. **The Statistician**. V. 47, pp. 431-443. 1998.
- BRUNSDON, C.; McCLATCHEY, J.; UNWIN, D.J. Spatial variations in the average rainfall-altitude relationship in Great Britain: an approach using geographically weighted regression. **International Journal of Climatology**. V. 21, pp.455-466, 2001.
- CAPELLO, R. **Regional economics**. New York: Routledge. 2007.
- CARDOZO, O. D. GARCIA-PALOMARES, J.C.; GUTIERREZ, J. Application of geographically weighted regression to the direct forecasting of transit ridership at station-level. **Applied Geography**. V. 34, pp.548-558. 2012.
- CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, R. J. **Economia dos recursos hídricos**. Salvador: Edfuba, 2002.
- CBH-PCJ Comitê das bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiáí – **Relatório de situação dos recursos hídricos da UGRHI 5**. Cetec- Centro Tecnológico da Fundação Paulista de Tecnologia e Educação. 495p. 2002.
- CHANG, H.; PSARIS, M.; local landscape predictors of maximum stream temperature and thermal sensitivity in the Columbia River Basin., USA. **Science of the Total Environment**. V. 461-462; pp.587-600. 2013.
- CHAPAGAIN, A.K., HOEKSTRA, A.Y., SAVENIJE, H.H.G., GAUTAM, R., The water footprint of cotton consumption: an assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries. **Ecological Economics**. V. 60 (1), pp.186–203. 2006.
- CHAPAGAIN, A.; ORR, S. An Improved Water Footprint Methodology Linking Global Consumption to Local Water Resources: A Case of Spanish Tomatoes. **Journal of Environmental Management**, V. 90, pp.1219–1228. 2009.
- CNARH – ANA – **Cadastro Nacional de Usuários de Recursos Hídricos** – Agência Nacional de Águas. Obtido de <<http://cnarh.ana.gov.br/sistemacnarh.asp>>, em 03/03/2013.
- DAMASIO, J.; CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, J.R., SILVEIRA, A.H.P. Impactos da cobrança pelo uso da água: uma metodologia de avaliação. **Bahia Análise & Dados**. Salvador, v. 13, n. Especial, p. 497-513, 2003.
- DAMÁSIO, J.; SILVEIRA, A. H. P.; CARRERA-FERNANDEZ, J. **Efeitos Da Cobrança Do Recurso Água Sobre Agregados Da Economia Brasileira**. Relatório final de Pesquisa. FINEP. 403 p. 2005.
- DUARTE, R. YANG, H. Input-Output and water: introduction to the special issue. **Economic Systems Research**. V. 23:4, pp. 341-351. 2011.
- FEIJÓ, C. A.; et al. **Contabilidade social**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A. A. A água como valor social: considerações acerca de uma prática acadêmica em torno do tema. *In*: FELICIDADE, N.; MARTINS, R. C.; LEME, A. A.. **Uso e gestão dos recursos hídricos no Brasil**. São Carlos: Rima, 2001.

FENG, K.; SIU, Y.L.; GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. **Applied Geography**. 32 (2012) PP. 691-701.

FINBRA – **Finanças do Brasil – Dados Contábeis dos Municípios – Tesouro nacional do Brasil**. <<https://www.tesouro.fazenda.gov.br/pt/component/content/article/48-prefeituras-governos-estaduais/767-contas-anuais>> em **02/06/2013**.

FOTHERINGHAM, A.S.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M.E. **Geographically weighted regression: the analysis of spatially varying relationships**. Chichester-England: John Wiley & Sons, LTD. 2002.

FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M.E.; BRUNSDON, C. The geography of parameter space: an investigation into spatial nonstationarity. **International Journal of GIS**. V. 10, pp.605-627. 1996.

FOTHERINGHAM, A.S.; CHARLTON, M.E.; BRUNSDON, C. Geographically weighted regression: a natural evolution of the expansion method for spatial data analysis. **Environment and Planning A**. V. 30, pp.1905-1927. 1998.

FUJITA, M.; KRUGMAN, P.; VENABLES, A.J. **The Spatial Economy: Cities, Regions, and International Trade**. Massachusetts: MIT press. 2001.

FUNDAÇÃO SOS MATA ATLANTICA. **Mapa das bacias hidrográficas de São Paulo**. obtido de <[http://mapas.znc.com.br/sos\\_bacias\\_sp/index.php](http://mapas.znc.com.br/sos_bacias_sp/index.php)> em 01 jul 2012.

FUSP - Fundação de Apoio à Universidade de São Paulo. **Plano da bacia do Alto Tietê: diagnóstico analítico da bacia**. 2008.

GHOSH, D.; MANSON, S.M. Robust principal component analysis and geographically weighted regression: urbanization in the Twin Cities Metropolitan Area of Minnesota. **URISA Journal – Urban and Regional Information Systems Association**. V. 20, N.1; 2008

GOLLINI, I.; BINBIN, L.; CHARLTON, M.; BRUNSDON, C.; HARRIS, P. **GWmodel: an R package for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models**. Obtido via <<http://arxiv.org/abs/1306.0413>> em 01/02/2014. 2013.

GOODMAN, D.; SORJ, B.; WILKINSON, J. **From farming to Biotechnology: a theory of agro-industrial development**. Oxford: Blackwell. 1987.

GUILHOTO, J.J.M., C.R. AZZONI, S.M. ICHIHARA, D.K. KADOTA, E.A. HADDAD (2010). **Matriz de Insumo-Produto do Nordeste e Estados: Metodologia e Resultados**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil. ISBN: 978.85.7791.110.3. 289 p.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO (2010). “Estimação da Matriz Insumo-Produto Utilizando Dados Preliminares das Contas Nacionais: Aplicação e Análise de Indicadores Econômicos para o Brasil em 2005”. **Economia & Tecnologia**. UFPR/TECPAR. Ano 6, Vol 23, Out.

GUILHOTO, J.J.M., U.A. SESSO FILHO (2005). “Estimação da Matriz Insumo-Produto a Partir de Dados Preliminares das Contas Nacionais”. **Economia Aplicada**. Vol. 9. N. 2. pp. 277-299. Abril-Junho.

HADDAD, P. R. **Contabilidade social e economia regional**: Análise de insumo-produto. Rio de Janeiro: Zahar. 1976

HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISER, S.; ANDRADE, T. A. **Economia Regional**: Teorias e métodos de análise. Fortaleza: BNB-ETENE. 1989.

HEWINGS, G.J.D; DRIDI, C.; GUILHOTO, J.J.M. Impacts of reallocation of resource constraints on the northeast economy of Brazil. **45th Congress of the European Regional Science Association**. Amsterdam, Netherlands – 23-27 August, 2005.

HARRIS, P.; BRUNSDON, C.; CHARLTON, M. Geographically weighted principal components analysis. **International Journal of Geographical Information Science**. V. 25, N. 10 - outubro, pp. 1717–1736. 2011.

HARRIS, P.; BRUNSDON, C.; FOTHERINGHAM, A.S. Links, comparisons and extensions of the geographically weighted regression model when used as a spatial predictor. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**. V. 25 , n.2, pp. 123-138. 2011.

HARRIS, P.; FOTHERINGHAM, A.S.; JUGGINS, S. Robust geographically weighted regression: a technique for quantifying spatial relationships between freshwater acidification critical loads and catchment attributes. **Annals of the Association of American Geographers**. V. 100, n.2, pp.286-306. 2010.

HOEKSTRA, A. Virtual Water: An Introduction. Virtual Water Trade. **Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade**, IHE Delft, The Netherlands. 2003.

HOEKSTRA, A. Y.; HUANG, P. Q. **Virtual water trade**: A quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of water research report series. Institute for Water Education. Holanda: UNESCO-IHE, 66p. 2002.

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **SIDRA**: base de dados - PIB municipal. 2012. acessado em 28 jun 2012.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Censo demográfico 2010**. Obtido via <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> em 01/03/2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **PIB municipal**. Obtido via <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> em 03/03/2013.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – **Consumo Final**. Secretaria de contas nacionais. Obtido via <[www.sidra.ibge.gov.br](http://www.sidra.ibge.gov.br)> em 02/02/2014.

ICHIHARA, S. M. **O uso combinado dos modelos de insumo-produto e técnicas de geoprocessamento**. Tese de doutorado. USP - Universidade de São Paulo / ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. 2007.

IPEADATA – Base de dados do Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Disponível em <[www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)> . Acessado em 12 jun 2013.

IPEADATA – **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada** – PIB Estadual/SP . Obtido via <[www.ipeadata.gov.br](http://www.ipeadata.gov.br)> em 10/02/2014.

- IPT - Instituto de Pesquisas Tecnológicas. **Plano de Bacia da Unidade de Gerenciamento de Recursos Hídricos do Sorocaba e Médio Tietê (UGRHI 10)**. Relatório final. 2008.
- KAGEYAMA, A. Os rurais e os agrícolas de São Paulo no censo de 2000. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**. Brasília: Embrapa, v. 20 n. 3, p. 413-451. 2003.
- LAHOZ, F. A mudança cultural está em curso nas bacias PCJ. **Revista águas do Brasil**. 6ª. Ed. Pg. 47-51. 2013.
- LEISTRITZ, F.L.; LEITCH, J.A; BANGSUND, D.A. Regional economic impacts of water management alternatives: the case of Devils Lake, North Dakota, USA. **Journal of Environmental Management**. V. 66, pp.465-473. 2002.
- LENZEN, M.; FORAN, B. An input–output analysis of Australian water usage. *Water Policy*. 3 (2001) 321–340.
- LEONTIEF, W.; STROUT, A. Multiregional Input-Output analysis. In Barna, T. (ed). *Structural interdependence and economic development*. New York: st. Martin's Press, cap. 2, p. 119-150. 1963.
- LEUNG, Y.; NEI, C.; ZHANG, WX. Statistical tests for spatial nonstationarity based on the geographically weighted regression model. **Environment and Planning A**. v. 32, pp 9-32. 2000.
- LEYK, S.; NORLUND, P.U.; NUCKOLS, J.R. Robust assessment of spatial non-stationarity in model associations related to pediatric mortality due to diarrheal disease in Brazil. **Spatial and spatio-temporal epidemiology**. Vol. 3. Pp.95-105, 2012.
- LIU, X.; CHEN, X. Methods for Approximating the Shadow Price of Water in China. **Economic Systems Research**, V. 20:2, 173-185. 2008.
- LIU, X.; CHEN, X.; WANG, S. Evaluating and Predicting Shadow Prices of Water Resources in China and Its Nine Major River Basins. **Water Resources Management**. (2009) v. 23 pp.1467–1478.
- LLOYD, C.D. Nonstationary models for exploring and mapping monthly precipitation in the United Kingdom. **International Journal of Climatology**. V. 30, pp.390–405. 2010.
- LU, B.; HARRIS, P.; CHARLTON, M.; BRUNSDON, C. **The GWmodel R Package**: Further topics for exploring spatial heterogeneity using geographically weighted models. Obtido via <<http://arxiv-web3.library.cornell.edu/abs/1312.2753>> em 02/03/2014. 2013.
- MAIER, H.R.; DANDY, G.C. Neural networks for the prediction and forecasting of water resources variables: a review of modelling issues and applications. **Environmental Modelling & Software**. V. 15 pp.101–124, 2000.
- MILLER, R. E.; BLAIR, P. D. **Input-Output analysis**: foundations and extensions. 2a. ed. New York: Cambridge U. Press. 2009.
- MIRANDA, C. da R. Insumo-produto e planejamento ambiental. **Revista brasileira de Economia**. Rio de Janeiro, v. 36 (3), pp. 277-302, jul./set. 1982.
- MOREIRA-JUNIOR, P.A.N. **As políticas ambientais de cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul**: uma abordagem insumo-produto.



Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 204 p. 2007.

MOTTA, R. S. da. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Brasília: Ministério do meio ambiente, dos recursos hídricos e da Amazônia legal, 1998.

OLIVEIRA-FILHO, J. D. **Efeitos da cobrança do recurso água sobre agregados da economia brasileira**. Salvador: GERI, 2002. (Relatório de pesquisa).

PÁEZ, A.; LONG, F.; FARBER, S. Moving Window Approaches for Hedonic Price Estimation: An Empirical Comparison of Modelling Techniques. **Urban Studies**. V. 48, n. 8, julho, pp. 1565-1581. 2008.

PARTRIDGE, M. D.; RICKMAN, D.S.; ALI, K.; OLFERT, M. R.. The geographic diversity of U. S. nonmetropolitan growth dynamics: a geographically weighted regression approach. **Land Economics**. V. 84. N. 2, pp. 241-266. 2008.

PEREIRA, R.M. **Aspectos Econômicos Dos Modelos De Cobrança Da Água Pelo Lançamento De Efluentes**: A Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba Do Sul. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 2007.

PNUD - PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. Disponível em: <<http://www.pnud.org.br/atlas/>>. Acesso em: 03/06/2012.

R Core Team. **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Obtido em: <<http://www.r-project.org>>. 2014.

RICHARDSON, H. W. **Insumo-produto e economia regional**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978.

SANTANA, T.A.R. **Estudo dos Impactos Econômicos Da Cobrança Pelo Uso Da Água Na Bacia Do Rio São Francisco**: Uma Abordagem de Insumo-Produto. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 2010.

SANTOS, M. R. M. O princípio do poluidor-pagador e a gestão de recursos hídricos: a experiência europeia e brasileira. *In*: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. da (org.). **Economia do meio ambiente: teoria e prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

SILVEIRA, S. de F.R. **Inter-relações econômicas dos Estados na Bacia do Rio São Francisco** : uma análise de insumo-produto. Tese de Doutorado em Ciências - Área de concentração Economia Aplicada, ESALQ-USP. 2000.

SUTTINON, P.; SEIGO, N. Household Water Demand Prediction Model with Changing Economic Effects by Using Input-Output Table Model. International Water Resources Association. **13th World Water Congress**. 2008. Montpellier - França.

THEIL, H. Economics and information theory. Amsterdam: North Holland Publisher Company. 488p. 1967.

VELÁZQUEZ-ALONSO, E. Matriz de Intercambios de água. Análisis mediante la Teoría de Grafos. **Economía Agraria y Recursos Naturales**. Vol. 3, nº 1, 31-56 (2003).

WEBER, J.A. Integrating conservation targets into water demand projections. **Journal AWWA (American Water Works Association)**. V. 85 n. 8, pp. 63-70. 1993.

WIEDMANN, T.; LENZEN, M. TURNER, K. BARRETT, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities – Part 2: Review of input-output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. **Ecological Economics**. V. 61, pp. 15-26. 2007.

WILSON, A. G. Entropy in urban and regional modeling. Londres: Pion Limited. 166p. 1970.

ZHAO, X.; YANG, H.; YANG, Z.; CHEN, B.; QIN, Y. Applying the Input-Output Method to Account for Water Footprint and Virtual Water Trade in the Haihe River Basin in China. **Environmental Science & Technology**. 2010, v. 44, pp.9150–9156.

## ANEXO 1.1: Resultados Setoriais dos Volumes de Água

Tabela 1.1-1: Montantes setoriais de água estimados segundo cenários por bacia hidrográfica (Milhões de metros cúbicos) - 2020

Usos	Bacias	Setores	Cenários		
			Otimista	Realista	Pessimista
CAPTAÇÃO	PBS	Agropecuária	156,4	118,1	113,6
		Extração Mineral	26,3	19,7	18,9
		Industria	267,8	201,2	193,5
		SIUP	1.053,7	798,7	768,0
		Serviços	111,4	84,8	81,6
	PCJ	Agropecuária	8,0	6,0	5,8
		Extração Mineral	43,3	32,4	31,1
		Industria	90,4	68,4	65,8
		SIUP	206,7	156,6	150,6
		Serviços	62,6	47,5	45,7
	AT	Agropecuária	32,7	25,0	24,0
		Extração Mineral	5,8	4,3	4,1
		Industria	1.070,3	805,6	774,8
		SIUP	1.624,0	1.231,0	1.183,7
	SMT	Agropecuária	134,2	101,0	97,1
		Extração Mineral	9,0	6,7	6,4
		Industria	126,5	95,3	91,7
		SIUP	206,4	156,4	150,3
		Construção Civil	0,0	0,0	0,0
		Comercio	4,5	3,3	3,2
Serviços		10,5	8,0	7,7	
TRANSPOR- SIÇÃO	Resto SE - AT	SIUP	14,7	11,1	10,7
	PBS - Resto SE	SIUP	6.447,3	4.896,3	4.709,2
	PCJ - AT/SMT	SIUP	3.379,9	2.561,7	2.463,2
	AT - SMT	SIUP	928,4	703,2	676,1
LANÇAMENTO	PBS	Agropecuária	4,8	3,6	3,5
		Extração Mineral	2,8	2,1	2,0
		Industria	64,0	48,1	46,2
		SIUP	107,5	81,5	78,4
		Serviços	3,4	2,6	2,5
	PCJ	Agropecuária	2,3	1,7	1,6
		Extração Mineral	6,4	4,8	4,6
		Industria	8,6	6,5	6,3
		SIUP	143,2	108,5	104,3
		Serviços	1,2	0,9	0,9

CONSUMO	AT	Agropecuária	5,9	4,5	4,3
		Extração Mineral	4,3	3,2	3,1
		Industria	969,4	729,7	701,7
		SIUP	866,1	656,5	631,3
		Comercio	0,0	0,0	0,0
	SMT	Agropecuária	15,1	11,3	10,9
		Extração Mineral	7,8	5,7	5,5
		Industria	95,2	71,7	69,0
		SIUP	176,1	133,4	128,3
		Construção Civil	0,0	0,0	0,0
		Comercio	2,4	1,8	1,7
		Serviços	1,3	1,0	0,9
	PBS	Agropecuária	151,6	114,5	110,1
		Extração Mineral	23,5	17,6	16,9
		Industria	203,9	153,1	147,3
		SIUP	946,2	717,2	689,6
		Serviços	108,0	82,2	79,1
	PCJ	Agropecuária	5,7	4,3	4,1
		Extração Mineral	36,8	27,6	26,5
		Industria	81,8	61,9	59,6
SIUP		63,5	48,1	46,2	
Serviços		61,4	46,6	44,8	
AT	Agropecuária	26,8	20,5	19,7	
	Extração Mineral	1,4	1,1	1,0	
	Industria	100,9	76,0	73,1	
	SIUP	757,9	574,5	552,4	
SMT	Agropecuária	119,1	89,6	86,2	
	Extração Mineral	1,3	0,9	0,9	
	Industria	31,3	23,6	22,7	
	SIUP	30,3	23,0	22,1	
	Construção Civil	0,0	0,0	0,0	
	Comercio	2,1	1,5	1,5	
	Serviços	9,2	7,0	6,7	

Fonte: Resultados da pesquisa.

## **ANEXO 1.2: Procedimento de Montagem da Matriz Interregional**

O ponto inicial para a adaptação da matriz interregional bacias-grandes regiões se dá a partir de duas outras matrizes interregionais. A primeira delas foi desenvolvida por Ichihara (2007) para os 645 municípios do estado de São Paulo e as demais 26 unidades da federação, ou seja, uma matriz com 671 regiões, composta originalmente de 8 setores em cada região. Esta matriz foi elaborada com base no ano 2000 e estimada para o ano de 2002. A segunda matriz foi desenvolvida no âmbito do NEREUS – Núcleo de Economia Regional e Urbana da USP – Universidade de São Paulo<sup>37</sup>, por grupo de pesquisadores liderados pelo professor Joaquim José Martins Guilhoto. Esta matriz contém as relações de comércio para as 27 unidades da federação e sua base é o ano 2000 e estimada para o ano 2004, para 20 setores em cada região.

A matriz desenvolvida por Ichihara (2007) contém os valores do comércio interregional e os componentes da demanda final, entretanto não dispõe dos valores dos componentes do lado da oferta, tais como valor adicionado, importações, impostos, etc. pois não era necessário para o estudo que foi implementado, logo não foram estimados estes valores. Por outro lado, a matriz NEREUS é completa. Então, objetivando uma matriz interregional das 4 bacias (PCJ, PBS, AT e SMT) e de 4 grandes regiões brasileiras (Sul, Resto do Sudeste, Centro-Oeste, Norte-Nordeste) foi primordial a obtenção dos coeficientes técnicos do comércio interregional da matriz de Ichihara (2007) e introduzi-los na matriz NEREUS para obter uma matriz completa para essas 8 regiões.

Para tanto, utilizou-se do pressuposto de que não houve mudança na tecnologia entre a matriz de Ichihara (2007) que é ano-base 2002, e a matriz NEREUS cujo ano-base é 2004.

Resumidamente, pode-se dizer que a matriz de Ichihara (2007) possibilitou a obtenção do “miolo ou interior” da matriz NEREUS, para as regiões de interesse (PCJ, PBS, AT, SMT, Resto do Sudeste, Sul, Centro-Oeste, Norte-Nordeste).

Para derivação das bordas direita e inferior das bacias hidrográficas, desagregou-se os componentes da oferta e demanda final da região Sudeste na própria matriz NEREUS. Para as demais regiões, foi possível obter essas bordas

---

<sup>37</sup> Disponível em <<http://www.usp.br/nereus/wp-content/uploads/MIP-20x20-BR-27R-2004.xlsx>>, Acessado em 16/03/2013.

através da matriz NEREUS, empregando a agregação dos respectivos estados nas grandes regiões citadas.

Detalhadamente, a construção da matriz interregional bacias-grandes regiões foi composta de:

1) Obtenção dos fluxos de comércio intersetorial e interregional:

Para obter os fluxos de comércio das matrizes interregionais das bacias hidrográficas, primeiramente foi agregada a matriz desenvolvida por Ichihara (2007). Esta agregação foi implementada observando as áreas de abrangência de cada bacia e os municípios nela contidos. Contudo, tem-se dois casos particulares; as bacias AT e SMT (30 e 34 municípios, respectivamente) estão totalmente contidas dentro do estado de São Paulo, logo, a agregação dos municípios pertencentes às bacias resulta diretamente na matriz de relações comerciais (trocas interindustriais e componentes da demanda final) dessas duas bacias.

Para a bacia PCJ tem-se 58 municípios paulistas e 4 municípios dentro do estado de Minas Gerais e para a matriz PBS tem-se 39 municípios paulistas, 57 municípios dentro do estado do Rio de Janeiro e, 88 municípios dentro do estado de Minas Gerais<sup>38</sup>. Então, as bacias PCJ e PBS estão parcialmente contidas no estado de São Paulo. Para estas, agregou-se os valores das relações comerciais dos municípios constantes do estado de São Paulo e obteve-se as matrizes das bacias para os trechos paulistas.

