



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JOSE DANIEL MORALES MARTINEZ

**O EFEITO DOS PARES NO CONSUMO DE RECURSOS
HÍDRICOS: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Campinas
2021



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JOSE DANIEL MORALES MARTINEZ

**O EFEITO DOS PARES NO CONSUMO DE RECURSOS
HÍDRICOS: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Prof. Dr. Alexandre Gori Maia– orientador

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Econômicas do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas para obtenção do título de Doutor em Ciências Econômicas, na área de Teoria Econômica.

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À VERSÃO
FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO JOSE
DANIEL MORALES MARTINEZ E ORIENTADO PELO
PROF. DR. ALEXANDRE GORI MAIA.**

**Campinas
2021**

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Economia
Luana Araujo de Lima - CRB 8/9706

M792e Morales Martínez, José Daniel, 1981-
O efeito dos pares no consumo de recursos hídricos : a experiência do estado de São Paulo / José Daniel Morales Martínez. – Campinas, SP : [s.n.], 2021.

Orientador: Alexandre Gori Maia.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Economia.

1. Água - Consumo. 2. Efeito de pares. 3. Economia comportamental. 4. Microeconometria. 5. Econometria espacial. I. Maia, Alexandre Gori, 1972-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Economia. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Peer effects in water resources consumption : the São Paulo state experience

Palavras-chave em inglês:

Water consumption

Peer effects

Behavioral economics

Microeconometrics

Spatial econometrics

Área de concentração: Teoria Econômica

Titulação: Doutor em Ciências Econômicas

Banca examinadora:

Alexandre Gori Maia [Orientador]

Marcelo Justus dos Santos

José Maria Ferreira Jardim da Silveira

Humberto Francisco Silva Spolador

Aryeverton Fortes de Oliveira

Data de defesa: 08-03-2021

Programa de Pós-Graduação: Ciências Econômicas

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0000-0001-8117-830X>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/1656078929852260>



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE ECONOMIA

JOSE DANIEL MORALES MARTINEZ

**O EFEITO DOS PARES NO CONSUMO DE RECURSOS
HÍDRICOS: A EXPERIÊNCIA DO ESTADO DE SÃO PAULO**

Prof. Dr. Alexandre Gori Maia – orientador

Defendida em 08/03/2021

COMISSÃO JULGADORA

Prof. Dr. Alexandre Gori Maia - PRESIDENTE
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Marcelo Justus dos Santos
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. José Maria Ferreira Jardim da Silveira
Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP)

Prof. Dr. Humberto Francisco Silva Spolador
Universidade de São Paulo (USP)

Prof. Dr. Aryeverton Fortes de Oliveira
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)

A Ata de Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, a Deus pela infinidade de tudo o que me proporciona todos os dias na minha vida, e por ter me dado coragem para trilhar este caminho.

Às pessoas que amo pelos valores, incentivo, apoio, força e encorajamento. Acho que tudo isso valeu a pena.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre Gori Maia por ter-me deixado fazer parte do seu grupo de trabalho e, ter acreditado em mim e nas minhas capacidades. Agradeço ainda o trato simples, correto e científico, com que sempre abordou as nossas reuniões de trabalho, sem nunca ter permitido que o desalento se instalasse, mesmo quando as coisas não corriam bem.

Agradeço ao Prof. Dr. Junior Garcia pelas importantes contribuições e aportes. Também aos os Profs. Drs. José Maria Ferreira e Marcelo Justus pelos comentários e valorosas sugestões no momento da qualificação.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Essa participação foi fundamental para o financiamento do projeto de pesquisa e elaboração da minha tese.

À Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), em especial ao Programa de Pós-Graduação do Instituto de Economia (IE), por toda a infraestrutura disponibilizada e pela oportunidade que foi dada para o meu desenvolvimento intelectual.

Aos professores, pesquisadores e colegas membros do Núcleo de Economia Agrícola e do Meio Ambiente (NEA), que durante nossas reuniões, contribuíram de forma significativa na elaboração deste trabalho.

A todos aqueles que de uma forma ou de outra colaboraram para a realização dessa tese.

“O valor das coisas não está no tempo em que elas duram, mas na intensidade com que acontecem. Por isso existem momentos inesquecíveis, coisas inexplicáveis e pessoas incomparáveis”.

Fernando Pessoa

RESUMO

A água esta cada vez mais se tornando um bem escasso, o que imprime enormes desafios de supervisão e coordenação à governança de recursos hídricos. Formas alternativas de compreender às dinâmicas de consumo, como a interação e dependência social seriam fundamentais para formulação de políticas, que procurem a conservação e sustentabilidade dos recursos naturais. Nesse contexto, a presente tese pretende abordar a relação entre o efeito de pares e o consumo e uso de água no âmbito urbano e rural do estado de São Paulo – Brasil. Em meio à crescente literatura especializada sobre o assunto, essa tese buscou, por meio de três capítulos (artigos), contribuir desde uma perspectiva empírica para análise e o entendimento dessa relação. No primeiro capítulo, analisa-se como o grupo social de referência influencia nas decisões de consumo residencial de água, e como esse efeito seria heterogêneo entre diferentes classes de consumo. Os resultados evidenciam que o efeito do grupo social de referência, estaria associado à posse e manutenção de bens de caráter posicional. No entanto, esse efeito seria mais importante nas classes com maior demanda por água e, portanto poderia gerar um estímulo ao desperdício desse recurso natural. O segundo capítulo abordou a relação entre efeito de pares e adoção de práticas de irrigação agrícola. Para isso foram analisadas as tecnologias de aspersão e localizada. Os resultados se mostram robustos a diferentes especificações de regime espacial, além de evidenciar *spillovers*, os quais sugerem a presença de efeitos de pares diferenciados segundo a opção tecnológica adotada. Na irrigação localizada, existe uma característica sustentável no uso de recursos hídricos, indicando que sua implementação seria uma estratégia adaptativa aos riscos associados às condições climáticas, apresentando efeitos locais e de transbordamento espacial. O terceiro capítulo tratou além do efeito de pares, as relações entre a variabilidade climática, práticas de conservação do solo e preservação de floresta nativa, na exploração de recursos hídricos subterrâneos. Foi analisada a adoção de dois tipos de poços: comuns ou convencionais e tubulares ou artesianos. A evidência encontrada sugere a existência de efeitos *spillovers* maiores no caso de poços tubulares. A variabilidade climática aumentaria também o uso de poços de elevada profundidade. Porém, um maior uso de práticas conservacionistas e de preservação de florestas nativas geraria maior resiliência às variações do clima, reduzindo a exploração através de poços tubulares. Foi demonstrada a importância da influência da vizinhança nas decisões locais sobre a extração de água subterrânea. Os resultados dessa pesquisa podem auxiliar na elaboração de políticas públicas, orientadas a induzir um consumo e uso mais eficiente e sustentável dos recursos hídricos.

Palavras chave: consumo de água, efeito de pares, economia comportamental, microeconometria, econometria espacial

ABSTRACT

Water is becoming an increasingly scarce resource, posing great oversight and coordination challenges to water governance. Alternative ways of understanding consumption dynamics, such as social interaction and dependence, could be crucial to policymakers seeking to protect and sustain hydro resources. Within this context, this dissertation aims to address the relation between the peer effect and water consumption and use in urban and rural settings in the state of São Paulo, Brazil. In view of the growing specialized literature on the subject, this work, structured in three chapters (papers), is an attempt to contribute from an empirical viewpoint to the analysis and understanding of that relation. In the first chapter we analyze how the reference social group influences decisions on household water consumption, as well as the ways in which this effect is heterogeneous among the different consumption classes. Our results show that the reference social group's effect is associated to possession and maintenance of positional goods. However, this effect seems to be greater for classes with higher water demand and, as a consequence, could encourage waste of this resource. The second chapter addresses the relation between the peer effect and the adoption of agricultural irrigation techniques. In order to do this, sprinkling and localized technologies were analyzed. Our results have proven to be robust to different specifications of spatial regimen, besides being able to point out spillovers, suggesting the presence of different peer effects, according to the technology being adopted. Localized irrigation features characteristics of sustainability regarding water use and as such its implementation could be an adaptive strategy to the risks associated with climate conditions, presenting both local and spatial spillover effects. The third chapter addressed not only the peer effect, but also relations between climate variability, soil conservation practices and native forest preservation in the exploration of underground water resources. Two well types were analyzed: common or conventional wells and tubular or artisan wells. Our evidence suggests higher spillover effects for tubular wells. Climate variability also increases the use of deeper wells. However, more frequent adoption of actions of native forest conservation and preservation could foster climate variation resilience, reducing tubular well exploration. Neighborhood influence was also demonstrated to have an impact in local decisions when it comes to underground water extraction. Our results can assist in the making of behavioral public policies directed at promoting more efficient and sustainable consumption and use of water resources.