Algebricamente, como a matriz é quadrada (setor x setor) é possível fazer a agregação através da soma de linhas e colunas referentes aos municípios que compõe cada uma das bacias, tanto para o consumo intermediário, quanto para os componentes da demanda final :

$$k_{ij}^{rs} = \sum_{ij=1}^8 z_{ij}^{rs} \quad (1)$$

$$l_i^{rs} = \sum_{ij=1}^8 f_{ij}^{rs} \quad (2)$$

---

<sup>38</sup> As bacias não coincidem exatamente com os limites municipais, assim optou-se por introduzir como município que compõe as bacias aqueles em que a sede (cidade) está dentro dos limites da bacia. Outra questão é que em alguns poucos casos alguns municípios aparecem nos relatórios de bacias como pertencentes a duas bacias; neste caso o critério da sede foi complementado com a antiguidade na implantação do comitê ou agência das bacias hidrográficas.

Em que  $k_{ij}^{rs}$  são as agregações dos valores das trocas comerciais setoriais em 8 setores nas 4 bacias hidrográficas e para o resto do estado de São Paulo. Estes valores foram obtidos através da soma dos valores das trocas comerciais  $z_{ij}^{rs}$  em cada setor (1 a 8 - agropecuária, extração mineral, indústria, SIUP, construção civil, comércio, serviços, administração pública) e, para o conjunto de municípios que compõe as bacias hidrográficas, bem como o resto do estado de São Paulo.

Para os componentes da demanda final, o resultado pode ser obtido por  $f_{ij}^{rs}$ , ou seja, a agregação de linhas das matrizes municipais para chegar-se a agregação no nível bacia.

Destas operações resultou uma matriz interregional para as 4 bacias hidrográficas (2 completas – AT e SMT, e 2 parciais – PCJ e PBS) e para o Resto do estado de São Paulo.

De forma complementar, tornou-se necessária a agregação das matrizes referentes às unidades da federação em grandes regiões. Para tanto, utilizou-se a mesma forma de agregação e computou-se os valores das trocas intersetoriais e da demanda final, gerando: Matriz Sul (Paraná, Santa Catarina, e Rio Grande do Sul); Matriz Resto do Sudeste (Resto de São Paulo, Rio de Janeiro, Minas Gerais, e Espírito Santo); Matriz Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, e Distrito Federal); e Matriz Norte-Nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Maranhão, Tocantins, Pará, Amazônia, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá).

Ao final destas operações, o resultado observado é uma matriz de 8 regiões (4 bacias e 4 grandes regiões) com 8 setores em cada região, ou seja, 64 x 64.

Desta matriz, extraiu-se os coeficientes técnicos sobre as relações intersetoriais e interregionais, que representam a proporção do consumo intermediário total que é distribuído entre os setores e regiões. Isto é feito através da seguinte expressão:

$$b_{i,j}^{r,s} = \frac{k_{i,j}^{r,s}}{\sum k_j^s} \quad (3)$$

Esta expressão representa a proporção de cada elemento da matriz de fluxos comerciais intersetoriais e interregionais frente ao seu total, ou seja, é o “*share*” ou coeficientes do comércio intersetorial e interregional.

Entretanto, como o objetivo é obter coeficientes que representem as proporções de comércio para alimentar o “interior” da matriz NEREUS, a proporção é feita em relação ao consumo intermediário setorial total de cada uma das regiões. Representa-se, em notação matricial, esta matriz de coeficientes como matriz “**B**”.

Para que este mecanismo seja válido é necessário estabelecer dois pressupostos:

- a) Os coeficientes técnicos do consumo intermediário são constantes entre os anos-base da matriz interregional de Ichihara (2007) que é de 2002, e a matriz interregional NEREUS de 2004.
- b) Os coeficientes técnicos do consumo intermediário para as bacias (PCJ e PBS) parcialmente pertencentes ao estado de São Paulo são válidos para toda a bacia, ou seja, a mesma estrutura de trocas é observado em toda a bacia<sup>39</sup>.

Assim, obteve-se os valores das trocas intersetoriais interregionais (“miolo” ou “interior”) da matriz NEREUS a partir da multiplicação da matriz de coeficientes “**B**” por uma matriz diagonalizada de consumo intermediário setorial-interregional da matriz NEREUS. Resolvida esta primeira etapa, passou-se a tarefa de obter as bordas desta matriz.

- 2) Obtenção de *proxies* dos valores das variáveis das bordas da matriz para as bacias.

Como a matriz NEREUS é composta de 27 regiões (unidades da federação), agregou-se essa matriz para obter as grandes regiões brasileiras: Sul (Paraná, Santa Catarina, e Rio Grande do Sul), Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro, Minas

---

<sup>39</sup> Para o caso da bacia PCJ, 98,8% do PIB da bacia se encontra no estado de São Paulo e apenas 1,2% no estado de Minas Gerais; Para a bacia PBS, 43,3% do PIB da bacia se encontra dentro do estado de São Paulo, 7,6% no estado de Minas Gerais e 49,1% no estado do Rio de Janeiro. IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística / PIB – Produto Interno Bruto para o ano de 2002. Base de dados disponível em <[http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Pib\\_Municipios/2004/Pib\\_municipios1999\\_a\\_2004.zip](http://servicodados.ibge.gov.br/Download/Download.ashx?u=ftp.ibge.gov.br/Pib_Municipios/2004/Pib_municipios1999_a_2004.zip)>; acessado em 12/05/2013.



Geraias, e Espírito Santo), Centro-Oeste (Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, e Distrito Federal), Norte-Nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Piauí, Ceará, Maranhão, Tocantins, Pará, Amazônia, Acre, Rondônia, Roraima, Amapá)

Contudo, esta agregação se refere aos componentes do lado da oferta (produto nacional, produto importado, impostos, remunerações, excedente operacional bruto, valor adicionado, subsídios, PIB, valor da produção e produto total), em cada região e em cada setor.

Então, obteve-se uma matriz interregional para 4 grandes regiões (Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Norte-Nordeste). Como todas as bacias se encontram na região sudeste, necessitou-se de um método para extrair, das variáveis da região sudeste que representam a demanda final e componentes da oferta, os valores de cada uma das bacias. Em outras palavras, desagregou-se a região sudeste (nas bordas da matriz) e, com isso originaram-se outras 5 regiões denominadas: Resto do Sudeste, PCJ, PBS, AT, SMT.

No ajustamento da borda inferior da matriz à nova regionalização, a estratégia testada e que se tornou viável, foi a utilização dos valores adicionados disponibilizados pelo IBGE no PIB municipal (2004 – mesmo ano da matriz NEREUS) nos setores disponíveis (agropecuária, indústria, serviços, administração pública), para obter uma medida “*share*” e desagregar o valor adicionado da região Sudeste.

Entretanto, os setores da matriz comparativamente àqueles disponibilizados pelo IBGE não são coincidentes, uma vez que a matriz NEREUS agora é composta de 8 setores por região (agropecuária, extração mineral, indústria, SIUP, construção civil, comércio, serviços e administração pública). Mas, como existe correspondência direta entre dois setores (agropecuária e administração pública), para estes foi apenas necessário agregar os valores do valor adicionado para os municípios constantes de cada uma das bacias e obter o “*share*” da região sudeste. O valor adicionado desses dois setores para cada bacia é obtido pela multiplicação do coeficiente (“*share*”) pelo valor adicionado total da região Sudeste encontrado na matriz NEREUS. Com os dados PIB – IBGE (2004) é possível calcular:

$$S_i^r = \frac{\sum_{i=1}^2 v_i^r}{\sum_{i=1}^2 v_i^{SE}} \quad (4)$$

$$V_i^r = S_i^r * \sum_{i=1}^5 va_i \quad (5)$$

Algebricamente,  $S_i^r$  é o “share” para os “i” setores (agropecuária e administração pública) e para as “r” regiões (bacias: PCJ, PBS, AT, SMT). O “share” é obtido pela divisão do somatório do valor adicionado ( $v_i^r$ ) para cada setor (agropecuária, administração pública) em cada região (soma nos municípios das bacias), pela soma do valor adicionado para cada setor nos municípios da região Sudeste ( $v_i^{SE}$ ). Então, para obter a desagregação do valor adicionado nos dois setores em questão multiplicou-se o “share” pela soma do VA da matriz NEREUS ( $\sum_{i=1}^5 va_i$ ).

Para os 6 setores restantes (extração mineral, indústria, construção civil, comércio e serviços) utilizou-se a agregação destes em dois grupos para uma melhor compatibilização com os setores do PIB – IBGE (indústria, serviços). Então os setores: extração mineral, indústria, SIUP, construção civil; foram agregados em um setor chamado Indústria-NEREUS; e os setores comércio e serviços foram agregados em um setor chamado Serviços-NEREUS.

$$ISN_i = \sum_{i=1}^n Va_i^r \quad (6)$$

Algebricamente cada agregado, seja da indústria ou serviços é a soma do valor adicionado ( $Va_i^r$ ) da região sudeste (r) para o grupo de setores (i) que compõe cada agregado. Para a indústria: extrativa mineral, indústria, SIUP e construção civil; e para os Serviços: comércio e serviços.

Então, encontrou-se a proporção de cada setor que compõe o agregado, ou seja, por exemplo, a proporção do setor comércio frente ao  $ISN_i$  para o agregado Serviços; e a proporção do setor serviços frente ao  $ISN_i$  para o agregado Serviços. Algebricamente tem-se:

$$PVA_i = \frac{Va_i}{ISN_i} \quad (7)$$

A equação acima é proporção do valor adicionado de cada setor ( $i$ ) da matriz NEREUS sobre o agregado de setores ( $ISN_i$ ) que é compatível com o PIB – IBGE.

Do lado das informações do PIB – IBGE agregou-se o valor adicionado dos municípios de cada bacia hidrográfica em cada setor (indústria, serviços), bem como foi necessário também agregar o valor adicionado dos municípios que compõem a região sudeste em cada setor (indústria, serviços). A partir destes agregados foi possível encontrar a proporção de cada setor de cada bacia hidrográfica sobre cada setor no total da região sudeste. Matematicamente tem-se:

$$PVAI_i^r = \frac{Va_i^r}{Va_i^{SE}} \quad (8)$$

Em que  $PVAI_i^r$  é a proporção do valor adicionado (base PIB – IBGE) para os setores agregados (indústria, serviços) nas bacias hidrográficas ( $r$ ). Esta variável é obtida pela divisão do valor adicionado do PIB-IBGE em cada setor ( $i$ ) e bacia hidrográfica ( $r$ ), pelo valor do valor adicionado base PIB-IBGE em cada setor ( $i$ ) na região sudeste. A variável  $PVAI_i^r$  é utilizada então para chegar-se ao valor adicionado para a matriz NEREUS nos setores agregados ( $i$ ) e nas bacias hidrográficas ( $r$ ), tal como na expressão:

$$VAN_i^r = \sum_{i=1}^8 VAN_i^{SE} * PVAI_i^r \quad (9)$$

Finalmente, para chegar-se aos valores de valor adicionado para cada um dos 8 ( $i$ ) setores da matriz NEREUS e para cada bacia hidrográfica teve-se que multiplicar a variável  $VAN_i^r$  pela proporção  $PVA_i$  apurada anteriormente.

$$VAN_i^r = VAN_j^r * PVA_i \quad (10)$$

Então, o valor agregado para a matriz NEREUS ( $VAN_i^r$ ) nos 8 setores ( $i$ ) e para as 4 bacias hidrográficas ( $r$ ) é dado pela multiplicação do valor adicionado NEREUS ( $VAN_i^r$ ) para os setores agregados ( $i$ ) e bacias hidrográficas ( $r$ ), pela proporção do valor adicionado NEREUS dos setores agregados ( $f$ ) nos setores da matriz ( $i$ ). Em outras palavras, trata-se de fatiar os valores de valor adicionado das bacias hidrográficas dos (2 – indústria, serviços) setores agregados na base PIB-IBGE, nos (6 – extração mineral, indústria, SIUP, construção civil, serviços, comércio) setores da matriz NEREUS. Os valores referentes a região Resto do Sudeste são obtidas por diferença entre o total setorial da região Sudeste e os totais setoriais das bacias hidrográficas.

$$VAN_i^{RSE} = VAN_i^{SE} - \sum VAN_i^r \quad (11)$$

Em que  $VAN_i^{RSE}$  é o valor adicionado da região Resto do Sudeste para cada um dos ( $i$ ) setores, que é obtido através da diferença entre o valor adicionado de cada um dos setores da região Sudeste ( $VAN_i^{SE}$ ), e a soma dos valores adicionados ( $\sum VAN_i^r$ ) das bacias hidrográficas ( $r$ ) em cada um dos setores ( $i$ ). Finalizado todo este procedimento, foi obtida a linha completa do valor adicionado setorial para as 4 grandes regiões (Sul, Resto do Sudeste, Centro-Oeste, Norte-Nordeste) e para as 4 bacias hidrográficas (PCJ, PBS, AT, SMT).

A partir desta linha em específico obteve-se os valores para as regiões (Resto do Sudeste, PCJ, PBS, AT, SMT) nas demais linhas (outras variáveis) da borda inferior da matriz interregional NEREUS.

Primeiramente, apurou-se os valores do consumo intermediário total, remunerações, excedente operacional bruto (EOB), outros impostos sobre a produção, outros subsídios sobre a produção, todos para os setores da matriz e para as regiões (Resto do Sudeste, PCJ, PBS, AT e SMT).

$$Q_i^r = VAN_i^r * \left( \frac{Q_i^{SE}}{VAN_i^{SE}} \right) \quad (12)$$

Em que " $Q$ " é o "consumo intermediário total", "remunerações", "EOB – excedente operacional bruto", "outros impostos sobre a produção", ou "outros subsídios sobre a produção" para os " $i$ " setores da matriz.

As variáveis “produto nacional”, “produto importado” e “impostos” são obtidas, respectivamente, como função do consumo intermediário total setorial e regional apurado (última fórmula).

$$PIN_i^r = CI_i^r * \left( \frac{PIN_i^{SE}}{CI_i^{SE}} \right) \quad (13)$$

Em que  $PIN$  é o “produto nacional”, “produto importado” ou “impostos”, nos “ $i$ ” setores e “ $r$ ” regiões ou para o total da região sudeste “ $SE$ ”; “ $CI$ ” é o “consumo intermediário total” para os setores da matriz e, para as “ $r$ ” regiões ou para o total da região sudeste “ $SE$ ”.

Para as variáveis “salários”, “contribuições sociais efetivas” e “contribuições sociais imputadas” utilizou-se a variável “remunerações” para balizar o rateio nas regiões e setores da matriz.

$$SC_i^r = REM_i^r * \left( \frac{SC_i^{SE}}{REM_i^{SE}} \right) \quad (14)$$

Em que “ $SC$ ” são os “salários”, “contribuições sociais efetivas” ou “contribuições sociais imputadas”, para os “ $i$ ” setores da matriz e para as “ $r$ ” regiões ou simplesmente para o total da região sudeste “ $SE$ ”; enquanto que “ $REM$ ” é o valor das “remunerações” para os “ $i$ ” setores da matriz, nas “ $r$ ” regiões ou somente para o total da região sudeste “ $SE$ ”.

Os valores para as variáveis “previdência social/FGTS” e “previdência privada” foram obtidos utilizando-se a variável “contribuição social efetiva” como base para a distribuição dos valores.

$$PP_i^r = CSE_i^r * \left( \frac{PP_i^{SE}}{CSE_i^{SE}} \right) \quad (15)$$

Nesta expressão, “ $PP$ ” é a “previdência social/FGTS” ou “previdência privada” para os “ $i$ ” setores e para as “ $r$ ” regiões ou tão somente para o total da região sudeste “ $SE$ ”; e “ $CSE$ ” representa “contribuições sociais efetivas” para os “ $i$ ” setores e nas “ $r$ ” regiões ou apenas para o total da região sudeste “ $SE$ ”.

A variável PIB é obtida através da soma dos valores de “valor adicionado”, “outros impostos sobre a produção” e deduzidos os “subsídios”, tal como:

$$PIB_i^r = VAN_i^r + OIP_i^r - OSP_i^r \quad (16)$$

Em que "*PIB*" é o "produto interno bruto"; "*VAN*" é o "valor adicionado"; "*OIP*" significa "outros impostos sobre a produção" e, "*OSP*" são os "outros subsídios sobre a produção"; e todas essas variáveis são computadas para os "*i*" setores, e "*r*" regiões da matriz.

Complementarmente, a variável "valor da produção" é dada pela soma entre PIB e consumo intermediário total; tal como:  $VBP_i^r = PIB_i^r + CI_i^r$ , em que VBP é o "valor bruto da produção", para os "*i*" setores e "*r*" regiões.

Por fim, na borda inferior da matriz, restou apurar o montante de "pessoal ocupado", o qual se fez como função do PIB:

$$PO_i^r = PIB_i^r * \left( \frac{PO_i^{SE}}{PIB_i^{SE}} \right) \quad (17)$$

Em que "*PO*" é o montante de "pessoal ocupado", para os "*i*" setores e "*r*" regiões ou somente para o total da região sudeste "*SE*".

Para finalizar o ajuste da matriz, duas variáveis calculadas na borda inferior são usualmente apresentadas na borda do lado direito, quais sejam: valores setoriais-interregionais totais do consumo intermediário e produto total. Portanto, não existe a necessidade de calcular-se esses valores.

Resta ainda, para os componentes da demanda final, o cálculo dos valores referentes às bacias hidrográficas, bem como da região Resto do Sudeste. A equação padrão para a obtenção do produto total, pelo lado da demanda, torna claro as variáveis a serem trabalhadas.

$$X_i^r = CI_i^r + CF_i^r + CG_i^r + EX_i^r + FBCF_i^r \pm VE_i^r \quad (18)$$

Em que todas as variáveis são apuradas por setor e região:  $X_i^r$  = Produto total;  $CI_i^r$  = Consumo intermediário;  $CF_i^r$  = Consumo das famílias;  $CG_i^r$  = Consumo das administrações públicas;  $EX_i^r$  = exportações;  $FBCF_i^r$  = Investimentos;  $VE_i^r$  = Variação

de estoques. Como os componentes  $X_i^r$  e  $CI_i^r$  são obtidos por transposição da borda inferior, resta ainda obter os valores para as bacias para as demais variáveis.

Para desagregar a variável consumo das famílias com respeito a regionalização das bacias hidrográficas sobre a região sudeste, utilizou-se a renda das famílias por município disponível no censo demográfico brasileiro de 2000. A partir desta informação obteve-se um “share” da renda dos municípios que compõe cada uma das bacias hidrográficas, frente a renda total da região sudeste. Algebricamente tem-se:

$$CF_i^r = CF_i^{SE} * \left( \frac{Y^r}{Y^{SE}} \right) \quad (19)$$

Em que,  $CF_i^{SE}$  é o consumo das famílias setorial agregado para todo sudeste (variável disponível originalmente na matriz);  $Y^r$  é a renda somada para os grupos de municípios que compõe cada bacia hidrográfica – dados do censo demográfico IBGE-2000;  $Y^{SE}$  é a renda somada para todos os municípios que compõe a região sudeste – dados do censo demográfico IBGE-2000.

Analicamente, extraiu-se uma proporção da renda para cada bacia hidrográfica e aplicou-se sobre a variável de consumo das famílias disponível na matriz para todo o sudeste, assim obtém-se os valores estimados de cada bacia hidrográfica com respeito ao consumo das famílias nos setores da matriz e para a regiões bacia-Resto do Sudeste.

Para a variável consumo das administrações públicas o procedimento foi semelhante ao utilizado para o consumo das famílias, contudo empregando os gastos das administrações públicas, cujos dados são disponibilizados pela Secretaria do Tesouro Nacional, para o ano de 2004. Em termos matemáticos tem-se:

$$CG_i^r = CG_i^{SE} * \left( \frac{G^r}{G^{SE}} \right) \quad (20)$$

Em que:  $CG_i^{SE}$  é o consumo das administrações públicas, em setores, para a região sudeste (disponível na matriz);  $G$  são os gastos da administração pública (Tesouro Nacional – 2004), tanto para o total do sudeste “SE”, quanto para as “r”

regiões (bacias hidrográficas-grande região). Novamente, obteve-se um “share” proxy para distribuir o total apresentado na matriz região sudeste.

Para as exportações, a dificuldade de obter informações sobre os setores SIUP, construção civil, serviços e administração pública fez com que uma opção viável fosse utilizar as proporções das exportações (distribuição setorial) observadas na matriz de Ichihara (2007) que tem como base o ano de 2002, frente a matriz de 2004 NEREUS. Então, para os setores SIUP, construção civil, serviços e administração pública utilizou-se a seguinte expressão para as bacias AT e SMT:

$$EXP_i^{AT,SMT} = EXP_i^{SE} * \left( \frac{EXPI_i^{AT,SMT}}{EXPI_i^{SE}} \right) \quad (21)$$

Em que,  $EXP_i^{AT,SMT}$  são as exportações para os setores definidos (SIUP, construção civil, serviços e administração pública) para as bacias AT e SMT;  $EXP_i^{SE}$  são as exportações totais do sudeste para os setores anteriormente mencionados (dados da matriz NEREUS);  $EXPI_i^{AT,SMT}$  são as exportações para os setores definidos para as bacias AT, SMT (dados da matriz Ichihara(2007));  $EXPI_i^{SE}$  são as exportações totais da região sudeste nos setores em análise (dados da matriz de Ichihara (2007)) . Em outras palavras, obteve-se um “share” da participação de cada bacia hidrográfica (AT, SMT) no sudeste para os setores selecionados e então aplicou-se sobre os totais exportados na região sudeste; assim, encontrou-se uma proxy dos valores das exportações para as bacias hidrográficas e setores selecionados.

Para as bacias PCJ e PBS tornou-se necessária uma proporção adicional em virtude das mesmas não estarem totalmente dentro do estado de São Paulo: algebricamente tem-se:

$$EXP_i^{PCJ,PBS} = EXP_i^{SE} * \left( \frac{EXPI_i^{PCJ,PBS}}{EXPI_i^{SE}} + \frac{EXPA^{PCJ,PBS(Comp)}}{EXPA^{SE}} \right) \quad (22)$$

Em que,  $EXP_i^{PCJ,PBS}$  são as exportações nos setores em análise para as bacias PCJ e PBS;  $EXP_i^{SE}$  são as exportações totais da região sudeste para os setores supra citados (dados da matriz NEREUS);  $EXPI_i^{PCJ,PBS}$  são as exportações nos setores analisados para as bacias PCJ e PBS (dados de Ichihara (2007));



$EXP_i^{SE}$  são as exportações nos setores em análise para a região sudeste (dados de Ichihara (2007));  $EXPA^{PCJ,PBS(Comp)}$  é o total das exportações para cada uma das bacias hidrográficas (isoladamente) somente para as partes das bacias daqueles estados que extrapolam o estado de São Paulo (dados Aliceweb-MDIC 2002);  $EXPA^{SE}$  são as exportações totais do sudeste (dados Aliceweb-MDIC 2002).

Ainda, para os demais setores, cujas informações são encontradas no sistema Aliceweb-MDIC (agropecuária, extrativa mineral, indústria, comércio), a forma adotada para extrair as exportações das bacias do total da região sudeste é:

$$EXP_i^r = EXP_i^{SE} * \left( \frac{EXPA_i^r}{EXPA_i^{SE}} \right) \quad (23)$$

Em que,  $EXP_i^r$  são as exportações nos setores determinados e para as bacias hidrográficas (PCJ, PBS, AT, SMT);  $EXP_i^{SE}$  são as exportações dos setores anteriormente citados para a região sudeste (dados da matriz NEREUS);  $EXPA_i^r$  são as exportações dos setores em análise para as bacias em estudo;  $EXPA_i^{SE}$  são as exportações dos setores selecionados na região sudeste.

Para finalizar as estimativas de exportações deve-se obter as exportações da região Resto do Sudeste. Para tanto, empregou-se a seguinte igualdade:

$$EXP_i^{RSE} = EXP_i^{SE} - EXP_i^r \quad (24)$$

Em que,  $EXP_i^{RSE}$  são as exportações setoriais para a região Resto do Sudeste (RSE);  $EXP_i^{SE}$  são as exportações setoriais totais da região sudeste (dados matriz NEREUS); e  $EXP_i^r$  são as exportações setoriais das bacias hidrográficas, este último membro calculado pelas equações anteriores.

Outra variável da demanda final que necessitou ser desagregada para as bacias hidrográficas a partir do total da região sudeste, foram os investimentos. Para tanto, a exemplo das exportações, novamente se faz necessária uma distinção em termos setoriais. A questão é que os investimentos geralmente são uma função do excedente operacional bruto e isso pode ser uma verdade para quase todos os setores. Uma exceção é o setor “administração pública” no qual os investimentos tem uma lógica diferenciada.

$$FBCF_{Ap}^r = FBCF_{Ap}^{SE} * \left( \frac{FBCFtn_{Ap}^r}{FBCFtn_{Ap}^{SE}} \right) \quad (25)$$

Em que,  $FBCF_{Ap}^r$  são os investimentos do setor de administração pública para as bacias hidrográficas;  $FBCF_{Ap}^{SE}$  são os investimentos do setor de administração pública para o total da região sudeste (dados da matriz NEREUS);  $FBCFtn_{Ap}^r$  são os investimentos do setor de administração pública para o conjunto de municípios de cada uma das bacias hidrográficas (dados do Tesouro Nacional 2004);  $FBCFtn_{Ap}^{SE}$  são os investimentos para o setor de administração pública para o total da região sudeste (dados do Tesouro Nacional 2004).

Para os demais setores, os valores dos investimentos foram estimados como função do PIB, uma vez que se utilizada a regra de que os investimentos seriam uma função do excedente operacional bruto, os valores obtidos seriam irreais para a economia brasileira, tal como por exemplo o setor agrícola investiria para o ano de 2004 a proporção de 43% do EOB, ou por exemplo o setor indústria investiria 63% do EOB. Como os investimentos são em grande parte financiados e o volume de financiamentos está vinculado ao tamanho da economia como um todo, então optou-se por utilizar o PIB como variável “Proxy” para obter o volume de investimentos a partir do total da região sudeste. Matematicamente tem-se:

$$FBCF_i^r = PIB_i^r * \left( \frac{FBCF_i^{SE}}{PIB_i^{SE}} \right) \quad (26)$$

Em que,  $FBCF_i^r$  são os valores dos investimentos para os setores (agropecuária, extração mineral, indústria, SIUP, construção civil, serviços, comércio);  $PIB_i^r$  são os valores do PIB setorial para as bacias hidrográficas (calculados na borda inferior da matriz NEREUS);  $FBCF_i^{SE}$  são os valores dos investimentos setoriais para o total da região sudeste (dados da matriz NEREUS);  $PIB_i^{SE}$  são os valores do PIB setorial para o total da região sudeste (dados da matriz NEREUS).

Para a região Resto do Sudeste (RSE) os valores setoriais dos investimentos saem por diferença, tal como:

$$FBCF_i^{RSE} = FBCF_i^{SE} - FBCF_i^r \quad (27)$$

Portanto, os investimentos setoriais da região Resto do Sudeste são obtidos pela diferença entre os investimentos setoriais do total da Região Sudeste e a soma dos investimentos estimados para os setores das bacias hidrográficas.

Para finalizar o procedimento de estimativa da borda do lado direito da matriz (componentes da demanda final), ainda resta estimar os valores para a “variação de estoques”. Para esta variável a estimativa é mais amigável pois os seus valores são extraídos por diferença a partir da seguinte equação:

$$X_i^r = CI_i^r + CF_i^r + CG_i^r + EX_i^r + FBCF_i^r \pm VE_i^r \quad (28)$$

$$VE_i^r = CI_i^r + CF_i^r + CG_i^r + EX_i^r + FBCF_i^r - X_i^r \quad (29)$$

Uma vez que todas as variáveis dos componentes da demanda final foram estimadas anteriormente (com exceção da variável variação de estoques) para todas as regiões (bacias hidrográficas e Resto do Sudeste) e seus setores, basta empregar a equação acima e então chega-se a variável “variação de estoques” para as regiões de interesse e seus setores.

Neste ponto, a matriz interregional se encontra com as bordas totalmente calculadas, resta portanto calcular o “interior” da matriz a partir do primeiro item deste anexo metodológico, no qual estimou-se coeficientes técnicos para justamente obter os valores do consumo intermediário. Para tanto, é necessário multiplicar uma matriz diagonalizada do vetor de consumo intermediário (estimado na borda inferior da matriz), por aquela matriz de coeficientes técnicos (apurada anteriormente). Em termos matriciais aplica-se a seguinte expressão:

$$\mathbf{Z} = \hat{\mathbf{c}}\mathbf{B} \quad (30)$$

Em outras palavras, através deste cálculo foram distribuídos os valores do consumo intermediário ( $\hat{\mathbf{c}}$ ), através da multiplicação por uma matriz de coeficientes técnicos ( $\mathbf{B}$ ), e obteve-se os valores do consumo intermediário na forma da matriz  $\mathbf{Z}$ .

Assim, finalizou-se o processo de ajuste da matriz interregional de 27 regiões NEREUS em uma matriz de 8 regiões (4 bacias e 4 grandes regiões). Deve-

se ressaltar que foi primordial o acesso à matriz estimada por Ichihara (2007) bem como a disponibilidade da matriz NEREUS, sem as quais este trabalho não poderia ter sido feito.

### ANEXO 1.3: Compilação de Estudos - Insumo-Produto e Água

N.	Referência	Local de Estudo, Ano da Matriz, Tipo de Modelo	Objetivos	Principais Resultados
<b>ESTUDOS INTERNACIONAIS COM METODOLOGIA INSUMO-PRODUTO E QUE TRATAM DE QUESTÕES REFERENTES À ÁGUA</b>				
1	ABUAL-FOUL, B. M. Water Consumption and Economic Growth In Jordan: An Input-Output Analysis. PhD dissertation. University of Utah. USA. 1994	Jordânia - 1983 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 35 setores.	Verificar como o crescimento econômico afeta a escassez de água em dois cenários (anos de 1990 e 2000).	Para o primeiro cenário de crescimento (mais intenso), o déficit de água inicia no ano de 1990, considerando as projeções feitas. Em 1995 o déficit cresce aproximadamente 260 milhões de metros cúbicos de água. No cenário de crescimento mais modesto, em 1990 não há déficit de água, que começa em 1995 com aprox. 62 milhões de metros cúbicos de água, e 261 milhões de metros cúbicos em 2000.
2	ANDERSON, A. W.; MANNING, T. W. The Use of Input-Output Analysis in Evaluating Water Resource Development. Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie, v. 31 pp.15-26. 1983.	Canadá : Bacia do Rio Saskatchewan Sul - 1979 - Modelo Regional (bacia) - 67 setores / 71 produtos.	Este artigo descreve um modelo analítico para estudar o desenvolvimento da demanda por recursos hídricos. A versão final do modelo insumo-produto utilizado é retangular, que é conversível em uma forma de programação linear. O estudo foi realizado para determinar a relação entre o uso da água para as atividades econômicas na região e prever possíveis demandas futuras de água.	O autor pondera uma série de problemas no trato da matriz retangular. Os resultados de programação linear sugerem que o procedimento de otimização de programação linear utilizado nos setores para gerar demanda intermediária, permitiu que o nível de produto aumentasse noutros setores. Os setores fictícios introduzidos para que a otimização pudesse ser implementada tendem a "fugir" da solução Para o modelo de programação linear com setores fictícios, incluídas as soluções ótimas, esses setores contem níveis de atividade ou produção dez a vinte vezes os valores do ano-base.
3	ANTONELLI, M.; ROSON, R.; SARTORI, M. Systemic Input-Output Computation of Green and Blue Virtual Water 'Flows' with an Illustration for the Mediterranean Region. Water Resource Management. 2012	Países do Mediterrâneo - 2004 - Modelo Regional (11 países + 2 regiões - Não-bacia)- Não identificados os setores - 7 produtos	Fazer estimativas de fluxos de água virtual (água exportada através de produtos) com a análise insumo-produto, considerando efeitos diretos e indiretos.	Exportadores de água virtual são: Turquia e França. Volumes significantes de importações de "blue water" são observados em: Marrocos e Tunísia. Elevadas exportações de água são estimadas quando interdependências sistêmicas (efeitos diretos e indiretos e análise interregional) são consideradas: Grécia e Espanha.

4	<p>AVISO, K.B., TAN, R.R., CULABA, A.B., CRUZ-JR, J.B. Fuzzy input-output model for optimizing eco-industrial supply chains under water footprint constraints. <i>Journal of Cleaner Production</i>. V. 19 (2011) pp. 187-196.</p>	<p>Itália e Filipinas - Sem data-base explícita - Modelo Nacional (não-bacia) - Não explícita o num. de setores</p>	<p>Desenvolve um modelo para a otimização da cadeia de suprimentos na presença de múltiplos atores / tomadores de decisão e restrições de pegada hídrica (Quantidade de água consumida/utilizada na produção/consumo de produtos). Usa os dados da matriz IP para alimentar um programa de otimização fuzzy.</p>	<p>Dois estudos de caso foram usados para demonstrar a capacidade do modelo para identificar a rede ideal de materiais/troca de produtos entre as diferentes regiões para atender à demanda regional de produtos e atingir metas de pegada hídrica para produção ou consumo. O modelo considera simultaneamente os objetivos fuzzy definidos para várias regiões/partes interessadas ou tomadores de decisão em um ou outro nível empresarial ou contextos. O modelo é significativo na alocação de responsabilidade ambiental entre o consumidor e o produtor.</p>
5	<p>BARANOV, A.O.; PAVLOV, V.N.; TAGAEVA.T.O. Analysis and Forecast of the State of Environmental Protection in Russia: A Dynamic Input-Output Model. <i>Environmental &amp; Resource Economics</i>. V. 9, pp. 21-42. 1997.</p>	<p>Rússia - 1994 e 1998 - Modelo Nacional Dinâmico (não-bacia) - Não fornece o número total de setores</p>	<p>Analisar a dinâmica da emissão de poluentes na atmosfera e na água e, o custo de se remover estes poluentes. Prever essas informações para o ano de 1998.</p>	<p>Principais resultados do trabalho são: Os resultados mostraram que, se as tendências de baixos custos de capital para proteção ambiental permanecerem, então o impacto ambiental negativo irá aumentar. A fim de implementar programas ecológicos e acordos internacionais para aumentar a proporção de remoção de poluentes, é necessário aumentar substancialmente os gastos com purificação de recursos hídricos e do ar. A proporção de investimentos em proteção ambiental, no valor total dos custos de capital nacional da economia deve aumentar em até 12-40% de acordo com diferentes cenários do desenvolvimento econômico e diferentes propósitos da política de proteção ambiental.</p>
6	<p>BEKCHANOV, M.; BHADURI, A.; LENZEN, M.; LAMERS, J.P.A. The role of virtual water for sustainable economic restructuring: evidence from Uzbekistan, Central Asia. ZEF - Discussion Papers on Development Policy No. 167. Center for Development Research, University of Bonn, June 2012, pp. 34.</p>	<p>Uzbequistão - 2005 - Modelo Nacional (Não-Bacia) - 20 setores</p>	<p>Este estudo tem como objetivo identificar setores econômicos de acordo com seu potencial de crescimento sustentável. Para este fim, utilizou-se um modelo de insumo-produto nacional para estimar os encadeamentos econômicos para frente e para trás e propor medidas de articulação entre setores com conteúdo de água virtual.</p>	<p>Os resultados indicam que o desenvolvimento de indústrias de agro-processamento e do setor pecuário que não dependem da produção de matérias-primas agrícolas, como algodão, trigo e arroz, proporcionam um desenvolvimento econômico mais sustentável no Uzbequistão. No entanto, para explorar essas vantagens comparativas, a infraestrutura necessária de mercado e instituições, bem como um maior controle sobre a água residual precisa ser implementado.</p>

7	CANION, R.L.; TROCK, W.L. Input-Output as a Method of Evaluation of the Economic Impact of Water Resources Development. Texas. A & M University. Texas Water Resources Institute. Technical report. TR-12, 1968.	USA : Texas - Municipios de Anderson, Cherokee, Smith, Henderson, Van Zandt. - 1952 - Modelo Regional (parte de bacia) - 31 setores.	Estudar os impactos econômicos da captação de água no Blackburn Crossing Reservoir. Fazer previsão para 1958 de um impacto de aumento na disponibilidade de água.	Os resultados apresentam um aumento na demanda por água de cerca de 85%, em que os setores de destaque são Indústria metalúrgica, Setor de beneficiamento de Pedras e Argilas e, setor de refino de petróleo e gás natural.
8	CAZCARRO, I; DUARTE, R.; SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. A multiregional Input-Output model for the evaluation of Spanish water flows. Environmental Science & Technology. 2013.	Espanha : 17 regiões e União Europeia e Resto do Mundo - 2005 - Modelo Multirregional (Não-bacia) 40 setores.	Estudar os fluxos de água e impactos das regiões China, Austrália, México e Reino Unido, sobre a economia da Espanha.	A economia espanhola é importadora de água via produtos importados, eles são usados pela demanda doméstica, mas a Espanha também exporta água, especialmente via produtos agrícolas vendidos na união europeia. Ambos comércios são fortes na maioria das regiões.
9	CHANAN, A.; KANDASAMY, J.; SHARMA, D.; A Role for Input-Output Analysis in Urban Water Policy Decisions in Australia. 8th International Input-Output Meeting on Managing the Environment. Sevilha - Espanha. July 9-11, 2008.	Austrália : Região metropolitana de Sydney - Não descreve ano base - Modelo Regional (não-bacia) - não descreve setores	A análise de Insumo-Produto fornece um mecanismo para os formuladores de políticas de água em preparar uma alternativa para uma mudança política muito necessária de gerenciamento de descargas poluentes. O artigo discute a metodologia disponível para tal exercício, com especial referência à Kogarah, área de governo local, localizado dentro da região metropolitana de Sydney.	Uma estimativa da redução das descargas de nutrientes para o meio ambiente, que representam 25 toneladas de nitrogênio e 6 toneladas de fósforo por ano. A redução da carga de nutrientes, por sua vez resulta em uma melhora acentuada na qualidade microbiológica das águas balneárias, na foz do rio Muga, em Castelló d'Empúries. Este trabalho reforça a necessidade de determinação e mensuração de externalidades positivas para todos os projetos de reciclagem de água, que pode proporcionar uma visão mais abrangente dos benefícios trazidos por esses projetos.
10	CHEN, Z.M.; CHEN, G.Q.; ZHOU, J.B.; JIANG, M.M.; CHEN, B. Ecological input-output modeling for embodied resources and emissions in Chinese economy 2005. Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation. V. 15 (2010), pp.1942–1965.	China - 2005 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 42 setores	Uma modelagem de equilíbrio biofísico é aplicado em uma extensão da tabela de insumo-produto. Um modelo ecológico é integrado à economia com suas diversas forças motrizes ambientais.	A economia é altamente dependente dos combustíveis fósseis, com muito baixa diversidade de fontes de energia. a agricultura tem a maior intensidade de água incorporada, além do setor de produção de água. Consequentemente, é possível para a China aliviar sua escassez de água, aumentando a importação de produtos agrícolas. Juntamente com setor agrícola e produção de água, o setor de fabricação de produtos alimentícios e de processamento de tabaco também incorpora uma quantidade muito grande de recursos hídricos em termos de utilização produtiva e de consumo.

11	CLINE, S.; SEIDL, A. Combining Non-Market Valuation And Input-Output Analysis For Community Tourism Planning: Open Space And Water Quality Values In Colorado, USA. Economic Systems Research. V. 22:4, pp. 385-405. 2010.	USA : Município de Chaffe - Colorado - 2004 - Modelo Regional (Não-bacia) - não revela o num. total de setores	Utilizou-se insumo-produto para subsidiar o planejamento em escala comunitária no desenvolvimento do turismo, com base nos recursos naturais da zona rural do estado do Colorado. A avaliação contingente e as informações sobre as despesas de viagem são utilizados em conjunto com a tabela insumo-produto para simular os prováveis efeitos econômicos regionais de alterações nos atributos ambientais locais.	No cenário com uma taxa sobre a produção, o impacto regional é mais positivo em termos de efeitos sobre o emprego e a renda, os efeitos insignificantes de todos os três cenários políticos sugere que pode ser mais razoável colocar mais ênfase em outros fatores relacionados a implementação de políticas.
12	DANIELS, P.L. ; LENZEN, M.; KENWAY, S.J. The Ins And Outs Of Water Use – A Review Of Multi-Region Input-Output Analysis And Water Footprints For Regional Sustainability Analysis And Policy. Economic Systems Research, Vol. 23:4, pp. 353-370, 2011.	não se aplica - o estudo é teórico.	Este trabalho revisa o conhecimento atual sobre "pegada hídrica" (WF), bem como o papel da técnica de insumo-produto. Primeiro, fornece uma visão geral da metodologia 'bottom-up', os métodos baseados em processos e seus pontos fortes e limitações. Esta síntese conduz a discussão dos benefícios da combinação WF com o processo de informação a partir de técnicas de insumo-produto.	A compreensão das relações estruturais entre o consumo regional, a infraestrutura industrial, a tecnológica de apoio, e os impactos ambientais que se seguem, são a base para a melhor tomada de decisão. Isto é claramente relevante para as regiões, mesmo que uma parte substancial da água e outros recursos sejam provenientes de fora dessa região.
13	DI-COSMO, V.; HYLAND, M.; LLOP, M. Disentangling water usage in the European Union: A decomposition analysis. 2012. Disponível em < <a href="http://mpra.ub.unimuenchen.de/42865/">http://mpra.ub.unimuenchen.de/42865/</a> > acesso em 20/09/2013.	27 países da União Europeia - 2005 -Modelo Multirregional (Não-bacia) - 35 setores	Analisar se existe um padrão comum no consumo de água na Europa. Particularmente, utilizou-se 2 métodos para investigar o uso setorial de água nos países da Europa. O primeiro método calcula a intensidade de água de uma economia como a soma das intensidades setoriais de água. O segundo método é um subsistema insumo-produto que divide o uso total de água em diferentes canais de renda dentro do sistema de produção.	Com foco no setor agrícola, a análise de decomposição sugere que os usuários de água nos países do mediterrâneo são principais direcionadores pela demanda final e exportações dos produtos agrícolas, enquanto a demanda doméstica final é o principal direcionador do consumo de água nos países da Europa central e do leste.
14	DIETZENBACHER, E.; VELÁZQUEZ, E. Analyzing Andalusian virtual water trade in an input-output framework. Regional Studies 41, 02 (2007) 251-262.	Espanha : Andaluzia - 1990 - Modelo Regional (Não-bacia) - 25 setores	Analisar o consumo de água setorialmente e quantificar a água "virtual".	Parte substancial do consumo de água andaluz está incorporado em suas exportações. Considerando o teor do seu comércio de água virtual, a Andaluzia é um exportador líquido de água. Examinando os aspectos da política regional, uma redução nas exportações de produtos agrícolas ao exterior traz benefícios consideráveis em termos de economia de água, enquanto os efeitos negativos são apenas moderados.