Keywords: Water consumption, peer effects, behavioral economics, microeconometrics, spatial econometrics

RESUMEN

El agua se está convirtiendo cada vez más en un bien escaso, y eso demanda enormes desafíos de supervisión y coordinación a la gobernanza de recursos hídricos. Formas alternativas de comprender las dinámicas de consumo, como la interacción y la dependencia social, son aspectos relevantes en la formulación de políticas orientadas a la conservación y sustentabilidad de los recursos naturales. En ese contexto, la presente tesis de doctorado pretende abordar la relación entre el efecto de pares, y el consumo y uso de agua en los ámbitos urbano y rural del estado de São Paulo – Brasil. Teniendo como paño de fondo la creciente literatura especializada sobre este asunto, esta tesis pretende a través de tres capítulos (artículos), hacer una contribución desde una perspectiva empírica para el análisis y el entendimiento de esas relaciones. En el primer capítulo, se analiza cómo el grupo social de referencia influencia en las decisiones de consumo de agua residencial, y si ese efecto es heterogéneo entre diferentes clases de consumo. Los resultados muestran que el efecto del grupo social de referencia, estaría asociado con la posesión y mantenimiento de bienes de carácter posicional. Sin embargo, ese efecto es más importante para las clases con mayor demanda de agua, y por tanto, podría estimular el desperdicio de este recurso natural. El segundo capítulo aborda la relación entre el efecto de pares y la adopción de prácticas de irrigación agrícola. Fueron analizadas las tecnologías de aspersión y localizada. Los resultados son robustos a diferentes especificaciones de regímenes espaciales, y evidencian *spillovers* que sugieren efectos de pares diferentes según la tecnología adoptada. La irrigación localizada presenta efectos locales y de transbordamiento espacial, así como mayor sustentabilidad en el uso de recursos hídricos, lo que indica que su implementación podría ser una estrategia adaptativa de riesgos asociados a las condiciones climáticas. Además del efecto de pares, el tercer capítulo trata las relaciones entre la variabilidad climática, prácticas conservacionistas de suelo y preservación de floresta nativa, en la explotación de recursos hídricos subterráneos. Fue analizada la adopción de dos tipos de posos: comunes o convencionales y tubulares o artesianos. La evidencia encontrada sugiere la existencia de mayores efectos *spillovers* en el caso de posos tubulares. La variabilidad climática aumenta también el uso de posos de elevada profundidad. No obstante, un mayor uso de prácticas de conservación y de preservación de florestas nativas, generaría mayor resiliencia a las variaciones del clima, reduciendo la explotación a través de posos tubulares. Se demostró la importancia del efecto vecindad en las decisiones locales sobre extracción de agua subterránea. Los resultados de esta investigación sirven como insumos en la elaboración de políticas públicas comportamentales, direccionadas a estimular un consumo y uso más eficiente y sustentable de los recursos hídricos.

Palabras clave: consumo de agua, efecto de pares, economía comportamental, microeconometría, econometría espacial

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação por aspersão por município. SP, 2006-2017.....	60
Figura 2. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação localizada por município. SP, 2006-2017.....	61
Figura 3. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação por aspersão por município. SP, 2006-2017.....	68
Figura 4. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação localizada por município. SP, 2006-2017	69
Figura 5. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que têm poços comuns ou convencionais por município. SP, 2006-2017	91
Figura 6. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que têm poços tubulares ou artesianos por município. SP, 2006-2017	92
Figura 7. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que têm poços comuns ou convencionais por município. SP, 2006-2017.....	100
Figura 8. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que têm poços tubulares ou artesianos por município. SP, 2006-2017	101

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas. Estado de São Paulo – Brasil.....	30
Tabela 2. Determinantes do consumo domiciliar de água – Regressão na média. Estado de São Paulo – Brasil. Desvios padrão entre parênteses.	39
Tabela 3. Determinantes do consumo residencial de água – Regressão quantílica. Estado de São Paulo – Brasil. Desvios padrão entre parênteses.	41
Tabela 4. Estatísticas descritivas. Proporção municipal de estabelecimentos agrícolas. SP – Brasil.....	57
Tabela 5. Estimativas dos coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial. Com variáveis de controle. SP – Brasil.	71
Tabela 6. Decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos. Com variáveis de controle. SP – Brasil.	74
Tabela 7. Modelos de efeitos fixos com dependência espacial. Com variáveis de controle. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.	103
Tabela 8. Estimativas de efeitos heterogêneos para as variáveis dependentes relacionadas à difusão de poços de água subterrânea. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.	105
Tabela 9. Decomposição do efeito espacial total. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.	107

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2SLS	Two-Stage Least Squares
ACP	Análise de Componentes Principais
AEDE	Análise Exploratória de Dados Espaciais
AIC	Akaike Information Criterion
BIC	Bayesian Information Criterion
CF	Control Function
CNA	Censo Nacional Agropecuário
FIML	Full Information Maximum Likelihood
GMM	Generalized Method of Moments
GSM	General Spatial Model
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IMR	Inverse Mills Ratio
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
LAD	Least Absolute Deviation
LIML	Limited Information Maximum Likelihood
LEPA	Low Energy Precise Application
LISA	Local Indicator of Spatial Association
MV	Maxima Verossimilhança
OLS	Ordinary Least Squares
PAM	Pesquisa Agrícola Municipal
POF	Pesquisa de Orçamentos Familiares
QMLE	Quasi Maximum Likelihood Estimation
SAC	Spatial Autocorrelation
SAR	Spatial Autoregressive
SIG	Sistemas de Informação Geográfica
SDM	Spatial Durbin Model
SDM	Spatial Durbin Erro Model
SEM	Spatial Erro Model
SLX	Spatially Lagged X-variables
SP	Estado de São Paulo
VI	Instrumental Variables
WMPs	Water Management Practices

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	16
CAPITULO 1: O EFEITO DO COMPORTAMENTO SOCIAL NO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL	20
1.1 Introdução	20
1.2 Revisão da literatura	22
1.2.1 O consumo residencial de agua	22
1.2.2 Consumo relativo e dependência social	25
1.3 Material e Métodos	28
1.3.1 Variáveis e forma funcional	28
Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas. Estado de São Paulo – Brasil	30
1.3.2 Endogeneidade	31
1.3.3 Viés de seletividade.....	35
1.3.4 Regressão quantílica.....	37
1.4 Resultados	38
1.5 Discussão dos resultados	42
1.6 Considerações finais primeiro capítulo.....	45
CAPITULO 2: O EFEITO DOS PARES NA ADOÇÃO E DIFUSÃO DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE IRRIGAÇÃO.	47
2.1 Introdução	47
2.2 Revisão da literatura	49
2.2.1 O efeito de pares na adoção e difusão de tecnologias na agricultura	49
2.2.2 Condições climáticas e uso de irrigação na agricultura	53
2.3 Material e Métodos	56
2.3.1 Fonte de dados e variáveis de análise.....	56
2.3.2 Estratégia empírica.....	63
2.3.3. Testes e método de estimação	65
2.4 Resultados	67
2.4.1 Análise espacial de clusters.....	67

2.4.2. Estimativas de <i>Peer Effects</i>	70
2.4.3. Decomposição e robustez do efeito de pares	73
2.5 Discussão	76
2.6 Considerações finais segundo capítulo	78
CAPITULO 3: EFEITO DE PARES, VARIABILIDADE CLIMÁTICA E CONSERVACIONISMO NA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS.	80
3.1 Introdução	80
3.2 Revisão da literatura	83
3.2.1 Efeitos dos pares e recursos hídricos subterrâneos	83
3.2.2 Variabilidade climática, práticas conservacionistas e cobertura florestal	85
3.3 Material e métodos.....	88
3.3.1 Fonte de dados e variáveis dependentes.....	88
3.3.2 Variáveis Independentes	93
3.3.3 Estratégia Empírica	95
3.4 Resultados	99
3.4.1 Análise de cluster e estimações principais	99
3.4.2 Efeitos heterogêneos	105
3.4.3 Decomposição de Efeitos Espaciais	106
3.5 Discussão.....	109
3.6 Considerações Finais Terceiro Capítulo	112
CONSIDERAÇÕES FINAIS	114
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	118
APÊNDICES	133
APÊNDICE A. Estimativas do primeiro estágio para o preço médio da água, consumo da vizinhança e o modelo de seleção.	133
APÊNDICE B. Testes de variáveis instrumentais.	135
APÊNDICE C. Estimativas modelo de seleção de Buchinsky e primeiro estágio de Least Absolute Deviation.	136
APÊNDICE D. Estimativas completas do segundo estágio para MQO, 2SLS, LIML, GM e CF.....	138
APÊNDICE E. Estimativas completas do segundo estágio para regressão quantílica	140
APÊNDICE F. Testes Brausch-Pagan LM, Hausman e CD de Pesaran	142