15	DONG, H.; GENG, Y.; SARKIS, J.; FUJITA, T.; OKADERA, T.; XUE, B. Regional water footprint evaluation in China: A case of Liaoning. Science of the Total Environment. V. 442 (2013), pp.215–224.	China : Província de Liaoning - 2007 - Modelo Regional (Não-bacia) - 42 setores	O norte da China é uma região que enfrenta problemas de escassez de água graves. Nessa circunstância, a província de Liaoning, uma província industrial típica do norte da China é escolhida como a região do estudo de caso. O método de análise de insumo-produto é empregado a fim de avaliar a presença de água, tanto a partir das perspectivas de produção quanto do consumo.	Os resultados mostram que a pegada hídrica total de Liaoning em 2007 foi de 7,30 bilhões de m <sup>3</sup> , 84,6% é interna e 15,4% externa (outras regiões). O saldo comercial de água de Liaoning foi de 2,68 bilhões de m <sup>3</sup> , indicando que Liaoning era uma região de exportação líquida de água, embora a escassez de água está se tornando uma preocupação mais grave. A "Agricultura" e o setor "de produção de alimentos e bebidas" são os maiores demandantes de água, tem a maior intensidade de uso, maiores exportações e pior balança comercial de água.
16	DUARTE, R.; SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J.; BIELSA, J. Water use in the Spanish economy: an input-output approach. Ecological Economics. V. 43 pp. 71-85. 2002.	Espanha - 1995 - Modelo Nacional (não-bacia) - 24 setores	Estudar o comportamento dos setores produtivos da economia espanhola como consumidores diretos e indiretos da água. Para esse fim, foi empregada a análise insumo-produto, particularmente baseada no método de extração hipotético (HEM). líquida ou externa. Terceiro, este método é usado para detectar os principais setores.	Os resultados confirmam a importância Setor do Agricultura, Alimentação e o bloco de Outros Serviços no que diz respeito ao consumo direto e indireto da água em geral. Também, os Outros Serviços, Produtos Químicos, Metais e Eletrônica e o bloco da Agricultura desempenham um papel importante na explicação do consumo de água potável.
17	DUARTE, R.; YANG, H. Input-Output And Water: Introduction To The Special Issue. Economic Systems Research. V.23:4, pp.341-351. 2011.	não se aplica	Este artigo tem um caráter analisador dos papers escritos sobre as mais diversas questões da água e a utilização de matrizes insumo-produto, ou seja, compila os trabalhos, embora não individualmente, da aplicação de matrizes insumo-produto sobre o tratamento da água.	Os canais de transmissão entre as decisões econômicas individuais/coletivas e seu impacto sobre a água no nível ambiental local ou mais amplo pode ser explorado por meio de técnicas de insumo-produto (e esses impactos podem ser resumidos , de certa forma , nos conceitos de pegada hídrica, água virtual , ou água incorporada num produto).
18	DUARTE-PAC, R. e SÁNCHEZ-CHÓLIZ, J. Analysis of water pollution with input-output models. Transactions on Ecology and the Environment. Vol. 23, 1998.	Espanha : região do rio Ebro (4 sub-regiões) - 1992 - Modelo Multirregional (não-bacia) - 12 setores por sub-região	O objetivo deste trabalho é realizar um estudo, em profundidade, das relações estruturais entre variáveis econômicas e ambientais com referência particular ao recurso água no Vale do Ebro (Espanha). Para isso, utilizou-se os conceitos e indicadores derivados da análise insumo-produto.	O papel dos setores agricultura, pecuária e agro-alimentar, como poluidores diretos e indiretos, é bastante claro, particularmente no que diz respeito ao volume de geração de nitrato e fosfato. O linkage para trás é importante na indústria agro-alimentar. Ênfase também deve ser dada aos diferentes papéis desempenhados pelos setores de acordo com o tipo de poluição que está sendo considerado, em que setores como metal ou papel são importantes na geração de volumes de poluição (Demanda Bioquímica por Oxigênio), mas não significativa com relação aos nitratos e fosfatos.
19	DUCHIN, F. industrial input-output analysis: Implications for industrial ecology. Colloquium Paper. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America. vol. 89 no. 3, pp.851–855. 1992	não se aplica	Uma estimativa por insumo-produto que inclui resíduos é apresentada neste artigo, integrando ações físicas e fluxos de preços e custos. Este artigo também descreve os principais avanços que foram feitos na última década na extensão da economia de insumo-produto para tratar de questões cada vez mais complexas.	A economia estrutural e modelos de insumo-produto modernos, em particular, podem ajudar a enfrentar os desafios das questões ecológicas, pois identificou-se de forma eficaz a previsão de geração de resíduos na economia.

20	EDER, P.; NARODOSLAWSKY, M. What environmental pressures are a region's industries responsible for? A method of analysis with descriptive indices and input-output models. Ecological Economics 29 (1999) 359–374.	Áustria : Região de Feldbach - 1983 - Modelo Regional (Não-bacia) 15 setores	Apresenta-se um método para analisar a sustentabilidade ecológica de uma economia regional. Usa-se modelos insumo-produto para avaliação a região, juntamente com índices descritivos das pressões ambientais sofridas.	A produção acumulada de minerais requer, de longe, a maior área de dissipação ambiental regional, por empregado envolvido. O ranking dos setores-chave de produção por empregado com apropriação direta é: (1) minerais, (2) os minerais processados; (3) carne e (4) outros serviços; (5) outros alimentos. Com a apropriação cumulativa, o ranking é ligeiramente diferente: (1) minerais, (2) os minerais processados, (3) outros serviços; (4) Outros alimentos; (5) comércio.
21	EWING, B.R.; HAWKINS, T.R. ; WIEDMANN, T.O.; GALLI, A.; ERCIN, A.E.; WEINZETTEL, J.; STEEN-OLSEN, K. Integrating ecological and water footprint accounting in a multi-regional input-output framework. Ecological Indicators. V. 23 (2012) 1–8.	não se aplica	Neste artigo, integra-se os métodos existentes de cálculo de EF (pegada ecológica) e WF (pegada hídrica) dentro de uma metodologia insumo-produto multi-regional, que já foi aplicada com sucesso para a estimativa CF. Introduce-se um novo método IP multi-regional para a conservação com elevado grau de detalhe nas contas físicas existentes EF e WF.	O modelo apresentado é novo e oferece melhorias significativas na contabilidade da EF e WF através da harmonização dos métodos com o CF, a preservação de detalhes no nível do produto, inclusão abrangente de setores da economia global, e representação clara dos fluxos ao longo de cadeias de fornecimento e ligações com o comércio internacional. O modelo descrito é o primeiro modelo multirregional ambientalmente estendido que harmoniza contas EF e WF e alinha os dados de uso do produto com a contabilidade econômica e ambiental padrão por unidade física.
22	FENG, K.; CHAPAGAIN, A.; SUH, S.; PFISTER, S.; HUBACEK, K. (2011): Comparison Of Bottom-Up And Top-Down Approaches To Calculating The Water Footprints Of Nations. Economic Systems Research, v. 23:4, pp.371-385. 2011.	113 países - 2004 -Modelo Multirregional (Não-bacia) - 57 setores	Este estudo compara e discute as vantagens e limitações da pegada hídrica das nações com base em duas abordagens Top-down - Água Incorporada no Comércio Bilateral (WEBT) e usando matrizes insumo-produto Multi-regionais nacionais existente nas contas pegada hídrica da literatura baseada na abordagem bottom-up.	As diferenças entre as abordagens bottom-up e WEBT são causadas por corte inter-setorial, porque as abordagens bottom-up não consideram toda a cadeia de suprimentos industriais, enquanto o método WEBT abrange a pegada hídrica, traçando toda a cadeia de abastecimento interno de cada país. As diferenças entre as abordagens WEBT e Multi-regional acontecem devido a um efeito de corte inter-regional, como a abordagem WEBT apenas traça as cadeias de abastecimento doméstico enquanto a abordagem Multi-regional traça toda a cadeia de fornecimento global. O total da pegada hídricas das nações com base em diferentes abordagens variam em até 48.

23	FENG, K.; SIU, Y.L.; GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessing regional virtual water flows and water footprints in the Yellow River Basin, China: A consumption based approach. Applied Geography. 32 (2012) PP. 691-701.	China : Bacia do Rio Amarelo (3 sub-bacias ) e resto da China - 2007 -Modelo Interregional (3 sub-bacias + regiões) - 48 setores.	Desenvolver um modelo insumo-produto Multi-Regional para avaliar os fluxos regionais de água virtual entre os três trechos da bacia e do resto da China distinguindo a água "azul" e "verde", bem como usos doméstico, rural e urbano.	Os resultados mostram que todos os três trechos são exportadores de água virtual, ou seja, atividades de produção e consumo fora da bacia também colocam pressão sobre os recursos hídricos na YRB. Os resultados sugerem uma redução da exportação de água azul virtual que pode ser usada, não na produção de maior valor agregado, mas bens de uso intensivo de água mais baixos. Em particular, a parte baixa da bacia, com maior escassez de água, deve aumentar a importação de bens intensivos de água, tais como produtos da agricultura irrigada e produtos alimentares da indústria de transformação, a partir de outras regiões mais abundantes de água, como o Sul da China.
24	FERREIRA, P.; SILVA, V.; DENTINHO, T. Input Output Tables for the Management of Water Resources in Islands. The case of Terceira-Azores. 46th Congress of the European Regional Science Association. Volos, Greece. 2006.	Portugal : Arquipélago dos Açores (Terceira Ilha) - 2001 - Modelo Regional (Não-Bacia) - 45 setores	O objetivo deste trabalho é analisar as relações entre demanda de água e abastecimento de água na ilha Terceira - Açores.	Um aumento no turismo pode levar a um aumento de escassez de água de nascentes de três a cinco meses. Em trabalhos futuros deve-se incluir diferentes fontes de água - água de superfície, água subterrânea, água do mar - e seus respectivos custos, a fim de avaliar os benefícios, custos e riscos associados com o desenvolvimento turístico nas pequenas ilhas com recursos hídricos limitados.
25	FLEMMER, C.L.; FLEMMER, R.C. Environmental Input-Output Analysis of the New Zealand Dairy Industry. International Journal of Sustainable Development. V. 15. Issue 4. pp.313-333. 2012	Nova Zelândia - 1997/1998 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 48 setores	Os benefícios econômicos decorrentes do setor de produção de leite da Nova Zelândia devem confrontados ao seu impacto ambiental. Esse impacto foi avaliado através da análise de insumo-produto ambiental que fornece dados sobre os recursos totais (diretos e indiretos) ambientais utilizados e os resultados ambientais, como os efluentes lançados na água e gases de efeito estufa.	Os dados são abrangentes, mas não indicam se o setor da produção de leite opera de forma sustentável. Porque o uso de um recurso implica apenas fraca sustentabilidade se isso resulta em danos ambientais, não podendo haver nenhuma correlação direta com a sustentabilidade.
26	FORAN, B.; LENZEN, M.; DEY, C. Using Input-Output Analysis To Develop 'Triple Bottom Line Accounts' For The Australian Economy. Proceedings of IV Biennial International Workshop "Advances in Energy Studies". Unicamp, Campinas, SP, Brazil. June 16-19, 2004. PP. 373-388.	Austrália - 1996/1997 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 135 setores	Aplica o conceito de IP e Triple Bottom Line Accounts sobre 8 grupos agregados de setores econômicos tais como mineração, ind. Manufateira e serviços. Variáveis analisadas: uso da terra, uso de energia, emprego, PIB, emissões de gases do efeito estufa.	Reconhece o numero de questões de primeira ordem tal como a origem da água e energia, e algum efeito de segunda ou terceira ordem.

27	GARCIA, M.; LICHTY, R.; ANDERSON, C.; MAKI, W. Water Use Components Of a Regional Accounts And Simulation System. Staff Papers Series P87-26. Department of Agricultural and Applied Economics. University of Minnesota. 1987.	USA : Minnesota - 1982 - Modelo Regional (não-bacia) - 40 setores	O modelo enfatizou as relações entre a estrutura econômica de uma região em ambos componentes, recreação na demanda final e as implicações de alterações no produto da indústria, acerca da demanda/uso de água. Uma simulação relativa utilização de água para recreação é apresentado no artigo para demonstrar a flexibilidade do modelo. O modelo faz ainda uma projeção para o ano 2000.	O modelo desenvolvido produz efeitos alocativos da água para lazer ou indústria, mas poderia ser ensaiado efeitos alocativos entre agricultura e indústria, por exemplo. Os resultados mostram que a depender dos preços relativos, a água deve ser alocada mais para lazer do que em certos tipos de indústria.
28	GARDELS, D.J. Economic Input-Output Life Cycle Assessment of Water Reuse Strategies in Residential Buildings and Communities. Master Dissertation (Civil Engineering). University of Nebraska. 2011	USA : 4 regiões - 2002 - Modelo Regional (não-bacia) - 428 setores	Determinar a sustentabilidade ambiental e possibilidade econômica de 5 reusos de água usando o método insumo-produto para estimar o ciclo de vida, bem como implementar a análise custo-benefício. Os 5 reusos de água foram avaliados para 4 regiões dos EUA (Nordeste-Seattle; Sudoeste-Scottsdale; Meio-Oeste - Omaha; Sudeste-Tampa).	Os modelos 1 e 5 tem os melhores resultados em termos de sustentabilidade do meio ambiente e viáveis economicamente. Modelos 1 e 5 reduziram a emissão de gases do efeito estufa e consumo de energia, comparado com o cenário base. Os modelos 2 e 3 não são considerados sustentáveis em termos de meio ambiente ou viáveis economicamente. O modelo 4 tem resultados mistos baseados em variabilidade regional em preços.
29	GONZÁLEZ, J.F. Assessing the Macroeconomic Impact of Water Supply Restrictions Through an Input-Output Analysis. Water Resources Management. (2011) v. 25 pp 2335-2347.	Espanha : Região da Catalunha - 2005 - Modelo Regional (Não-bacia) - 14 setores	Restrições de abastecimento de água devido a secas geram custos significativos para muitos agentes econômicos. Embora estes custos sejam difíceis de avaliar, este artigo apresenta uma metodologia para quantificar o impacto macroeconômico das restrições de abastecimento de água através da estimação de funções de produção, que incluem o consumo de água setorial.	Simulações com o modelo de insumo-produto sugerem uma perda de 0,34% do PIB, no caso de restrições modestas no abastecimento de água e 2,8% no caso de restrições mais extremas para 2005 para a região da Catalunha, na Espanha.
30	GRAY, S.L.; McKEAN, J.R.; MILLER, T.A. The Economic Role of Water In Colorado: An Input-Output Analysis. Completion Report No. 149. Department of Agricultural and Resource Economics. Colorado State University. 1988.	USA : Estado do Colorado - 1982 - Modelo Regional (não-bacia) - 46 setores	A relação entre a atividade econômica setorial e as necessidades de água (diretas e indiretas) constituem o foco desta pesquisa. Avaliam captação e consumo.	Os setores com maiores captações de água (diretas e indiretas) são: feno e pasto, grãos para ração, outras culturas, beterrabas, laticínios, pecuária outros animais, vegetais, suínos/suínos de confinamento. Os setores que tem o maior consumo de água direta e indireta por dólar na demanda final são: feno / pastagem, grãos para ração, outras culturas, beterrabas, laticínios, outros animais, pecuária produtores de hortaliças, suínos / suínos e confinamento.

31	<p>GUAN, D.; HUBACEK, K. A new and integrated hydro-economic accounting and analytical framework for water resources: A case study for North China. <i>Journal of Environmental Management</i>. V. 88, (2008), pp.1300–1313.</p>	<p>China : 8 regiões econômicas com dados de hidrologia, menor que a bacia hidrográfica - 1997 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - 40 setores</p>	<p>Neste artigo é apresentada uma nova abordagem de contabilidade e análise baseada na modelagem econômica insumo-produto combinada com um modelo hidrológico que une as interações no sistema econômico com interações no sistema hidrológico. O quadro hidro-econômico e a ferramenta de análise permitem o acompanhamento do consumo de água no lado dos insumos, a poluição deixa o sistema econômico pela água e volume de água que passa através do sistema hidrológico permite manusear recursos hídricos de diferentes qualidades.</p>	<p>Os resultados mostram que o norte da China exige 96% de sua água disponível anual, incluindo ambas, água como insumo e água contaminada que é ineleável para quaisquer usos.</p>
32	<p>GUAN, D.; HUBACEK, K. Assessment of regional trade and virtual water flows in China. <i>Ecological Economics</i>. V. 61 (2007) pp.159–170.</p>	<p>China : 8 regiões econômicas com dados de hidrologia, menor que a bacia hidrográfica - 1997 - Modelo Multirregional (não-bacia) - 40 setores</p>	<p>Avaliar a atual estrutura do comércio inter-regional e seus efeitos sobre o consumo de água e da poluição através de "fluxos de água virtual".</p>	<p>Os resultados mostram que a estrutura comercial atual na China não é muito favorável no que diz respeito à alocação de recursos de água e eficiência. O norte da China como uma região de escassez de água praticamente exporta cerca de 5% dos seus recursos totais disponíveis de água doce ao aceitar grandes quantidades de águas residuais para o consumo de outras regiões. Por outro lado, sul da China uma região com abundância de recursos hídricos é praticamente importar água de outras regiões, enquanto suas importações são criadoras de águas residuais poluentes em hidro-ecossistemas de outras regiões.</p>
33	<p>HASSAN, R.M. Economy-wide benefits from water-intensive industries in South Africa: quasi-input-output analysis of the contribution of irrigation agriculture and cultivated plantations in the Crocodile River catchment. <i>Development Southern Africa</i>. Vol. 20, No. 2, June 2003. Africa do Sul.</p>	<p>África do Sul : Rio Crocodilo/Província de Mpumalanga - 1998 - Modelo Regional (Não-Bacia) - (não descreve o total de setores da matriz)</p>	<p>O principal objetivo é medir e comparar os benefícios econômicos totais (diretos e indiretos) do uso da água (captação) na produção de frutas subtropicais, florestas e cana-de-açúcar no Rio Crocodilo. Para tanto, adotou-se a metodologia de quase-insumo-produto com respeito ao valor adicionado na cadeia de encadeamentos primário, secundário e terciário para frente e para trás para medir os benefícios econômicos totais. Também foi considerada a medida de benefícios econômicos totais do uso da água pelos setores em termos de empregos criados.</p>	<p>Para aumentar os benefícios totais do uso da água, a alocação da água e o desenvolvimento de estratégias deve focar na adição de valor, especialmente das atividades econômicas água-intensivas tal como a agricultura irrigada. O multiplicador do setor papel e papelão estimado foi de 1,89 e é subestimado em relação ao multiplicador derivado da tabela total insumo-produto que é 2,01, algo entorno de 6%. Similar margem de erro foi observada no setor móveis e produtos da madeira. As margens de erro pequenas confirmam que os linkages captados representa grande parte das transações intersectoriais.</p>

34	<p>HOWE, C.W.; GOEMANS, C. Water Transfers And Their Impacts: Lessons From Three Colorado Water Markets. Journal Of The American Water Resources Association - American Water Resources Association. V. 39(5), pp.1055-1065. 2003.</p>	<p>USA : Bacias South Platte e Arkansas - 1998 - Modelo Regional (Apenas parte de 2 bacias - municípios de importância agrícola) - não revela a quantidade total de setores.</p>	<p>Analisar os efeitos de diferentes arranjos institucionais e econômico-ambientais no mercado de água. As características dos direitos de transferência da água na bacia South Platte no estado do Colorado e a transferência de parte da água do Northern Colorado Water Conservancy District são comparados para apresentar como os diferentes arranjos institucionais podem afetar o tipo e tamanho das transferências.</p>	<p>Transferências de água na bacia South Platte foram encaminhadas para novos usos na mesma bacia, enquanto as transferências mais recentes na bacia Arkansas foram destinadas a usuários fora da bacia. Transferências dos direitos da bacia South Platte e notadamente as participações do Northern Colorado Water Conservancy District foram pequenas e contínuas no tempo, enquanto que as transferências na bacia Arkansas foram dominadas por poucas transferências, porém de grandes volumes. Os impactos negativos são julgados como sendo mais severos na bacia do Arkansas do que na bacia do South Plate. Os preços de compra de água pagos pelos municípios excederam substancialmente as perdas econômicas. Na bacia South Platte, ganhos e perdas foram observados, enquanto Arkansas absorveu apenas perdas, com os benefícios indo para a bacia compradora de água.</p>
35	<p>HRISTOV, J.; MARTINOVSKA-STOJCESKA, A.; SURRY, Y. Input-output analysis for water consumption in Macedonia. European Summer School in Resource and Environmental Economics: Management of International Water. Venezia-Italia. 2012</p>	<p>Macedônia - 2005 -Modelo Nacional (não-bacia) - 60 setores</p>	<p>Examinar o consumo de água e as relações de água associadas aos agentes econômicos na Macedônia.</p>	<p>Na análise dos encadeamentos, o principal destaque é a suposição inicial de que a agricultura é o maior setor consumidor de água. O setor agricultura também se destaca com uma alta taxa de consumo direto de água, ainda, a maioria dos setores industriais apresentam elevado consumo indireto de água, especialmente via agricultura. Alguns dos setores manufatureiros, tal como coque e refino de petróleo, outros minerais e produtos extrativos seguidos pelo setor de metais básicos bem como o setor de energia são identificados como setores chaves usuários de água. A competição pela água entre agricultura e consumo das famílias é outro aspecto importante. Existe a necessidade de mudança tecnológica na produção, ou especialização em setores menos usuários, ou ainda reconsiderar a política de preços da água.</p>
36	<p>HUBACEK, K.; GUAN, D.; BARRETT, J.; WIEDMANN, T. Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: Ecological and Water Footprints. Journal of Cleaner Production. V. 17 (2009) pp.1241-1248.</p>	<p>China : Pequim - 1997 - Modelo Regional (Não-bacia) - 40 setores</p>	<p>Este artigo explora as trajetórias atuais e implementa cenários para a urbanização e as mudanças de estilo de vida e outras tendências socioeconômicas importantes da China. As implicações destas mudanças são analisadas para Pequim, em particular e, em seguida, em comparação com a China para o ano de 2020 (aumento no consumo de energia residencial + aumento na eficiência do consumo de energia) . Estas mudanças combinando IP com a Pegada Ecológica (energia) e a Pegada Hídrica (água)</p>	<p>Para Pequim, a composição da pegada hídrica se alterou razoavelmente, principalmente na redução do tamanho dos encargos ecológicos sobre a agricultura e conseqüentemente sobre o consumo atribuído as famílias rurais; a participação da agricultura caiu de 65,1% para 51,4% no consumo de água e para as famílias rurais o consumo se reduziu de 6,2% para 1,8%; enquanto isso, o setor manufatureiro cresceu de 8,9% para 16,6%.</p>

37	HUBACEK, K.; SUN, L. Economic and Societal Changes in China and their Effects on Water Use. Journal of industrial Ecology, Volume 9, Number 1–2, pp. 187–200. 2005.	China : 9 regiões hidro-econômicas, menor que a bacia hidrográfica - 1992 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - 113 setores	Investigar as principais mudanças na economia e na sociedade e seus efeitos sobre a situação da água na China. Para tanto, um conjunto de cenários foi desenvolvido e analisado dentro de um quadro estrutural da economia. Um modelo hidrológico que representa os fluxos de água nas principais bacias hidrográficas está ligado a um modelo insumo-produto regional que representa as atividades socioeconômicas nas principais regiões econômico-administrativas da China. Previsão para 2025.	A análise regional mostra que as regiões Norte e Noroeste tem escassez de água e que as mudanças no estilo de vida e as mudanças técnicas são os fatores mais importantes que determinam o consumo futuro de água. Os aumentos na demanda dos consumidores finais e do produto setorial, deve conduzir a necessidade de água associada a exceder a oferta projetada no Norte e Noroeste. Os principais fatores que moldam os futuros padrões de consumo de água seriam mudanças de estilo de vida e fatores relacionados (mais demanda de água) e progresso tecnológico (economia de água).
38	ICHIHASHI, M.; KANEKO, S. Impact Analysis of Changes in The Price of Water Resources in China and Beijing. Discussion paper vol.1 n. 5. Hiroshima University. 2011.	China : Região de Pequim - 2002 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - 42 setores	Este artigo tem como objetivo analisar o impacto das mudanças nos preços do recurso água na oferta de bens intra-regiões e de mudanças de preços extra-região, bem como os possíveis impactos do lado da demanda, utilizando China e Pequim como exemplos para análise.	Os resultados da análise com os modelos Insumo-Produto e CGE demonstraram que as mudanças no preço de fornecimento de água não tem um impacto tão significativo no caso de bens energéticos, como a energia elétrica ou petróleo e mineração. Além disso, outro resultado com o modelo IP mostra que um aumento no preço dos recursos hídricos na China em primeiro lugar induz mudanças nos preços de alguns bens domésticos (ensino e pesquisa, fertilizantes químicos, etc), o efeito sobre outros países seria relativamente grande em países como Malásia, Tailândia, Cingapura e Coréia do Sul.
39	ISARD, W.; BASSETT, K.; CHOGUILL, C.; FURTADO, J.; IZUMITA, R. ; KISSIN, J.; ROMANOFF, E. On the linkage of socio-economic and ecologic systems. Regional science research institute and Harvard University. Papers of regional science association, volume XXI. 1967.	USA : Filadélfia – 1957 - Modelo regional (Não-bacia) - 46 setores e 14 poluentes	Medir os impactos de uma nova cidade hipotética quanto as emissões de poluentes nas águas.	Refinaria de petróleo não deve ser considerada como uma produção viável, a não ser que haja tratamento dos efluentes, pois caso contrário eleva os níveis de poluição das águas. Na primeira fase tem-se a construção de estradas e infraestrutura. Na segunda fase, simulou-se o impacto de atividades industriais, com e sem tratamento de efluentes. Os resultados apresentam que o tratamento de efluentes viabiliza atividades econômicas de pesca e lazer, que contribuem para a nova economia local. Ao contrário se os efluentes não são tratados existe uma perda de biodiversidade na baía e que leva a perdas econômicas.
40	JOSHI, S. Product Environmental Life-Cycle Assessment Using Input-Output Techniques. Journal of industrial Ecology. Vol. 3, N. 2 & 3. pp. 95-120. 2000	USA - 1987 - Modelo Nacional (não-bacia) - 498 setores	Este trabalho propõe modelos alternativos para implementação rápida, menos custosa, mas abrangente do ciclo de vida do produto. Os impactos ambientais abordados incluem o aquecimento global, acidificação, uso de energia, consumo de minérios não-renováveis, a eutrofização, as emissões de poluentes convencionais e liberação de poluentes para o meio ambiente.	O modelo de insumo-produto é uma ferramenta poderosa e flexível para o kit de ferramentas de estudiosos do LCA. Em sua forma mais simples, ela serve como um dispositivo de triagem inicial para definir o escopo e priorizar a coleta de dados. Modelos mais avançados podem ser usados para validar os resultados em diferentes estágios de uma LCA convencional para verificar se as definições de limites e como a consideração das interdependências de toda a economia afetam os resultados.

41	KIM,H.B.; JIN, S.Y.; YUN, K.S. Impact Analysis of a Water Quality Enhancing Policy: A Simple Input-Output Approach. Regional Studies, Vol. 35.2, pp. 103-111, 2001.	Coréia do Sul : Rio Han, região metrop. Seul e resto da Coréia do Sul - 1996 - Modelo Multirregional (Não-Bacia) - não define total de setores	Este artigo constrói o setor ambiental endogenizado em um modelo de insumo-produto multi-região para medir os impactos da política de melhoria da qualidade da água sobre a economia coreana de duas regiões. O modelo especificamente estima os impactos da política sobre a economia em termos de custos, produção industrial e emprego. Projeção para 2010.	Um aumento de cerca de 400% nas taxas referentes a poluição elevam os preços dos produtos setoriais: Papel, 6,68%; indústria química, 3,11%; indústria têxtil, 1,39%, outras manufaturas 1,2%; Aumento médio de 1,26% na região de Seul e no resto da Coréia do Sul 0,35%. O produto setorial cai 10,33 para a indústria alimentar; 2,16% para petróleo e carvão; 2,16% para agricultura; 1,80% para a indústria química; 1,58% para a indústria têxtil; A média de perda para região de Seul é 1,17% e 0,67% para o resto do país. Para o emprego, existe perda de postos de trabalho maior na região de Seul do que no resto do país.
42	LANGE, G.M. Applying An Integrated Natural Resource Accounts And Input-Output Model To Development Planning In Indonesia. Economic Systems Research. 1998, Vol. 10 Issue 2, p113-135.	Indonésia - 1984 - Modelo Nacional Dinâmico (Não-Bacia) - 30 setores	Este artigo fornece um exemplo de como o NRA (Natural Resource Account) pode ser usado para a análise política. Um modelo ambiental-econômico é construído através da integração da NRA, com um modelo de insumo-produto. Para avaliar as implicações ambientais do plano de desenvolvimento de longo prazo da Indonésia, seis cenários alternativos de maneiras para alcançar os objetivos do plano foram construídas para o período 1984-2020.	Usando as tecnologias disponíveis, o controle da poluição da água a partir de fontes industriais pode ser estimado para 2020 com as medidas previstas em ambos os cenários, embora provavelmente serão necessárias medidas adicionais para aliviar os problemas locais de poluição da água. Os níveis de todos os poluentes da água ou caem em relação a 1985, ou aumentam relativamente pouco. Todas as formas de poluição do ar aumentarão substancialmente entre 1985 e 2020 - cerca de 400-500%, dependendo do poluente e do cenário.
43	LAURIA, D.T.; CHIANG, C.H. Models For Municipal And industrial Water Demand Forecasting In North Carolina. Dep. Environmental Sc. Eng. Ed. 10. Chapel Hill: Water Res. Research Inst. Univ. of North Carolina. 1975. 71p.	USA : 3 regiões do estado da Carolina do Norte e resto do mundo - 1967 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - 58 setores	O estudo está interessado na aplicação de modelos matemáticos para prever as necessidades de água dos municípios e indústrias na Carolina do Norte. Este estudo se refere a quantidade de água captada a partir de fontes naturais de fornecimento para satisfazer as necessidades municipais e industriais.	Foram estimadas as demandas de água para o ano de 1975 como projeção sobre a matriz de 1967. Para a região de Appalachia os setores maiores demandantes de água são, em ordem decrescente, indústria metalúrgica, indústria têxtil e indústria de alimentos; para a região de Piedmont os setores são: indústria química, indústria de alimentos e indústria têxtil; para a região de Coastal Plains os setores são: indústria de alimentos, madeira e outros e, química. Destaca-se ainda em todas as regiões o setor agrícola e o setor de oferta de água.
44	LAVE, L.B.; COBAS-FLORES, E.; HENDRICKSON, C.T.; McMICHAEL, F.C. Using Input-Output Analysis to Estimate Economy-wide Discharges. Environmental Science & Technology. Vol. 29, N. 9, 1995.	USA - 1987 - Modelo Nacional (não-bacia) - 519 setores	Estimar a descarga de poluentes de automóveis, refrigeradores e computadores, de acordo com a abordagem do ciclo de vida.	A abordagem de IP não inclui atividades associadas com consumidores finais, tal como energia para o uso do produto ou perdas relacionadas ao produto. Também não existem impactos sobre transações econômicas e impactos no meio ambiente relacionados as exportações e importações de bens incluídos no modelo. As descargas diretas de computadores e eletrônicos são muito pequenas, mas as descargas indiretas são 26 vezes maiores. As maiores descargas de água poluída estão relacionadas a indústria química e materiais plásticos e resinas.



45	LEISTRITZ, F.L.; LEITCH, J.A.; BANGSUND, D.A. Regional economic impacts of water management alternatives: the case of Devils Lake, North Dakota, USA. Journal of Environmental Management. (2002) v. 66, pp.465-473.	USA: Bacia Devils Lake, Dakota do Norte (6 municípios) - 1984 - Modelo Regional (Bacia) 17 setores	O objetivo deste estudo foi o de fornecer informações sobre os efeitos econômicos regionais líquidos de uma saída de emergência proposta para Devils Lake, a construção de um canal de transferência de água. Um modelo de insumo-produto implementado em dois cenários: (1) a situação futura mais provável (MLS) e (2) uma situação melhor (BCS) (ie, onde o benefícios seriam maiores), embora improváveis. A matriz de insumo-produto é um módulo de um modelo mais amplo, que através de regressões econométricas gera estimativas do uso e do estoque de água no lago e os impactos da construção de um canal de água.	Pouca diferença existe entre os níveis de atividade econômica regional associada com e sem um cenário mais provável (MLS). O maior efeito econômico regional é produzido com a construção do canal (para transferência de água). Após a construção concluída, a atividade econômica regional permanece quase idêntica com e sem um canal. Nos anos iniciais do melhor cenário, a manutenção da infraestrutura resulta em maior atividade econômica regional que a atividade econômica criada através da construção do canal. No entanto, nos demais períodos do melhor cenário, o canal gera a mesma ou maior atividade econômica regional resultante. Os maiores efeitos do canal, que ocorrem na fase II do melhor cenário, representam um aumento de apenas cerca de 2 por cento do emprego total da região.
46	LENZEN, M. (2009) Understanding virtual water flows – a multi-region input-output case study of Victoria. Water Resources Research 45, W09416.	Austrália : Estado de Victoria - 1998/1999 - Modelo Regional (não-bacia) - 344 Setores	Entender o uso de água "virtual" pelo residentes do estado de Victoria. Verificar todos os usos de água além do estritamente urbano.	Entre os principais resultados destaca-se que os setores de Gado e leite, Laticínios, Carne, Comércio e Reparação, e Hotéis, cafés, restaurantes e acomodações, são os maiores produtores de água virtual no estado de Victoria - Austrália.
47	LENZEN, M.; BHADURI, A.; MORAN, D.; KANEMOTO, K.; BECKCHANOV, M.; GESCHKE, A.; FORAN, B. The role of scarcity in global virtual water flows, ZEF – Disc. Papers on Develop. Policy No. 169, Center for Development Research, University of Bonn, Bonn, September 2012, pp. 24.	187 países (Eora MRIO database) - 2000 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - entre 25 a 500 setores em cada país.	O artigo faz uma revisão do (HO) Teorema de Heckscher-Ohlin no contexto de água virtual, a fim de determinar se o comércio internacional pode ser visto como um instrumento de gestão da demanda para aliviar a escassez de água. Uma vez que é utilizado o método de insumo-produto para ter novos insights sobre as relações do tipo HO, em segundo lugar examina-se como a escassez de água pode ser incorporada em avaliações de requerimentos de água virtual.	A principal conclusão é observada na exportação de soja para a China e a mudança dos EUA para o Brasil e Argentina como os principais fornecedores. A interpretação sugere que a economia mundial tem aumentando a eficiência do uso de água devido a estes fluxos comerciais por causa da disponibilidade de água e as condições de crescimento nos países produtores. Destaca cadeias de têxteis e, possivelmente, a cultura do algodão como principal origem da extração de água escassa e, portanto, possíveis causas de preocupação.
48	LENZEN, M.; FORAN, B. An input-output analysis of Australian water usage. Water Policy. 3 (2001) 321–340.	Austrália - 1994/1995 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 118 setores	Fazer estimativa de demanda de água.	Os multiplicadores de demanda por água variam de 2 litros/A\$ (setor de seguros e financeiro) a mais que 1000 litros/A\$ (arroz e algodão). Em geral, o setor agrícola demanda 200 litros/A\$, seguido do setor alimentos 100 litros/A\$, mineração 20 litros/A\$ e indústria de manufatura 5 litros/ A\$ e serviços 15 litros/A\$. Um aumento de 10% na renda, aumenta 35% a demanda por água.

49	LENZEN, M.; MORAN, D.; BHADURI, A.; KANEMOTO, K.; BEKCHANOV, M.; GESCHKE, A.; FORAN, B. International trade of scarce water. Ecological Economics. V. 94, (2013) pp.78–85.	187 países (Eora MRIO database) - 2000 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - entre 25 a 500 setores em cada país.	A investigação sobre o comércio virtual de água precisa considerar a escassez de água e diferenciar os fluxos de regiões com escassez de água a partir de fluxos de regiões onde a água é abundante. Estudos anteriores somam e comparam volumes de água virtual originários de países que experimentam vastamente diferentes graus de escassez de água.	As maiores emissões de água virtual, dados pesos para escassez são: dos USA para México 34,2 teralitros(TL); dos USA para Canadá 30,5 TL, da China para USA 29,9 TL, da China para Japão 27,5 TL. Ou seja, percebe-se que USA e China são protagonistas no comércio de água, mesmo computando-se a escassez.
50	LENZEN, M.; MURRAY, S.A.; KORTE, B.; DEY, C.J. Environmental impact assessment including indirect effects - a case study using input-output analysis. Environmental Impact Assessment Review. V. 23 (2003) 263–282.	Austrália : Sidney - 1999 –Modelo Nacional (Não-bacia) - 20 produtos e 135 setores	Medir impacto da construção de um segundo aeroporto na cidade de Sidney, especialmente com respeito ao impactos diretos e indiretos, emprego e pressão sobre os recursos naturais (consumo de energia, uso da água, uso da terra, emissões de gases do efeito estufa, NOx e SO2).	Efeitos indiretos foram significantes para todos os fatores estudados. Os requerimentos indiretos de energia contida em materiais e serviços da construção do aeroporto são mais altos que a energia imobilizada. Para a água, o volume utilizado a montante não desempenha papel tão destacado, mas sim o volume relativo a manutenção do equipamento e bem como a construção em si, cerca de 1/3 do total de água empregado.
51	LIN, C. Hybrid input-output analysis of wastewater treatment and environmental impacts: A case study for the Tokyo Metropolis. Ecological Economics. V. 68, (2009), pp.2096–2105.	Japão : Região Metropolitana de Tóquio - 2000 – Modelo Regional (Não-bacia) - 482 setores	Este trabalho propõe um modelo de insumo-produto híbrido para analisar tanto a geração quanto o tratamento de águas residuais. Foi aplicado em região que reúne 482 setores da economia, 11 setores de tratamento de águas residuais, 12 tipos de resíduos e águas residuais relacionadas com 6 tipos de carga ambiental. O modelo foi aplicado a diferentes cenários para comparar sistemas de tratamento de águas residuais alternativas.	Os resultados indicam que simplesmente refazer o tratamento com classe elevada de tratamento melhora a qualidade da água tratada, ao mesmo tempo que aumenta as emissões de CO2 equivalente. Entretanto, quando o lodo desidratado é incinerado em vez de depositado em aterro, ambas, emissões de CO2 equivalentes e volume do aterro diminuem.
52	LIU, X.; CHEN, X. Methods for Approximating the Shadow Price of Water in China. Economic Systems Research, V. 20:2, 173-185. 2008.	China : 9 bacias hidrográficas - 1999 - Modelo Interregional (Bacia) - 51 setores (39 setores trad. e 12 setores de conservação de água).	Usando as tabelas de insumo-produto para conservação de água para as nove grandes bacias hidrográficas na China em combinação com técnicas de programação linear, podemos calcular os preços sombra de água industrial e água produtiva nas nove bacias hidrográficas chinesas. Os resultados são submetidos à análise fatorial, os preços sombra de água industrial e água produtiva são obtidos para cada província chinesa em 1999. Ainda, é montado um modelo não-linear para o cálculo do preço sombra da água em municípios específicos	A diferença na taxa de uso da água entre os setores é da ordem de 2% na bacia com maior abundancia de água, até 157% na bacia com menor abundancia de água. Os preços sombra refletem a escassez da água e variam de acordo com a abundância de águas nas bacias. Os preços para as bacias, computando apenas setores unicamente industriais varia entre 0,18 a 5,13 RMB/tonelada de água. Se computados também os setores de conservação da água os preços variam entre 0,02 a 2,34 RMB/tonelada de água.

53	LIU, X.; CHEN, X.; WANG, S. Evaluating and Predicting Shadow Prices of Water Resources in China and Its Nine Major River Basins. Water Resources Management. (2009) v. 23 pp.1467–1478.	China : 9 bacias hidrog. - 1999 - Modelo Interregional (Bacia) - 51 setores (39 setores trad. - 12 setores de conservação de água).	Neste trabalho utilizou-se matrizes de insumo-produto das nove principais bacias hidrográficas chinesas, e combinando com programação linear, desenvolveu-se um modelo com restrições à demanda final, produção total, balança comercial e disponibilidade de água. Estimou-se os preços sombra para água industrial e água produtiva para as nove principais bacias hidrográficas chinesas, e comparou-se estes resultados com o preço da água industrial real na China.	Os preços cobrados pelas autoridades locais variam de 0,020 a 0,212 \$/metro cúbico, dependendo da bacia hidrográfica. Os resultados de preços sombra encontrados são: se considerados somente os setores industriais, ou seja, excluindo os setores de conservação da água, os preços variam entre 0,025 e 0,725 \$/metro cúbico de água; Se incluídos os setores de conservação de água, os preços variam entre 0,003 e 0,331 \$/metro cúbico de água. Ou seja, os preços cobrados pelas autoridades aos usuários, em poucos casos são maiores que os preços sombra, mas na maioria dos casos/bacias os preços são menores.
54	LLOP, M. L. Water Reallocation in the Input-Output Model. Ecological Economics, 2013, vol. 86, issue C, pages 21-27.	Espanha : Catalunha - 2001 - Regional (não-bacia) - 15 setores	Estimar mudanças na distribuição de água causadas por choques exógenos na demanda final, além de ganhos de eficiência imputados aos setores usuários.	Os resultados mostram importantes assimetrias nos efeitos individuais referentes aos choques exógenos e alterações técnicas na realocação de água. Quando não são generalizados, os choques exógenos para todos os agentes econômicos, a agricultura é o setor mais beneficiado em termos de distribuição de água, enquanto os consumidores são os mais penalizados.
55	LLOP, M.L. Economic impacts of alternative water policy scenarios in the Spanish production system: an input-output analysis. Ecological Economics. Vol. 68. Issues 1-2. p. 288-294. 2008	Espanha - 2000 - Nacional (não-bacia) - 18 setores	Analisar os impactos de políticas alternativas implementadas para a água no sistema de produção espanhol. A metodologia utiliza duas versões de modelos de insumo-produto: uma formulação competitiva e uma formulação de mark-up. A metodologia de insumo-produto avalia os impactos das medidas da política de águas nos preços de produção, preços ao consumidor, demanda intermediária de águas e bem-estar.	Os resultados apresentam que um imposto sobre o uso da água nos setores econômicos, reduz consideravelmente a demanda intermediária de água, e aumenta a produção e preços ao consumidor. Por outro lado, de acordo com o paradoxo de Jevons, um aumento na eficiência técnica, que leva a uma redução nos requerimentos de água de todos os setores e um aumento na oferta de água, aumentos de água consumida. A combinação de um imposto sobre a água e aumento da eficiência técnica gera pressão sobre os preços e significativamente reduz a demanda intermediária de água.
56	LÓPEZ-MORALES, C.; DUCHIN, F. Policies And Technologies For A Sustainable Use Of Water In Mexico: A Scenario Analysis. Economic Systems Research. V. 23:4, pp.387-407. 2011.	México : 13 regiões hidroeconômicas , diferentes da regionalização de bacias. - 2004 - Modelo Multirregional (não-bacia) - 15 setores	Este artigo examina o grau em que as políticas governamentais podem induzir a adoção de tecnologias alternativas de irrigação para promover um padrão sustentável de retirada de água O estudo define e quantifica dotação sustentável da água a nível regional e analisa cenários que combinam taxas ou limites para a retirada de água com a disponibilidade de tecnologias alternativas de irrigação.	As políticas de água podem induzir a adoção de tecnologia para alcançar a sustentabilidade da água, embora o preço nacional da produção agrícola suba de 5% a 8% em relação aos níveis básicos. Além disso, o preço da água para irrigação pode gerar elevada receita pública ao governo para cobrir os custos totais de adoção da tecnologia.