APÊNDICE G. I de Moran e C de Geary para irrigação por aspersão e localizada.	143
APÊNDICE H. Critérios de informação dos modelos testados para diferentes regimes espaciais.	144
APÊNDICE I. Estimativas completas de coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial (Tecnologias de Irrigação).	145
APÊNDICE J. Estimativas completas e robustez da decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos (Tecnologias de Irrigação).	149
APÊNDICE K. Correlação e score para o primeiro fator comum da ACP para práticas conservacionistas	153
APÊNDICE L. I de Moran e C de Geary para poços comuns ou convencionais, e poços tubulares ou artesianos.	154
APÊNDICE M. Testes Brausch-Pagan LM, Hausman e CD de Pesaran	155
APÊNDICE N. Estimativas completas de coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial (Poços Subterrâneos).	156
APÊNDICE O. Estimativas completas de efeitos heterogêneos para as variáveis relacionadas à difusão de poços de água subterrânea.	160
APÊNDICE P. Estimativas completas e robustez da decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos (Poços subterrâneos).	163

INTRODUÇÃO

O uso da água tem aumentado em todo o mundo a uma taxa de cerca de 1% por ano desde a década de 1980, o que se deve a uma combinação de crescimento populacional, desenvolvimento socioeconômico e mudanças nos padrões de consumo (UNESCO, 2020). A demanda mundial por água deve continuar aumentando a uma taxa semelhante até 2050, o que representará um aumento de 20% a 30% em relação ao nível atual de uso, principalmente devido à demanda crescente nos setores industrial, doméstico e agrícola (FAO, 2008). Mais de 2 bilhões de pessoas vivem em países que vivenciam um alto estresse hídrico, e cerca de 4 bilhões experimentam restrições severas de água durante pelo menos um mês do ano (WHO, 2017). Os níveis de estresse continuarão a aumentar, à medida que a demanda por água aumenta e os efeitos da mudança climática se intensificam.

Assim, o aumento da escassez da água para o consumo humano e, portanto, a gestão da água estaria fortemente ligada à evolução e à experiência do seu uso nas diferentes atividades econômicas. As causas dessa escassez estão associadas ao crescimento populacional, à produção de alimentos, à pobreza e à administração dos recursos hídricos (HOEKSTRA; CHAPAGAIN, 2007). Nas últimas décadas, o paradigma ambiental ampliou significativamente o conceito de abastecimento de água integrando-o aos efeitos de intervenções e ações públicas, que visam o uso sustentável do recurso hídrico. O entendimento do recurso natural água como um bem econômico e finito deve fazer com que todos os atores a utilizem de forma a maximizar o bem-estar social, seja produzindo com a máxima eficiência, seja consumindo sem desperdícios. Dessa maneira, a preocupação com o uso eficiente da água torna-se cada vez mais relevante, seja ao nível dos países, governos, organizações e famílias (HOEKSTRA; HUNG, 2005).

Entender as dinâmicas que explicariam o uso da água nas atividades econômicas resulta fundamental, para pensar mecanismos adequados que permitam induzir formas de consumo eficiente e sustentável, com a finalidade de evitar cenários de estresse ou escassez do recurso hídrico. Para isso, a economia comportamental oferece importantes elementos, já que diferente de boa parte da teoria econômica, ela não parte do princípio de que as pessoas são perfeitamente informadas e que agem sempre com objetivo de conseguir o melhor para si

mesmas (FREESE, 2013). Na economia comportamental, os limites da racionalidade são reconhecidos e entende-se que há diferentes formas de motivar um comportamento. Nesse sentido, a análise comportamental aplicada aos recursos hídricos procuraria entender, o enquadramento e o contexto das escolhas de consumo, de forma que as consequências dessas escolhas fiquem mais claras (BIRD, 2015).

Uma das formas em que a economia comportamental poderia ajudar ao entendimento das preferências de consumo, tanto dos indivíduos quanto da sociedade em conjunto seria através da análise das interações sociais. A relação entre os indivíduos seja entre familiares, vizinhos, colegas de trabalho, colegas de classe, ou em diversas outras relações sociais gera uma influência mútua, em que uma pessoa é influenciada por outras ao mesmo tempo em que também influencia os demais (BURSZTYN et al., 2014). O efeito dessas influências é conhecido na literatura como *Peer Effects* ou efeito dos pares, e é considerado em diversos aspectos, como criminalidade, gravidez na adolescência, uso de drogas, abandono escolar, aspirações educacionais, entre outros (BIRD, 2015).