57	MING, L.; YING, G. Regional Green Input-Output Accounting Analysis: Water Resource Accounting Analysis Of Ningxia Province Of China. Management Science and Engineering. Vol.1 No.1 September 2007.	China : Província de Ningxia - 1997 - Modelo Regional (Não-Bacia) - 12 setores	Verificar os impactos de um imposto sobre o uso da água e uma taxa sobre poluentes.	Com a imposição do imposto de recursos de água, e taxa sobre poluentes pode-se atingir a meta de poupança de água em um certo ponto no tempo. No entanto, o regulamento tanto do imposto quanto da taxa vai trazer certa influência sobre os preços setoriais. Quando se trata da região econômica de Ningxia, a economia de água depende, principalmente, de melhorar a eficiência do uso da água e desenvolver mais tecnologias de economia de água. Naturalmente, a política de alteração de preço também deve ser levada em conta como uma medida auxiliar.
58	MOHAMED, I.A.W. The economic and environmental factors of water in arid regions: Study of the rural water use in Northern Darfur Region, Sudan. Department of Economics, Al Neelain University, Khartoum, Sudan. Disponível em < <a href="http://mpr.ub.uni-muenchen.de/31778/">http://mpr.ub.uni-muenchen.de/31778/</a> > acessado em 29/09/2013.	Sudão : Região de Kutum - Ano da matriz não disponível - Modelo Regional (Não-bacia) - Não revela num. de setores	Foram desenvolvidos cenários (mudança na tecnologia - requerimentos de água) hipotéticos de política, que são simulados através de um modelo econômico-ecológico com abordagem produto-por-setor para investigar seus impactos sobre a água e outros produtos ecológicos.	O aumento estratégico da produção do número de mercadorias, aquelas que dotam os agricultores com mais renda (cenário I) é positivo porque gera mais renda per capita, mas demandam mais água subterrânea. Mas, a produção de culturas de rendimento nacional (cenário II) é, talvez, a melhor opção, porque requer menos água no processo, embora gere menos renda. No entanto, os índices de commodities renda-ecológicas esclareceram a polêmica em que a relação água subterrânea/renda mostra que o cenário (II) requer mais água por Libras e, portanto, é a opção menos preferível. O outro conjunto de cenários políticos indica a possibilidade de conservar grandes quantidades de águas subterrâneas através da escolha de melhores métodos de uso da água e melhor escolha de culturas irrigadas. Além disso, a transferência de sorgo para irrigação é importante para a agricultura de sequeiro.
59	MONCUR, J.E.T. A Preliminary Input-Output Water Planning Model For Hawaii. Report n. 40. OWRR Project N. A-037-HI Hawaii-USA. 1974.	USA : Hawaii - 1967 - Modelo Regional (Não-Bacia) - 54 setores	Identificar a quantidade de água demandada por setor, como usos diretos, indiretos e induzidos. Ainda, quantificar o uso de água por nível de emprego.	Destaca-se os setores agricultura e indústria alimentar como consumidores de água, bem como na geração de emprego.
60	MUBAKO, S.; LAHIRI, S.; LANT, C. Input-output analysis of virtual water transfers: Case study of California and Illinois. Ecological Economics. V. 93 (2013) PP. 230–238.	USA : Estados da Califórnia e Illinois - 2008 - Modelo Regional (Não-bacia) - 8 setores cada região	Este artigo aplica análise insumo-produto para avaliar o uso de água e quantificar a transferência de água virtual envolvendo os dois estados.	Os resultados mostram que a aquicultura exige o maior aporte de água direta por unidade de produção econômica, seguido por agricultura, geração de energia, pecuária, mineração, serviços domésticos e industriais. A baixa intensidade de uso de água é observada nos setores da indústria e serviços, e contribuem para as maiores proporções de valor adicionado e de remuneração do trabalho. Em 2008, os dois estados são exportadores líquidos virtuais, com a Califórnia exportando 1,3 vezes o volume de exportação líquida de Illinois.

61	NIJDAM, D.S.; WILTING, H.C.; GOEDKOOP, M.J.; MADSEN, J. Environmental Load from Dutch Private Consumption: How Much Damage Takes Place Abroad? Journal of Industrial Ecology. V. 9, N. 1-2. 2005.	Holanda e países selecionados - 1995 e 2000 - Modelo Multirregional (não-bacia) - 360 setores agregados em 7 grupos	Este artigo descreve um método para determinação da carga de poluentes do meio ambiente de consumo privado holandês. O método gera informações detalhadas sobre os impactos ambientais associados ao consumo.	Verificou-se que a produção de alimentos, aquecimento de ambientes (tal como residências e escritórios) e uso do carro são os elementos mais importantes na carga ambiental do consumo privado holandês. Os impactos que ocorrem no exterior foram, com exceção da emissão de gases de efeito estufa e de ruído do tráfego rodoviário, maiores do que os impactos domésticos. A maioria do uso da terra ocorre em países em desenvolvimento (não-OCDE), ao passo que a maioria das emissões ocorrem em países industrializados (OCDE).
62	O'DOHERTY, J. e TOL, R.S.J. An Environmental Input-Output Model for Ireland. The Economic and Social Review, Vol. 38, No. 2, 2007, pp. 157-190.	Irlanda - 2000 - Modelo Nacional (não-bacia) - 19 setores	Para 13 poluentes, 5 tipos de resíduos e uso de água; Identificar quais setores da economia produzem as maiores quantidades de poluentes; identificar quais os setores que agregam mais valor, considerando-se o dano ambiental que eles causam; Descrever como será a situação futura (2020).	Os resultados mostram que determinados setores poluem mais do que outros - mesmo quando normalizados pelo valor agregado setorial. Mineração, agricultura, produção de metais e construção destacam-se como as indústrias mais sujas. A indústria mais suja, mineração, gera 127 centavos de dano para cada euro de valor acrescentado. Apenas 1 centavo é perdido em danos para cada euro ganho.
63	OKADERA, T.; WATANABE, M.; XU, K. Analysis of water demand and water pollutant discharge using a regional input-output table: An application to the City of Chongqing, upstream of the Three Gorges Dam in China. Ecological Economics 58 (2006) 221-237.	China : Cidade de Chongqing - 2000 - Modelo Regional (Não-bacia) - 30 setores	Avaliar a estrutura da demanda de água e poluentes lançados na água com atividades socioeconômicas na cidade de Chongqing. Estimar a demanda por água e lançamento de poluentes (carbono, nitrogênio e fósforo) baseado em um modelo de análise interindustrial.	A indústria é a maior fonte de demanda por água e maior gerador de poluentes diluídos na água na cidade de Chongqing e contabiliza mais que 50% do total. A demanda por água na agricultura, florestas e pecuária contabiliza 35% do total, e 20% dos poluentes. Ainda, poluentes de famílias constituem mais que 20% do total. A perda de água é menor que 15% do total. Ademais, 20% da demanda por água e descarga de poluentes é causada por outras províncias e países, com maior parte da demanda e descarga sendo provocadas pela indústria.
64	OLSEN, T. The Danish NAMEA Water Accounts-with examples of its use. Paper prepared for the London group meeting, Rome 5-7 November 2003. Statistics Denmark.	Dinamarca - 1999 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 8 setores	O trabalho apresenta as contas de água dinamarquesas e mostra exemplos de uso das contas de água.	De um total de uso final de água de 709.7 milhões de m3 em 1999 na Dinamarca, 392,9 milhões de m3 foi demandado pelo consumo privado (das famílias) e 316,8 milhões de m3 por outros componentes da demanda final. Além dos 392,9 milhões de m3 relacionado ao consumo privado, 270,6 milhões de m3 são demandados pelo uso direto de água pelas famílias. Além disso, há uma utilização indireta de água de 122,2 milhões de m3 nas indústrias causada pela 'demanda para as indústrias.

65	PÉREZ-BLANCO, C. D.; THALER, T. A. Water use and the Verdoorn's law: an input-output framework to assess water productivity dynamics. An application to Castile and León Region (Spain). 20th Int. Input-Output Conference & the 2nd Ed. International School of Input-Output An. Bratislava -Slovakia. 2012	Espanha : Região de Castile e León - 2000 a 2006 - Modelo Regional (Não-bacia) - 58 setores	Estimar os valores intertemporais, diretos e indiretos, de produtividade da água, através do método de extração hipotética.	A baixa produtividade da água encontrado nas águas para irrigação confirma a agricultura com desempenho fundamental em qualquer política de poupar água. Mas, os linkages relevantes entre agricultura e os demais setores, atuando como consumidores indiretos de água, dificultam a identificação de uma solução permanente e eficaz. Ainda, existem retornos crescentes de escala na indústria de transformação e o setor de serviços, que podem ser considerados como uma prova da existência de uma lei de Verdoorn para a água.
66	QUIROGA, R.G.G; LÓPEZ, P.I.G. Analisis de la Estructura del Sector água em Nuevo León y sus relaciones intersectoriales. Estudios economicos Vol.16 n.2 (32) jul-dec 2001. Mexico. Pp. 253-270. 2001	México : Estado de Nuevo León - 1996 - Modelo Regional (Não-bacia) - 17 setores	-Desagregar o setor SIUP para a água. Quantificar os efeitos diretos, indiretos e induzidos dados por incrementos na demanda final	Com o setor água agregado os impactos da água são subestimados. Desagregado o setor SIUP, a água é 38% do produto, 92% da demanda e 87% do emprego setorial. A água potável tem impacto relevante.
67	SHIMODA, M.; WATANABE, T.; YE, Z.; FUJIKAWA, K. An empirical study on interdependency of environmental load and international IO structure in the Asia-Pacific region. The Intermediate Input-output Meeting, Seville, Spain, July 9-11, 2008.	Indonésia, Malásia, Filipinas, Singapura, Tailândia, China, Taiwan, Coréia do Sul, Japão e USA - 1985, 1990, 1995 e 2000 - Modelo Multirregional (Não-Bacia) - 13 setores por país	Estimar o consumo de energia e a quantidade utilizada dos recursos naturais como insumo, direta e indiretamente, em cada etapa da produção.	Enquanto os USA, China e Japão são classificados como top 3 no total de consumo de energia e emissão de CO2 na região Ásia-Pacífico, a China tem amplo maior crescimento em 15 anos. Os EUA e o Japão, na década de 1980, são lugares de produção de bens para exportação e, ao mesmo tempo, locais de consumo de bens importados. Em outras palavras, tanto os EUA quanto Japão realizam emissão de CO2 no lugar de outros países e, ao mesmo tempo, fizeram com que outros países elevassem a sua própria carga de emissões de CO2. No entanto, verifica-se que em 2000, os países com maior consumo de bens (país que usa a energia de outros países) destacaram-se o Japão e os EUA. Por outro lado, a China mudou de país importador de bens para país exportador e seu papel passou para gerador de carga de emissão de CO2 no lugar de outros países.

68	SHMELEV, S. E. Environmentally Extended Input–Output Analysis of the UK Economy: Key Sector Analysis. XVII International Input–Output Conference “The World in an Ever Changing Environment”, University of São Paulo. 2009. Brazil, 13–17 July 2009.	Reino Unido - 2002 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 123 setores	O estudo avalia a sustentabilidade do investimento em vários setores econômicos, com o objetivo de minimizar o uso de recursos e geração de emissões. O caso do Reino Unido é estudado para fins de ilustração do método (dada a disponibilidade dos dados necessários). Utilizou-se uma série de fluxos físicos (consumo doméstico, uso de água, e emissões de CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>x</sub> ) com a estrutura econômica do Reino Unido.	Os resultados mostram que os seguintes setores: Saúde e Serviços Veterinários, Aluguel de habitações, Educação, Serviços de lazer, Seguros e fundos de pensões, Ação Social, e Telecomunicações, tem relativa estabilidade e aparecem entre os 10 setores mais sustentáveis da economia do Reino Unido, a partir do ponto de vista de ambos os efeitos diretos e indiretos, na sustentabilidade forte, sustentabilidade fraca, e avaliação neutra.
69	SMAJGL, A.; LIAGRE, L. Analysing Implications Of Limited Water Availability For Great Barrier Reef Catchments. Economic Systems Research. v. 22:3, pp.263-277. 2010.	Austrália : Região da Grande Barreira de Corais (6 sub-regiões e resto do estado de Queensland) - 1996/1997 - Modelo Regional (Não-Bacia) - 34 setores	O presente trabalho integra o consumo de água da região da GBR e compara multiplicadores monetários com multiplicadores de consumo de água. Multiplicadores tipo I e II.	Como esperado, o ranking dos setores em termos de multiplicadores do consumo de água são significativamente diferentes do ranking do setor em termos de multiplicadores de valor agregado. Por razões de análise de multiplicadores de valor agregado e água, descobriu-se também que alguns setores eram vulneráveis a limitações de disponibilidade de água em alguma região, mas não em outras. Estes resultados sugerem oportunidades para política regional em favorecer determinados setores, em algumas regiões, mas também em desencorajar a produção em outros. Destaca-se os multiplicadores, tanto I quanto II no geral, o setor de cana-de-açúcar e o setor de outras agriculturas, além da indústria de alimentos.
70	SPORRI, C.; BORSUK, M.; PETERS, I.; REICHERT, P. The economic impacts of river rehabilitation: A regional Input-Output analysis. Ecological Economics, Volume 62, Number 2, p.341-351 (2007).	Suíça: Rio Thur – 1995 – Modelo Regional (Não-Bacia) – 12 setores	Desenvolver um modelo para prever os impactos das atividades de reabilitação de rios sobre a economia local. Estimar mudanças locais no local de emprego e produção econômica resultante de gastos do governo na reabilitação, mudanças associadas no uso da terra, e aumento da atividade recreativa. Foi utilizada a técnica do Quociente Locacional para a construção dos coeficientes técnicos locais a partir de dados nacionais e os dados locais de emprego.	Para cada \$ 1 milhão gasto por ano em atividades de reabilitação em nossa região de estudo, estima-se um acréscimo equivalente de 8 empregos em tempo integral (desvio padrão, $\sigma = 0,4$ ETI) e uma produção aumentada de \$1.4milhões ( $\sigma = \$ 0.05$ million). Além destes impactos, estimou-se que o aumento na área de uso recreacional vai aumentar a produção em até \$ 170.000 ( $\sigma = CHF 0.120.000$ ) e do emprego em até 1,7 equivalentes de emprego em tempo integral ( $\sigma = 1,3$ ETI) dependendo da opção de reabilitação específica escolhida.
71	STOEVENER, H.H.; CASTLE, E.N. Input-Output Models and Benefit-Cost Analysis in Water Resources Research. Journal of Farm Economics, Vol. 47, No. 5, Proceedings Number (Dec., 1965), pp. 1572-1579.	não se aplica	Delinear a fundamentação teórica das duas abordagens (insumo-produto e custo-benefício), para indicar como elas podem ser relevantes para a pesquisa econômica em recursos hídricos, e apontar algumas áreas de pesquisa a que possam ser aplicadas.	A utilidade, na prática, da combinação IP-CB irá depender (1), em que medida os modelos de insumo-produto podem ser concebidos de modo a refletir particulares pontos de vista locais ou regionais, e (2) em que medida as técnicas podem ser desenvolvidas, talvez a menor exigência em termos de requisitos de dados pode servir como substituição aos modelos de insumo-produto.

72	SUTTINON, P.; SEIGO, N. Household Water Demand Prediction Model with Changing Economic Effects by Using Input-Output Table Model. International Water Resources Association. 13th World Water Congress. 2008. Montpellier - França.	Tailândia : Bacia do Baixo Rio Chao Phraya - 2006 - Modelo Regional (Bacia) - Não apresenta núm. de setores	Neste trabalho foi desenvolvido um modelo de demanda de água das famílias na Bacia do Baixo Rio Chao Phraya, Tailândia. Há duas partes principais neste modelo: (1) O modelo Populacional, e (2) O modelo de uso da água. A unidade de análise do uso da água foi calculada em dois cenários: (1) unidade de consumo de água constante calculado por meio de questionário, entrevista e pesquisa de campo, (2) unidade de consumo de água variando de acordo com os impactos da mudança na estrutura econômica por declaração da estratégia governamental tailandesa.	O resultado no ano de 2025 mostra que: (1) Para o caso da taxa de fecundidade total média com efeito AIDS, migração e uso constante da água per capita, a demanda de água para uso doméstico será 1.112 milhões de metros cúbicos por ano. (2) Em caso de variação do uso da água, a demanda de água irá aumentar para 1.769 milhões de metros cúbicos por causa do maior uso da água para atender a um melhor estilo de vida na área urbana.
73	SUTTINON, P.; SEIGO, N. Regional Virtual Water Of The Shikoku Island: Inter-Regional Input-Output Table. The 8th International Symposium on Social Management Systems. 2012.	Japão : Ilha Shikoku e demais 8 regiões selecionadas do Japão - 2005 - Modelo Multirregional (não-bacia) - 12 setores	O objetivo deste trabalho é quantificar a água "virtual" por meio de uma ferramenta que integra a tabela de insumo-produto inter-regional e análise da demanda de água. Esta proposta de extensão da tabela de insumo-produto inter-regional pode permitir uma avaliação mais completa da demanda de água em termos de demanda intermediária e final com impactos do comércio no mercado nacional e mundial.	O comércio de água no setor agrícola na região de Shikoku, de acordo com o mercado interno, representa quase a metade da água comercializada para o resto do Japão. Quanto a água virtual, estimou-se para três regiões (1) dentro de Shikoku, (2) resto do Japão, e (3) no mercado internacional. O comércio de água na demanda intermediária (processo de produção) é maior do que na demanda final (consumo privado e governamental) e o comércio internacional (exportações e importações) para ambas as regiões de Shikoku e resto do Japão, representa aproximadamente 70% do total de água utilizada em cada região. Isso quer dizer que o comércio de água no mercado internacional indica que o Japão importa mais do que exporta mercadorias água-intensivas.
74	TAYLOR, R.G.; YOUNG, R.A.; McKEAN, J.R. Some Economic Impacts of a Rural-To-Urban Water Transfer: A Case Study Of Crowley County, Colorado. Completion Report No. 171. Colorado Water Resources Research Institute. Colorado State University. 1993	USA : Município de Crowley (Estado do Colorado) - 1990 - Modelo Regional (Não-bacia) - 27 setores	Estimar os benefícios econômicos diretos (custo de oportunidade) da água usada na irrigação no município de Crowley. Estimar o impacto no emprego regional (direto e secundário) derivado da redução da agricultura irrigada.	A média estimada do valor de água captada foi de \$21 por acre, mas esta varia consideravelmente com os tipos de solos. O valor da água bruta para uso residencial é pior cerca de 9 vezes o valor transferível da água na produção dos cultivos. Os resultados sugerem que a transferência de água do município de Crowley resulta em um preço crescente da água para a economia do Colorado. O total estimado de produto forrageiro e grãos nos sete municípios da região caiu para menos de 2% dado para o município de crowley. Sobre o cenário mais provável (manutenção de 75% das transferências de água para município de Crowley) o total de redução de emprego nos 7 municípios da região foi estimado em 125 postos de trabalho.



75	VELÁZQUEZ, E. An input-output model of water consumption: Analysing intersectoral water relationships in Andalusia. Ecological Economics 56 (2006) 226– 240.	Espanha : Andalusia - 1990 - Modelo Regional (Não-bacia) - 25 setores	Identificar quais os setores que consomem grandes quantidades de água, direta e indiretamente, e analisar até que ponto esse recurso pode tornar-se um fator limitante para o crescimento de determinados setores produtivos.	A estrutura econômica da Andalusia baseia-se em setores que são grandes consumidores de água, e que é centrado principalmente nos setores da agricultura, no setor de alimentos e, agricultura e turismo. Para isto é preciso acrescentar o fato bem conhecido que a maior demanda por água desses setores ocorre justamente nos meses de verão, quando este recurso natural é mais escasso. Portanto, é surpreendente que a Andalusia seja especializada em setores que consomem água cujas exigências se sobrepõem durante os períodos de maior escassez.
76	VELÁZQUEZ-ALONSO, E. Impact Analysis and Extraction Method: Applications on water resources in Andalusia. Centra: Fundación Centro de Estudios Andaluces - Documento de trabajo Serie Economía - E2004/69. 2004. Sevilha - Espanha.	Espanha : Andalusia - 1990 - Modelo Regional (Não-bacia) - 25 setores	Estimar as relações de consumo de água nos setores econômicos; Aplicar o método de extração para simular efeitos sobre o consumo de água ; Identificar como mudanças nas demandas setoriais alteram o consumo regional de água.	Reduções nas exportações de um determinado setor deve provocar uma poupança de recurso água. A extração do setor agro-alimentar reduz consideravelmente o consumo de água da região.
77	VELÁZQUEZ-ALONSO, E. Matriz de Intercambios de água. Análisis mediante la Teoría de Grafos. Economía Agraria y Recursos Naturales. Vol. 3, nº 1, 31-56 (2003).	Espanha : Andalusia - 1990 - Modelo Regional (Não-bacia) - 25 setores	Demonstrar as relações estabelecidas entre os setores produtivos e de consumo de água no sentido de gerar sua produção. O estudo foi aplicado a Andalusia, região autônoma do sul da Espanha e caracterizada pela escassez de água. Usou-se uma metodologia mista, com a análise insumo-produto combinado com a Teoria dos Grafos.	Conclui-se que o alto nível de consumo de água realizado pela rede produtiva da Andalusia, concentrada em poucos setores, precisamente os chamados "motores" da economia regional influenciam a produção de outros setores, e poderiam condicionar a conservação dos recursos hídricos da região e da própria sustentabilidade da economia regional.
78	WANG, L.; MacLEAN, H. L.; ADAMS, B. A. Water resources management in Beijing using economic input-output modeling. Canadian Journal of Civil Engineering. 32: 753–764 (2005).	China : Região Metropolitana de Pequim - 1985, 1990 e 1992 - Modelo Regional (Não-bacia) - 116 setores	Para os anos de 1985, 1990 e 1992 identificar a quantidade e uso da água.	Na economia de Pequim e o uso da água é altamente concentrado na agricultura e indústria pesada, mas esse uso intensivo da água indiretamente reflete na produção da maioria dos bens e serviços por conta das inter-relações entre vários setores da economia. Entre 1985 e 1990 o produto da economia dobrou, mas o consumo de água aumentou apenas 12%, em parte por conta do aumento significativo no preço da água em 1988. Dada a seriedade da escassez de água na região, é necessário que o futuro do desenvolvimento regional esteja baseado em um sistema econômico mais água-eficiente.

79	WANG, Y.; XIAO, H.L.; LU, M.F. Analysis of water consumption using a regional input–output model: Model development and application to Zhangye City, Northwestern China. <i>Journal of Arid Environments</i> . V. 73 (2009) pp. 894–900.	China : Cidade de Zhangye - 2002 - Modelo Regional (Não-bacia) - 17 setores	Baseado em um modelo de insumo-produto regional, foi desenvolvido um método para identificar as relações entre as atividades de produção e do consumo de água relacionado, bem como as relações estabelecidas entre os diferentes setores dos recursos hídricos (ou seja, o consumo indireto). Este método é aplicado para a cidade de Zhangye, uma zona árida do noroeste da China, que se caracteriza pela falta de água.	Os resultados confirmam que, embora Zhangye sofra de uma grave escassez de água, a estrutura econômica da cidade é baseada em setores que consomem grandes quantidades de água. Por um lado, a produção de alimentos e florestal consomem grandes quantidades de água, refletindo a grande escala dessas formas de usos da terra água-intensivos. Por outro lado, os setores industriais e de serviços utilizam uma menor quantidade de água diretamente na produção, mas para produzir os produtos intermediários que são incorporados no processo de produção, Muitas vezes um elevado consumo de água é necessário.
80	WANG, Z.; HUANG, K.; YANG, S.; YU, Y. An input-output approach to evaluate the water footprint and virtual water trade of Beijing, China. <i>Journal of Cleaner Production</i> . V. 42 (2013) PP. 172-179.	China : Pequim - 2002 e 2007 - Modelo Regional (Não-bacia) - 24 setores	Este trabalho envolve a "pegada hídrica", definida como o volume de água necessário para produzir os bens e serviços consumidos, que quantifica o impacto ambiental do consumo. Através da combinação de um modelo insumo-produto com fluxos de água intersetoriais, este artigo descreve um modelo insumo-produto modificado para calcular a intensidade direta, indireta e bruta da pegada da água para diferentes setores em Pequim, em 2002 e 2007.	Os resultados mostram declínios nas pegadas de água agrícola e industrial para estes anos. A pegada de água "cinza" (água necessária para diluir resíduos), que reflete a poluição ambiental causada pela produção e consumo humano, também foi calculado e sugere que, a escassez de recursos hídricos é o principal problema em Pequim, ao invés da poluição da água. Em uma avaliação do comércio de água virtual, juntamente com a economia de água nos diversos setores, verificou-se que Pequim é um importador líquido de água virtual.
81	WIEDMANN, T.; LENZEN, M.; TURNER, K.; BARRETT, J. Examining the global environmental impact of regional consumption activities — Part 2: Review of input–output models for the assessment of environmental impacts embodied in trade. <i>Ecological Economics</i> . v. 61, (2007) pp. 15–26.	não se aplica	Este documento oferece uma análise detalhada dos modelos de insumo-produto para uma região e multi-região recentemente descritos e usados para avaliar os impactos ambientais dos bens e serviços comercializados internacionalmente. Descreveu-se como enumerar o conteúdo dos fluxos de comércio interregional e internacional com objetivo nos usos dos recursos e na poluição, para ilustrar um ideal de contabilidade ambiental e a estrutura de modelagem para a estimativa das Pegadas Ecológicas.	Um grande número de modelos têm sido descritos, mas apenas nos últimos anos, têm surgido modelos que usam um sistema multi-região, uma estrutura de insumo-produto mais sofisticada. Isso tem sido possível através de melhorias na disponibilidade e qualidade, bem como computabilidade dos dados. Identificou-se seis modelos grandes, que empregam, a análise insumo-produto multi-região e multi-setorial, a fim de calcular os impactos ambientais incorporados no comércio internacional. Os resultados dos estudos analisados demonstram que é importante considerar explicitamente a receita de produção, terra e uso de energia, bem como as emissões em um modelo multi-região, multi-setorial e de comércio multi-direcional com cobertura global e desagregação detalhada dos setores.
82	WIEDMANN, T.; MINX, J.; BARRETT, J.; WACKERNAGEL, M. Allocating ecological footprints to final consumption categories with input–output analysis. <i>Ecological Economics</i> . 56 (2006) 28– 48.	Reino Unido - 2000 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 76 setores	Apresenta-se um método que permite a desagregação da "pegada ecológica" nacional por setor econômico, detalhada por categoria de demanda final, área sub-nacional ou grupo socioeconômico. Os cálculos na parte empírica são realizadas usando tabelas de usos e oferta. O método apresentado permite o cálculo de Pegadas Ecológicas comparáveis em todos os níveis sub-nacionais e de diferentes grupos socioeconômicos.	O impacto de um visitante, enquanto está hospedado no Reino Unido é consideravelmente maior do que a de um residente do Reino Unido para o qual a Pegada Ecológica é de 5,3 gha/cap (hectare global por cabeça). A razão para esta diferença significativa é provável que seja devido aos turistas consumirem mais serviços e viajar mais do que os moradores. Os cálculos de insumo-produto sugerem 4,97 gha/cap para consumo final nacional. Os setores com maior pegada ecológica no Reino Unido são: Agricultura, silvicultura e pesca; comércio varejista; hotéis e restaurantes.

83	YAKOVLEVA, E.; KUDRYAVTSEVA, O. The application of intersectoral input-output model for water consumption and air pollution in Russia. working papers series. Moscow Lomonosov State University. 2013. Disponível em < <a href="http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2260915">http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2260915</a> > Acessado em 19/09/2013	Rússia - 2005 - Modelo Nacional (Não-Bacia) - 6 setores	Analisar de fluxos intersetoriais de materiais na economia russa por meio de abordagem insumo-produto (poluição do ar e consumo de água são consideradas). A especial atenção foi dada à água embarcada/incorporada ou água "virtual" (água que é "acumulada" na produção nos setores no decurso do processo de fabrico). O primeiro objetivo foi estimar a quantidade de água "exportada", que é "embutida" na produção. O segundo objetivo foi analisar a alocação intersetorial de poluição do ar para a economia russa (SO <sub>2</sub> é um exemplo), para indicar os principais setores poluidores em atenção a poluição direta e indireta em cada setor da economia.	Baseando-se em dados de exportação da produção de alguns setores, o consumo de água na produção para exportação e a referida quantidade de água incorporada foi estimada. A quantidade de água incorporada é bastante significativa, por exemplo, para a indústria de petróleo e gás e metalurgia. Para as emissões diretas de dióxido de enxofre produzido na agricultura, o setor de habitação e de serviços de utilidade e outros setores são insignificantes em comparação com as emissões indiretas, ou seja quase toda a poluição está associada com o uso de produtos de outras indústrias. Esses setores, inevitavelmente, tem que usar a produção dos setores de energia, indústria e transporte, que produzem emissões indiretas significativas. A produção do setor de energia cresceu mais de duas vezes em seis anos (2005-2010), enquanto o crescimento em outros setores não ultrapassou 38%. Dado este aumento significativo da produção, o aumento da poluição do total, em 35% (direta é apenas 3%) não é grande.
84	YANG, C. , CHEN, X.; XU, J. A Method to Optimize Gross Fixed Capital Investments for Water Conservancy in China. Economic Systems Research. V. 20:2, 151-172. 2008	China - 1999 - Modelo Nacional (Não-bacia) - não revela a quantidade de setores	Uma das principais preocupações dos formuladores de políticas e pesquisadores na China é encontrar um tamanho adequado dos investimentos em capital fixo bruto para conservação da água (GFCIWC). Este artigo determina a proporção ideal de GFCIWC em relação ao PIB.	Foram calculados os diferentes tipos de benefícios induzidos por GFCIWC. Estes incluíram benefícios para frente e para trás. Mais importante ainda, esta pesquisa respondeu a questão de como determinar a proporção de GFCIWC sobre o PIB, os investimentos totais, e gastos fiscais do governo. Todos esses índices vão ajudar os formuladores de políticas na alocação de investimentos, o que é uma questão que é altamente relevante na atual situação econômica e social. A proporção de investimento sobre os gastos do governo deve ser de 5,89% e 0,818% sobre o PIB.
85	YOUNG, R.A.; GRAY, S.L. Input-Output Models, Economic Surplus, and the Evaluation of State or Regional Water Plans. Water Resources Research, V. 21, N. 12, pp. 1819-1823, 1985.	não se aplica	Mostra-se que algumas avaliações baseadas em modelos interindustriais regionais exageram muito os benefícios líquidos diretos derivados de incrementos de abastecimento de água. Discute-se como esses modelos podem ser adaptados para fornecer medidas mais adequadas de benefícios do projeto de água.	Modelos de insumo-produto são, sem dúvida úteis na "análise de impacto", com a previsão de impactos de curto prazo de projetos de desenvolvimento de recursos (um exemplo de economia positiva). No entanto, estes métodos devem ser usados com muito cuidado em contextos de avaliação (normativa).

86	YOUSEFI, M. ; KALOUKAN, M. E.; ZAKERI, Z. Assessing Water Consumption of industrial Sectors in Iran, Using Input Output Technique. The 20th International Input-Output Conference & the 2nd Edition of International School of Input-Output Analysis - Bratislava - Slovakia. 2012	Iran - 2001 - Nacional (Não-bacia) - 32 setores	Estimar o padrão de consumo de água na indústria de transformação no Iran. Verificar a importância da água para os setores.	Os resultados mostram que ambos os coeficientes, diretos e indiretos, são relativamente elevados em setores como a agricultura, e setores como papel e produtos de papel, indústrias de alimentos, metais básicos, petróleo refinado e carvão, minerais não metálicos, vidros, têxteis e outros equipamentos de transporte, de construção e materiais químicos. Este resultado permanece mais ou menos o mesmo quando se utiliza o método de extração, exceto que o setor de serviços parece ser o principal setor de consumo de água. Levando-se em conta o fato que estas são as principais atividades econômicas do país, portanto, é imperativo para os gestores de política pública coordenar suas atividades de tal forma que o fornecimento adequado de água seja feito, e os usos mais eficientes sejam implementados.
87	YU, Y.; HUBACEK, K.; FENG, K.; GUAN, D. Assessing regional and global water footprints for the UK. Ecological Economics. V. 69 (2010) pp.1140–1147.	Inglaterra : Regiões Nordeste e Sudeste e Resto do País - 2001 - Modelo Multirregional (Não-Bacia) - 28 setores.	Neste trabalho, foi desenvolvido um modelo multirregional de insumo-produto (IO) estendido por coeficientes de consumo de água para quantificar a respectiva pegada hídrica doméstica para as diferentes categorias de consumo para o Sudeste e Nordeste da Inglaterra e do Reino Unido, ou seja, a água consumida direta e indiretamente ao longo da cadeia de abastecimento regional.	Com relação às duas regiões, observou-se uma disparidade regional muito significativa da pegada hídrica regionais (nacionais e total) entre a relativamente escassa água do Sudeste e da grande disponibilidade de água no Nordeste da Inglaterra. A pegada hídrica para uso doméstico per capita no Sudeste é 22% maior do que a pegada hídrica doméstica per capita no Nordeste. Os principais consumidores de água incluem Agricultura, Produtos Alimentares, Eletricidade e Gás, e Hotel e restaurantes. O total da pegada hídrica per capita no Sudeste (1.257 m3/ano) é mais do que duas vezes a do Nordeste (597 m3/ano).
88	ZHANG, X. Damage and Interindustry Economic Impact of Drought and Water Scarcity in China: An Input-Output Analysis. 2009. Disponível em < <a href="http://www.jsps.go.jp/english/e-ronpaku/2009/01-CASS-XiaoZHANG.pdf">http://www.jsps.go.jp/english/e-ronpaku/2009/01-CASS-XiaoZHANG.pdf</a> > acessado em 20/09/2013.	China - 2001/2002 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 9 setores (não descreve diretamente quantos setores existem na matriz)	O objetivo principal deste estudo é analisar o impacto das secas e escassez de água em todos os setores econômicos na China. O segundo objetivo é demonstrar o valor da ferramenta de insumo-produto e usar o método para avaliar e estimar a medida de linkages (impactos indiretos), que incluem ligações para trás e para frente entre os setores. O terceiro objetivo é dedicar uma série de análises empíricas com base nos linkages de impacto e vários cenários para encontrar implicações políticas macroeconômicas relevantes.	(1) a estimativa de perdas e danos causados por secas e escassez de água é enorme e tem um impacto extremo em alguns setores. Os resultados estimam a perda de 2,5% do PIB na agricultura e 10,4 % na administração pública (valor bruto) em 2001, e 1,3 % do PIB da agricultura e 5,7% na Administração pública em 2002. (2) Alguns setores-chave, como agricultura e energia elétrica, usam mais água por unidade de produto. (3) Ao analisar todos os setores, o subsetor de vapor quente, produção e abastecimento de água é o maior setor usuário. Em relação à ligação para frente, o subsetor de geração de energia térmica é o maior consumidor. A conclusão é que o setor de geração de energia térmica é o maior setor no uso da água em comparação com todos os outros setores industriais.

89	ZHANG, Z.; SHI, M.; YANG, H.; CHAPAGAIN, A. An Input–Output Analysis Of Trends In Virtual Water Trade And The Impact On Water Resources And Uses In China, Economic Systems Research, 23:4, 431-446. 2011.	China : 30 Províncias - 2002 e 2007 - Modelo Multirregional (Não-bacia) - 20 setores em cada região.	Este estudo investiga os impactos do comércio internacional da China sobre seus recursos hídricos e usos, entre 2002 e 2007.	Os resultados mostram um aumento significativo na eficiência do uso da água na maioria dos setores, destacadamente nos setores de manufatura. No entanto, a água virtual líquida total exportada aumentou em cerca de 75%, passando de 39,0 para 68,2 bilhões de metros cúbicos. A proporção de água virtual na exportação líquida em relação ao total dos recursos hídricos do país aumentou de 1,8% para 3,1%. No norte da China (maior escassez de água), a proporção passou de 3,6% para 5,1%, o que indica uma crescente pressão dos recursos hídricos. A participação das exportações líquidas de água virtual no uso total de água na China aumentou de 7% para 12%.
90	ZHANG, Z.Z.; YANG, H.; SHI, M. Analyses of water footprint of Beijing in an interregional input–output framework. Ecological Economics. 70 (2011) 2494–2502.	China : Pequim e outras 29 regiões - 2002 - Modelo Interregional (Não-bacia) - 60 setores	Este estudo avalia quantitativamente a "pegada hídrica" de Pequim em um modelo interregional de insumo-produto, com foco no "blue water" e os usos. As interconexões da água entre Pequim e outros estados são analisados em setores.	Os resultados apresentam um total de pegada hídrica de Pequim da ordem de 4498,4 milhões de m <sup>3</sup> /ano, dos quais 51% se refere à pegada hídrica externa adquirido pelas importações. A agricultura tem o maior volume de água 1524,5 milhões de m <sup>3</sup> /ano com 56% de fontes externas. O principal provedor de água virtual para Pequim é Hebei, outra região de escassez de água, da qual Pequim recebe água virtual de 373,3 milhões de m <sup>3</sup> /ano com 40% da agricultura.
91	ZHAN-MING, C.; CHEN, G.Q. Virtual water accounting for the globalized world economy: National water footprint and international virtual water trade. Ecological Indicators. V. 28. (2013). pp. 142–149.	112 países - 2004 - Modelo Interregional (Não-bacia) - 57 setores	Este estudo investiga o perfil de água virtual do mundo, em 2004, baseado em um modelo insumo-produto multi-região. As pegadas hídricas de 112 regiões são calculados e as composições da pegada de grandes consumidores de água são analisados.	Menos de 35% da necessidade de água global virtual é fornecida por produtos agrícolas, apesar do fato de que 69% do total de água retirada estar associado com o setor agrícola. Na escala nacional, Índia, USA e China são os maiores consumidores de água virtual do mundo. Per capita, a pegada hídrica varia de 30 m <sup>3</sup> para o Sul da África Central, até 3290 m <sup>3</sup> para o Luxemburgo. Como um dos principais determinantes da presença nacional, o comércio virtual de água internacional se resume a 30% das captações diretas de água do mundo.
92	ZHAO, X.; CHEN, B.; YANG, Z.F. National water footprint in an input–output framework—A case study of China 2002. Ecological Modelling. V. 220 (2009) pp.245–253.	China : 2002 - Modelo Nacional (Não-bacia) - 23 setores	Este artigo apresenta um cálculo da pegada hídrica nacional (NWF) com o método de insumo-produto.	Os resultados indicaram que a NWF da China foi 381 m <sup>3</sup> /cap no ano em 2002. Um novo indicador denominado como intensidade da pegada hídrica nacional (NWF <sub>I</sub> ) também é derivado da NWF para avaliar as intensidades dos diferentes setores de consumo de água. A avaliação do comércio virtual de água nos setores tem resultados que dão uma quantificação detalhada da importação de água virtual líquida nos setores, verificando-se que a China é um exportador líquido de água virtual sobre todos os setores nacionais, o que é diferente dos estudos anteriores .

93	ZHAO, X.; YANG, H.; YANG, Z.; CHEN, B.; QIN, Y. Applying the Input-Output Method to Account for Water Footprint and Virtual Water Trade in the Haihe River Basin in China. <i>Environmental Science &amp; Technology</i> . 2010, v. 44, pp.9150–9156.	China : Bacia do Rio Haihe - 1997, 2000 e 2002 - Modelo Regional (Bacia) - 14 setores	Neste trabalho, uma análise insumo-produto, com base em quadro contábil da pegada hídrica é construído para determinar a WF e o comércio de água virtual dos produtos de consumo final, em relação ao estresse hídrico na bacia do rio Haihe na China para o ano de 1997, 2000 e 2002.	Os resultados mostram WF de 46,57, 44,52 e 42,71 bilhões de m <sup>3</sup> para os três anos, respectivamente. Esses volumes são maiores do que a água utilizada diretamente nos anos correspondentes na bacia. A intensidade WF (WFI) indicador é utilizado para avaliar se as atividades econômicas na bacia são consistentes com a estratégia de água virtual. A variação temporal da WFI também é decomposto pelo método de análise de número de índice. Os resultados mostraram que a bacia estava silenciosamente importando água virtual através do comércio de matérias-primas e produtos alimentares processados .
<b>ESTUDOS NACIONAIS (BRASIL) COM A METODOLOGIA INSUMO-PRODUTO E QUE TRATAM DE QUESTÕES REFERENTES À ÁGUA</b>				
94	DAMASIO, J.; CARRERA-FERNANDEZ, J.; GARRIDO, J.R., SILVEIRA, A.H.P. Impactos da cobrança pelo uso da água: uma metodologia de avaliação. <i>Bahia Análise &amp; Dados</i> . Salvador, v. 13, n. Especial, p. 497-513, 2003.	Estudo metodológico - Modelo Regional (Bacia)	Propor metodologia para gerar matrizes em bacias hidrográficas e extrair impactos da cobrança pelo uso da água nos setores econômicos.	Não se aplica
95	DAMÁSIO, J.; SILVEIRA, A. H. P.; CARRERA-FERNANDEZ, J. Efeitos Da Cobrança Do Recurso Água Sobre Agregados Da Economia Brasileira. Relatório final de Pesquisa. FINEP. 403 p. 2005.	Brasil: Bacias dos Rios PCJ e trecho paulista da bacia Paraíba do Sul. 2003. Modelo Regional. (parte-bacia e bacia) - 24 setores	Estimar matrizes para as bacias em estudo e analisar os principais indicadores da análise insumo produto além de obter impactos da cobrança pelo recurso água para os preços na economia, sob 9 critérios diferentes de cobrança.	Os resultados apresentam que o impacto da cobrança sobre os preços da economia variam bastante, a depender da metodologia de cobrança utilizada, dentre a 9 utilizadas nos cálculos. De maneira geral, o impacto nos preços foi de aproximadamente 0,2% até aproximadamente 2,0%.
96	HEWINGS, G.J.D; DRIDI, C.; GUILHOTO, J.J.M. Impacts of reallocation of resource constraints on the northeast economy of Brazil. 45th Congress of the European Regional Science	Brasil : Região Nordeste - 1992 - Modelo Econométrico/Regional (Não-bacia) - 35 setores	Promover uma conexão entre consumo de água, crescimento econômico e desenvolvimento. O estudo acopla um modelo econométrico de insumo-produto com um modelo de alocação de água.	Os resultados revelam que a realocação da água tem um papel importante somente para o setor agrícola, o maior consumidor de água na região. A realocação tem o objetivo de maximizar o valor adicionado. No período 1999-2012, o impacto nos seis setores agrícolas foi de redução do seu produto e emprego em 15% anualmente. A redução no emprego no resto da economia foi menor, 1% anualmente. Entretanto, se o setor agrícola continuar empregando

	Association. Amsterdam, Netherlands – 23-27 August, 2005.			parcela significativa da força de trabalho, a perda agregada de emprego será cerca de 6% em média, aproximadamente 1 milhão de postos de trabalho anualmente.
97	MIRANDA, C. da R. Insumo-produto e planejamento ambiental. Revista brasileira de Economia. Rio de Janeiro, v. 36 (3), pp. 277-302, jul./set. 1982.	Brasil : Bacia do Rio Paraíba do Sul - 1970 - Modelo Regional (Bacia) - 15 setores (mesmos coeficientes da matriz nacional)	A análise de insumo-produto é utilizada buscando fornecer subsídios ao planejamento ambiental da bacia do rio Paraíba do Sul, no que diz respeito à localização industrial e à qualidade de suas águas.	Os resultados alcançados demonstram a potencialidade da metodologia em integrar economia e meio-ambiente num mesmo contexto. Além disso, é necessário que tais resultados sejam entendidos não como uma conclusão final, mas sim como uma indicação que deve ser aprofundada por estudos mais específicos. Nesse sentido, argumenta-se que o atual descrédito ao uso de modelos seja muito mais devido à estreita visão daqueles que apontam seus resultados como verdades absolutas do que às suas eventuais deficiências técnicas.
98	MOREIRA-JUNIOR, P.A.N. As políticas ambientais de cobrança pelo uso da água na Bacia do Rio Paraíba do Sul: uma abordagem insumo-produto. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 204 p. 2007.	Brasil : Bacia do Rio Paraíba do Sul (trecho paulista) - 2003 - Modelo Regional (Parte-Bacia) - 22 setores	O objetivo geral do trabalho é estimar os potenciais de arrecadações das políticas de cobrança e mensurar os impactos gerados por cada uma dessas políticas ambientais sobre os usuários da bacia hidrográfica no trecho paulista do Rio Paraíba do Sul. O exercício adota a metodologia desenvolvida pelo GERI, baseada na técnica Insumo-Produto, para análise dos impactos econômicos da cobrança pelo uso da água em seus diferentes usos setoriais sob hipótese do “setor Bacia”.	A política Tecnocentrista Otimista tem um o potencial arrecadatório menor e, portanto, apresenta os menores impactos sobre o produto da Bacia. As externalidades negativas geradas pela política otimista são associadas à não adoção do aprimoramento da tecnologia e ao monitoramento da emissão de efluentes e à inserção nos modelos de preços de parâmetros ponderados por variáveis ecológicas. O limite imposto pela política Ecocentrista de Ecologia Profunda é utópico, pois não há um procedimento possível de aplicação que minimize os efeitos dos impactos sobre o produto dos “setores Bacia” pela a cobrança pelo uso da água.
99	PEREIRA, R.M. Aspectos Econômicos Dos Modelos De Cobrança Da Água Pelo Lançamento De Efluentes: A Bacia Hidrográfica Do Rio Paraíba Do Sul. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 2007	Brasil : Bacia do Rio Paraíba do Sul - 2003 - Modelo Regional (Bacia) - 23 setores	Simular os impactos econômicos dos acréscimos gerados pelos diferentes modelos de cobrança pelo uso da água com especial atenção para o lançamento de efluentes nas qualidades de Demanda Bioquímica por Oxigênio - DBO e Demanda Química por Oxigênio - DQO na Bacia do Paraíba do Sul.	Na simulação dos modelos de cobrança pelo uso da água pelo lançamento de efluentes foram ensaiados quatro modelos microeconômicos, um modelo Ad Hoc e três modelos por critérios técnicos. Foram ensaiados para lançamento de efluentes, de acordo com o nível de toxicidade (DBO e DQO) em todos os modelos microeconômicos e para o Modelo de Preço de Custo Médio. Esses modelos geraram vetores de preço que foram distribuídos para cada um dos 23 setores de atividades econômicas. Os acréscimos gerados no setor de Serviço de Indústria de Utilidade Pública (SIUP), no setor de Indústrias Diversas e no setor de Metalurgia e Siderurgia são os maiores em sete Modelos de Cobrança.