No entanto, os efeitos da influência de grupos de referência, na determinação do consumo e as formas de uso da água, ainda é uma linha de pesquisa pouco abordada na literatura especializada (SAMPSON; PERRY, 2018; SEYRANIAN; SINATRA; POLIKOFF, 2015). Alguns trabalhos como o de Franczyk e Chang (2009) e House-Peters, Pratt, e Chang (2010) argumentam que o padrão de consumo de água é explicado não só por variáveis físicas, climáticas, econômicas e demográficas, mas também pela interação social e dependência espacial entre unidades próximas em termos de localização geográfica. Dessa forma, as decisões de consumo sobre recursos hídricos seriam influenciadas pela interação regular ou esporádica com os pares, as quais produziriam externalidades que determinam as formas de intervenção do grupo de referência ou vizinhança social (BENHABIB; BISIN; JACKSON, 2011).

Por conseguinte, esta tese de doutorado tem como finalidade fazer uma contribuição à literatura sobre a relação entre efeito de pares e o consumo de recursos hídricos, no âmbito urbano e rural. Para isso será analisado o caso do estado de São Paulo (SP) – Brasil, o qual enfrenta diversos desafios quando se trata de gerir seus recursos hídricos, especialmente em matéria de escassez de água, já que apesar de ter um clima úmido, subtropical e de estar localizado numa região de oferta abundante desse recurso natural; a

falta de planejamento adequado e de investimento em infraestrutura, assim como uma seca prolongada levaram a uma grave crise hídrica no ano 2014 (CÔRTEZ et al., 2015).

A tese está estruturada em três capítulos (artigos) relacionados. No primeiro, a partir dos elementos oferecidos pela economia comportamental para compreender a interação entre sociedade e meio ambiente, analisa-se como o consumo de água dos domicílios é influenciado, pelo padrão de consumo dos domicílios pertencentes a uma vizinhança ou grupo social de referência. Os resultados baseiam-se em modelos de regressão quantílica para estimar como o consumo de grupo social de referência influencia o consumo individual em diferentes níveis de consumo. O trabalho propõe uma metodologia para estimar funções de demanda de água, controlando simultaneamente o viés de seleção na declaração do consumo, e a endogeneidade do preço da água e do consumo da vizinhança. Os resultados sugerem que, enquanto a demanda nas classes de baixo consumo de água se orientaria por critérios relacionados à satisfação das necessidades básicas, a demanda nas classes com consumo excessivo estaria fortemente associada a critérios relativos de satisfação, orientada pelo consumo do grupo social de referência. A discussão final destaca como políticas inspiradas no comportamento social dos pares poderiam ser tão ou mais efetivas para induzir um uso mais sustentável, que aquelas orientadas exclusivamente na variação do preço da água.

O segundo capítulo aborda a questão de que o desenvolvimento agrícola está condicionado tanto à adaptação às condições climáticas quanto à mitigação de potenciais mudanças na oferta hídrica para a agricultura. Nesse contexto, o trabalho analisa o processo de difusão de estratégias de irrigação mais eficientes no uso de água, nos municípios do estado de SP. O estudo compara o papel de transmissão do conhecimento (efeito dos pares) na difusão dos dois principais sistemas de irrigação: o convencional (aspersão) e o sustentável (localizada). As análises utilizam um painel de dados municipais para os anos de 2006 e 2017 e testam diferentes especificações de modelos de econometria espacial, que representam diferentes canais de transmissão do conhecimento. Os resultados destacam que a difusão do sistema localizado de irrigação está fortemente condicionada às experiências dos pares na vizinhança (aprendizado tecnológico) e que o grau de associativismo dos produtores cumpre um importante papel nessa transmissão do conhecimento. Por outro lado, a difusão de irrigação por aspersão depende fundamentalmente da disponibilidade hídrica no local e de fatores não observáveis na vizinhança, entre os quais estaria a boa gestão hídrica. A discussão

final destaca como facilitar a transmissão de conhecimento seria uma questão chave para políticas de transição para uma agricultura com uso mais sustentável dos recursos hídricos.

O terceiro e último capítulo tem como objetivo analisar a adoção de poços para exploração de águas subterrâneas nos municípios do SP. Além do papel da transmissão de informações (efeito de pares), o estudo aborda os possíveis efeitos da variabilidade climática, das práticas conservacionistas e da floresta nativa na adoção de dois tipos de poços: comuns (baixa profundidade) e tubulares (elevada profundidade). Com base em dados municipais longitudinais construídos para os anos de 2006 e 2017, são testadas diversas especificações de modelos de efeitos fixos que controlam pela dependência espacial, as quais representam diferentes hipóteses sobre os canais de transmissão de informações. Os resultados destacam que a adoção de poços subterrâneos está fortemente condicionada pelo transbordamento de informações dos pares da vizinhança, mas esse efeito é diferenciado segundo o tipo de poço. A concentração espacial é maior no caso de poços tubulares, o que sugere que a influência da vizinhança incrementaria com maior força, a extração de água de elevada profundidade. De outra parte, a variabilidade climática na estação seca (inverno) reduziria poços comuns e aumentaria tubulares, enquanto que na estação chuvosa (verão) apresentaria o comportamento contrário. Práticas de conservação do solo e a preservação de vegetação nativa gerariam maior resiliência às variações climáticas e, portanto, diminuiriam a exploração de recursos hídricos de elevada profundidade. As considerações finais destacam a importância das relações local-vizinhança para a formulação de políticas de uso sustentável dos recursos hídricos subterrâneos.

Assim, esta tese contribui para a análise das relações entre economia comportamental e recursos naturais, especificamente no que tange ao consumo e uso de água, em uma perspectiva que ao nosso conhecimento, ainda não foi explorada em nenhum outro trabalho na literatura nacional, além de pouco explorada em âmbito internacional. No capítulo 1 apresenta-se o artigo intitulado “O efeito do comportamento social no consumo de água residencial”. O capítulo 2 apresenta o artigo “O efeito dos pares na adoção e difusão de sistemas tecnológicos de irrigação”. No capítulo 3 apresenta-se o artigo “Efeito de pares, variabilidade climática e conservacionismo na exploração de recursos hídricos subterrâneos”.

CAPITULO 1: O EFEITO DO COMPORTAMENTO SOCIAL NO CONSUMO DE ÁGUA RESIDENCIAL

1.1 Introdução

A demanda hídrica tem crescido aceleradamente e pressionado a limitada oferta de água própria para o consumo (WHO, 2003). Compreender os fatores que influenciam o consumo excessivo de água passou a ser uma das prioridades para a gestão do desenvolvimento sustentável (DZIEGIELEWSKI, 2011). O crescimento da população e da renda seriam fatores chave para compreender o aumento da demanda hídrica (TURRAL; BURKE; FAURÉS, 2011). Mas o comportamento social também exerceria um papel central nos padrões de consumo individuais (MACCHERONI; MARINACCI; RUSTICHINI, 2012). A influência dos pares sociais no consumo de bens privados tem ganhado uma crescente atenção da literatura econômica (FORTIN; YAZBECK, 2015). Todavia, ainda são escassos os trabalhos que avaliam seus efeitos sobre o consumo de cestas de bens e serviços baseados em recursos ambientais.

Os trabalhos clássicos de Schelling (1971, 1972) destacam como as decisões econômicas dos indivíduos são influenciadas pela interação regular ou esporádica com seus pares. Essas interações são realizadas através de redes sociais que poderiam explicar diferentes tipos de comportamento, facilitando formas particulares de externalidades nas quais as decisões ou ações de um grupo de referência afetariam as preferências dos indivíduos (BENHABIB; BISIN; JACKSON, 2011). Nesse sentido, o padrão de consumo residencial de água não seria explicado apenas por características socioeconômicas ou climáticas dos domicílios, mas também por fatores de interação social entre unidades de consumo espacialmente próximas (HOUSE-PETERS; PRATT; CHANG, 2010). A incorporação dos efeitos do grupo social de referência na análise da demanda de água forneceria uma explicação mais abrangente e, potencialmente, mais precisa sobre as variações no consumo, já que aumentaria o poder de explicação dos modelos e a capacidade de compreensão do comportamento socioeconômico (RAYO; BECKER, 2007).