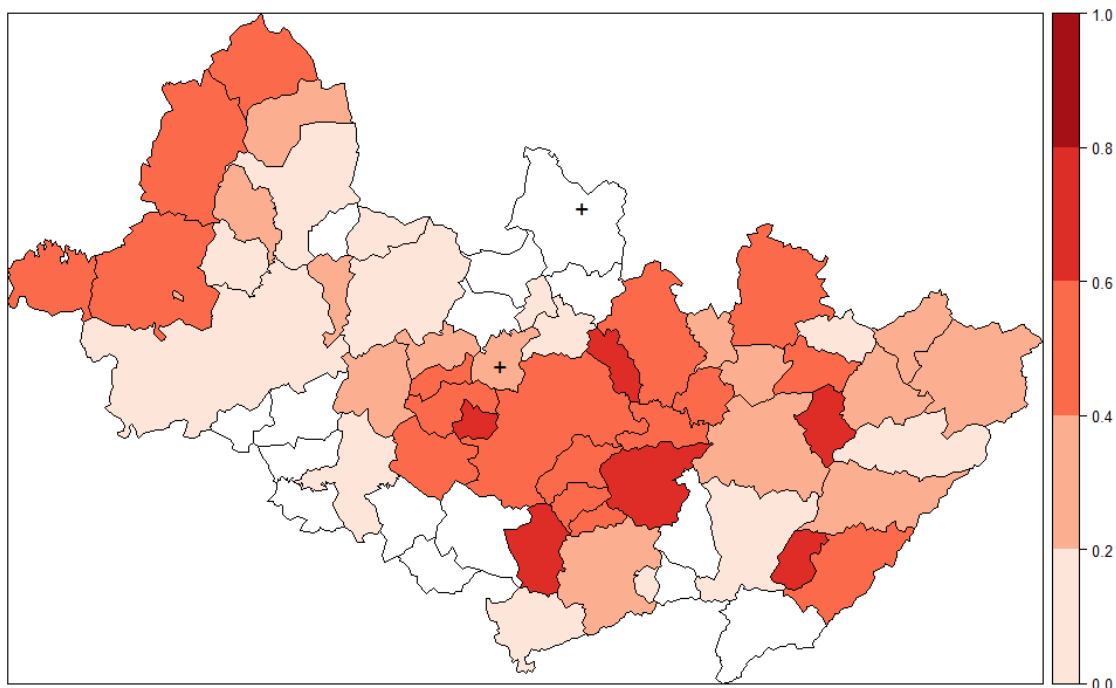
100	SANTANA, T.A.R. Estudo dos Impactos Econômicos Da Cobrança Pelo Uso Da Água Na Bacia Do Rio São Francisco: Uma Abordagem de Insumo-Produto. Dissertação de mestrado em economia. Universidade Federal da Bahia. 2010.	Brasil : Bacia do Rio São Francisco - 2006 - Regional (Bacia) - 38 setores	Este trabalho objetiva simular o impacto econômico da cobrança pelo uso da água da Bacia do São Francisco sobre cada setor econômico.	Os maiores impactos são sentidos pelos setores agricultura, silvicultura e exploração florestal; Educação, saúde e administração públicas; Eletricidade e gás, água, esgoto e limpeza urbana (SIUP). A partir dos indicadores de encadeamento é observado que estas três atividades têm muito baixa interação com os setores para trás de suas cadeias produtivas. A agricultura é a maior pagadora da Bacia. Realiza captação de 11 bilhões de m <sup>3</sup> /ano e consumo de aproximadamente o mesmo valor. O volume de seu lançamento que efetivamente demanda bioquimicamente por oxigênio (DBO <sub>5,20</sub> ) é de apenas 194,4 m <sup>3</sup> /ano
101	SILVEIRA, S. de F. R. Inter-relações econômicas dos Estados na Bacia do Rio São Francisco : uma análise de insumo-produto. Tese de Doutorado em Ciências - Área de concentração Economia Aplicada, ESALQ-USP. 2000	Brasil : Bacia do Rio São Francisco - 1995 - Modelo Interregional (Bacia)	Esta pesquisa procurou analisar as relações interindustriais, a capacidade de indução das demandas finais ao crescimento e as relações de comércio das economias dos estados na bacia hidrográfica do rio São Francisco. Também associou à tradicional matriz de insumos do sistema econômico, uma matriz considerando o recurso água e, a partir desta, estimou os coeficientes de uso da água e calculou os multiplicadores.	O modelo permitiu constatar que as estruturas das economias das regiões Minas Gerais, Bahia e Pernambuco apresentaram diferenças significativamente fracas. As maiores interações ocorrem com a economia de Minas Gerais, no entanto, as mais importantes aparecem entre as três regiões da bacia do São Francisco e o Resto do Brasil. Ao se avaliar os usos da água, segundo as inter-relações setoriais das economias do sistema inter-regional (considerando-se Minas Gerais, Bahia e Pernambuco), verificou-se, por meio da estimativa dos multiplicadores, que os volumes consumidos no sistema são muito maiores do que os estimados quando se considera um setor da economia isoladamente.

Figura 1.0-1: Compilação de Estudos de Análise Insumo-Produto e Recursos Hídricos



## ANEXO 2: Figuras Resultado dos Testes de Não-Estacionariedade

Correlações por GWR: Saldo Hídrico e Captações de Água

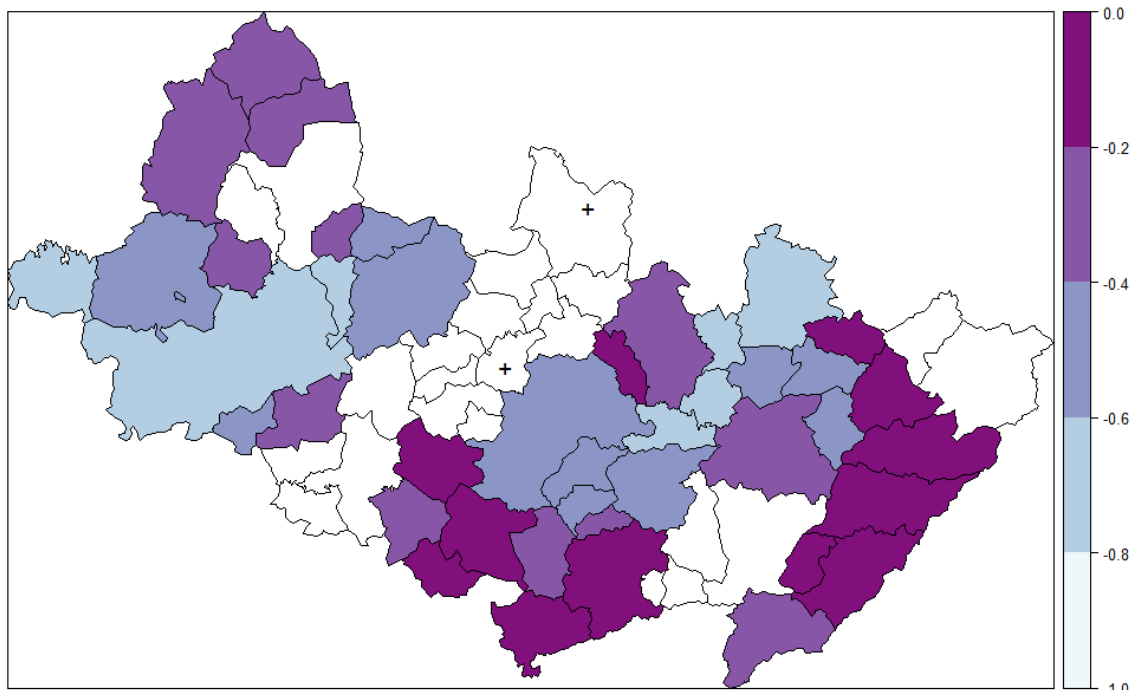


Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)

Figura 2-0-1: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X CAPT2013

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

Correlações por GWR: Saldo Hídrico e Infraestrutura Pública

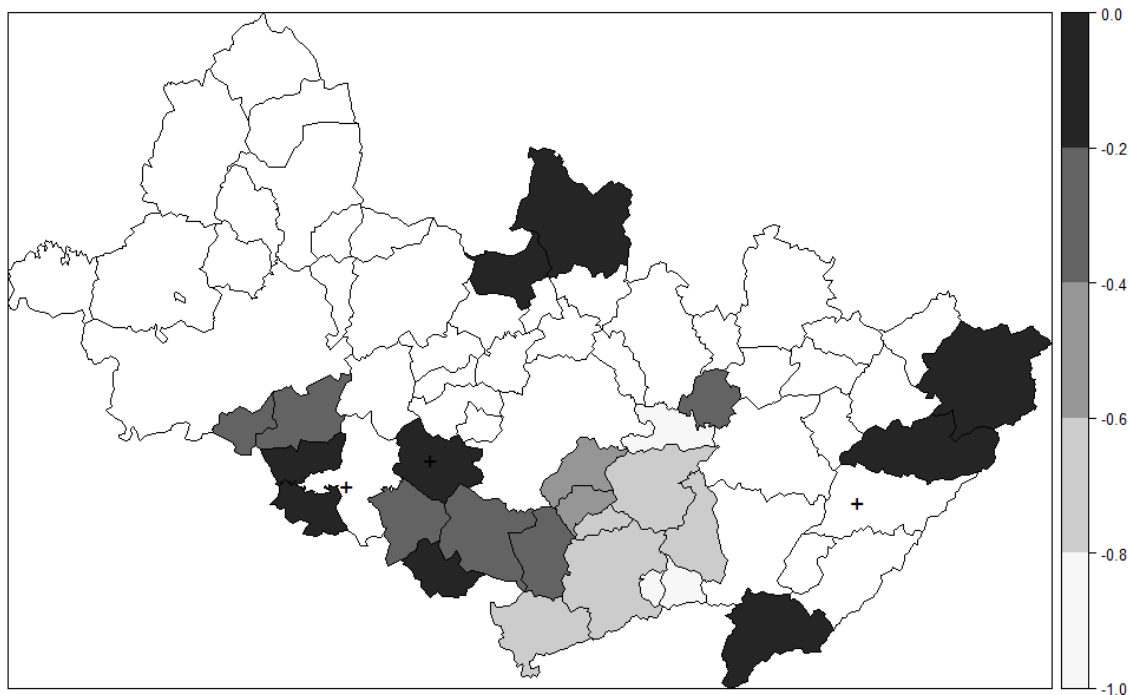


Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)

Figura 2.0-2: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X IEPOP

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

**Correlações por GWR: Saldo Hídrico e Lançamento nos Corpos d'água**

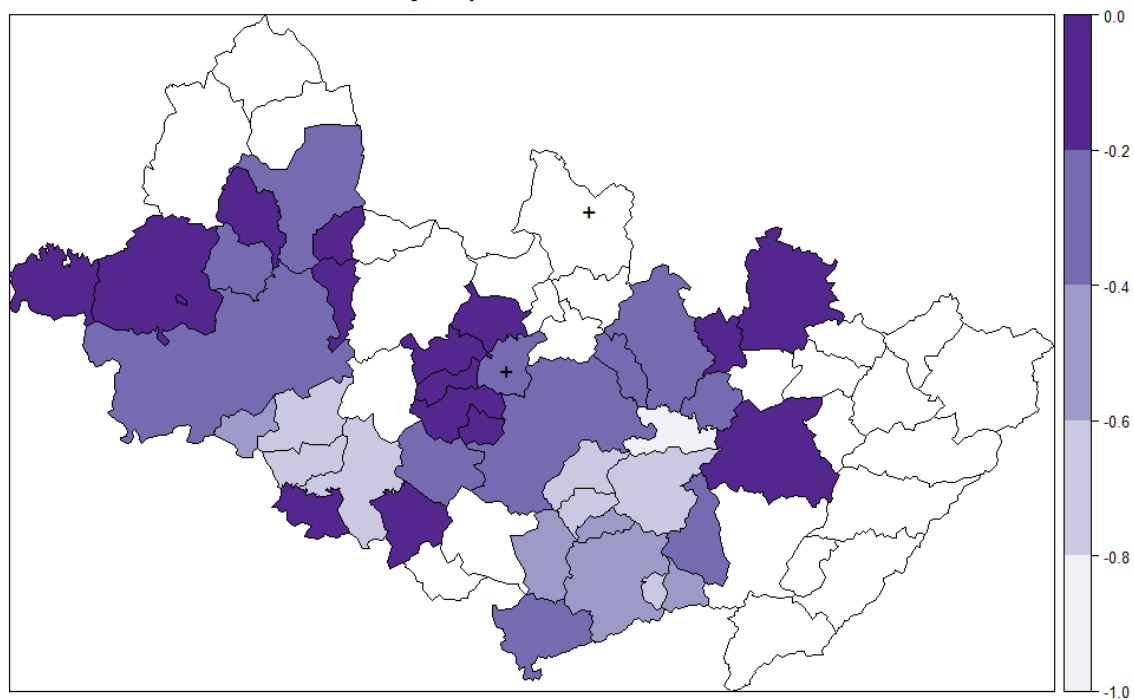


**Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)**

Figura 2.0-3: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X LANC2013

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

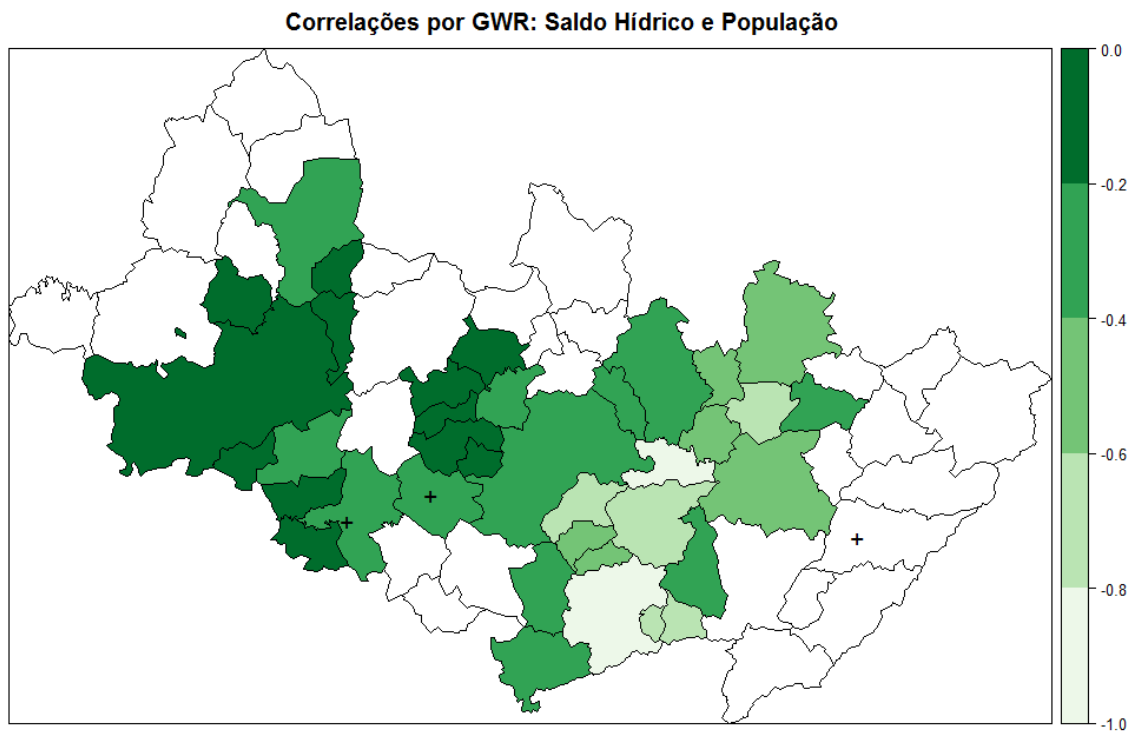
**Correlações por GWR: Saldo Hídrico e PIB**



**Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)**

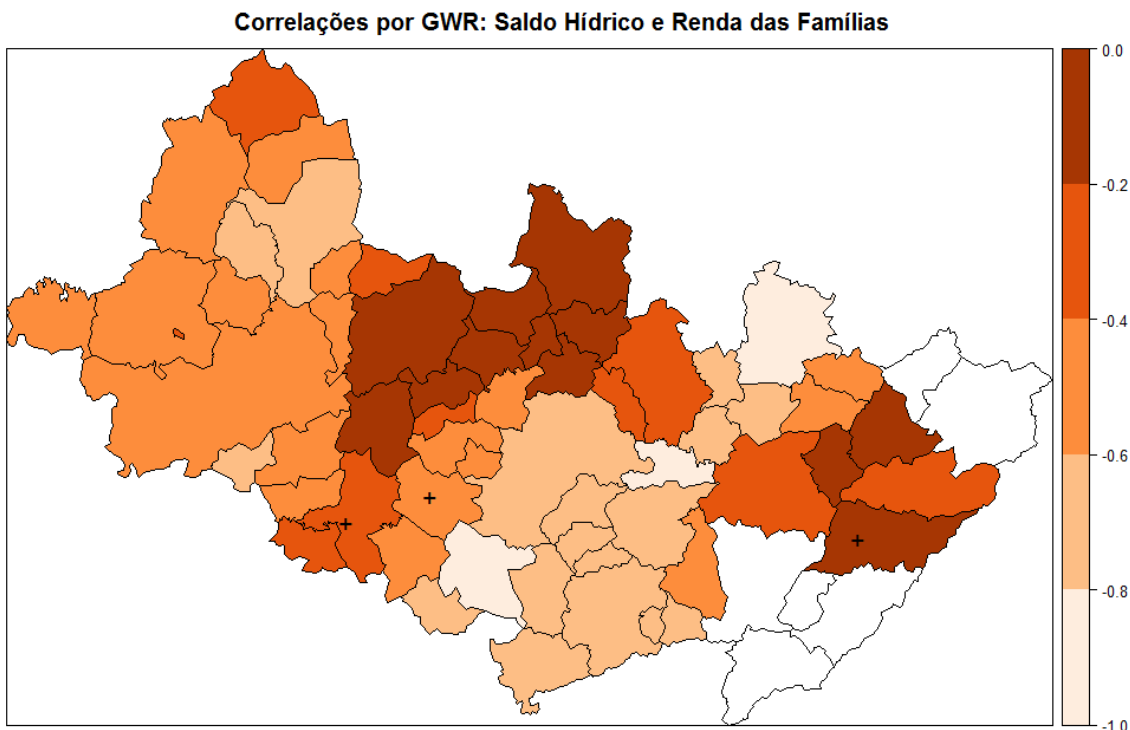
Figura 2.0-4: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X GDP

Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel



**Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)**

Figura 2-0-5: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X GDP  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel



**Resultados do Teste de Monte Carlo – Não-Estacionariedade (+)**

Figura 2-0-6: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X YIELD  
 Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel

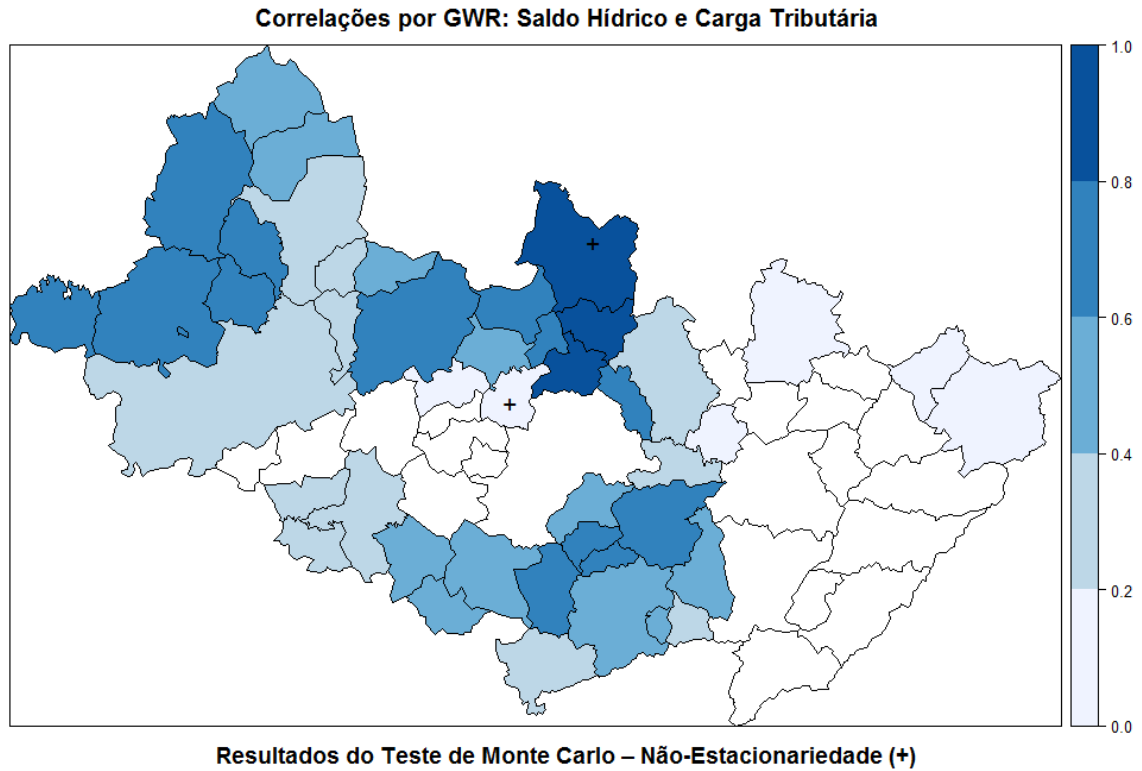


Figura 2-0-7: Teste de não-estacionariedade – Correlação WATERBAL X TAXRATE  
Fonte: R Core Team (2014); Software R - Pacote GWmodel