A influência dos pares sociais no consumo de água residencial se orientaria por dois eixos principais. Primeiro, porque o preço da água é largamente subsidiado em boa parte do mundo, o que colocaria este bem ambiental na fronteira entre bens/serviços públicos e privados. Esta característica abriria margem para a influência dos pares: um indivíduo seria estimulado a aumentar o consumo caso perceba que seus pares estão consumindo mais do que ele. Este argumento, conhecido como “tragédia dos comuns”, foi utilizada por Hardin (1968) para justificar que o consumo dos pares poderia gerar pressões sobre a oferta dos recursos naturais em médio e longo prazo. Outra forma de influência de pares é a de que o consumo de água estaria fortemente associado a cestas de consumo de bens ou serviços privados, que são fortemente influenciados por padrões culturais e sociais, uma vez que são definidos pela dinâmica de consumo do grupo social de referência.

Nesse contexto, este trabalho analisa como os padrões sociais influenciam o consumo de água residencial urbana. A hipótese central é a de que a quantidade demanda dos domicílios seria influenciada por normas e valores sociais, representados no padrão de consumo relativo de seus pares. Ademais, a influência do comportamento social seria mais importante entre os maiores consumidores de água, uma vez que este padrão de consumo se orientaria mais pelo padrão do grupo social de referência (*consumo conspícuo*). Analisa-se o caso do estado de SP, que em 2019 representou 32.6% PIB brasileiro (IBGE, 2019) e é mais populoso e rico no Brasil. O SP apresenta grandes e importantes aglomerações urbanas, as quais enfrentam desafios relacionados com o abastecimento de água. Apesar de estar em uma região com clima tropical úmido e de oferta abundante de água doce, SP enfrentou uma grave crise hídrica no ano 2014, resultado de uma seca histórica e da falta de planejamento adequado na gestão do recurso hídrico (CÔRTEZ et al., 2015).

As análises baseiam-se em dados domiciliares da *Pesquisa de Orçamentos Familiares* (POF) de 2008-2009, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O estudo utiliza modelos de regressão quantílica para comparar os impactos do comportamento dos pares na quantidade da demanda hídrica de diferentes grupos de consumidores. O estudo adota ainda uma estratégia empírica que controla simultaneamente dois problemas centrais associados à estimação da função de demanda de água residencial: viés de seleção amostral na declaração do consumo residencial de água; e a presumível endogeneidade das variáveis preço e consumo do grupo de referência, na determinação do consumo de água.

O capítulo está dividido em seis seções além da introdução. A segunda seção apresenta uma resenha da literatura sobre o consumo residencial de água, e da interação social no consumo de recursos naturais. A terceira seção apresenta a fonte de dados e as diferentes estratégias metodológicas empregadas na análise. Os resultados são apresentados na quarta seção, e na quinta é realizada uma discussão detalhada dos principais achados. Por fim, na última seção são apresentadas as considerações finais e suas implicações em termos de política.

1.2 Revisão da literatura

1.2.1 O consumo residencial de água

O consumo residencial de água tem sido tradicionalmente analisado a partir da perspectiva do consumo absoluto e nos pressupostos da economia neoclássica de maximização da utilidade e minimização do gasto do consumidor (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003). Um debate central nesta análise é compreender se os consumidores confrontados a tarifas em bloco¹ (crescentes² ou decrescentes³) reagem ao preço marginal ou ao preço médio. O preço marginal é o preço cobrado no bloco ou intervalo de consumo, enquanto que o preço médio é o valor total do gasto em água dividido pelo volume consumido. A maioria dos trabalhos parece concordar que o preço médio seria uma proxy adequada para o preço percebido pelos indivíduos, uma vez que os consumidores teriam dificuldades para compreender a complicada estrutura tarifária em blocos (ANDRADE et al., 1995). Por exemplo, Arbues e Villanua (2006) empregaram o preço médio na função demanda, argumentando que o uso do preço marginal só seria recomendado caso os consumidores sejam bem informados. Arbúes et al. (2003) sugeriram que a escolha entre preço marginal e médio na função de consumo de água não afetaria substancialmente as elasticidade preço-consumo. Ito (2014) analisou um painel de municípios e encontrou fortes evidências de que os consumidores respondem ao preço médio em vez do preço marginal.

¹ São tarifas onde os preços mudam para uma unidade de consumo adicional quando o limiar ou valor limite é atingido. Assim, cada intervalo de consumo a um determinado preço é chamado de bloco.

² Tarifas em blocos onde o preço por unidade de consumo aumenta a cada bloco sucessivo.

³ Tarifas em blocos onde o preço por unidade diminui a cada bloco sucessivo de consumo.

Outro tema bastante debatido refere-se à hipótese da elasticidade-preço e elasticidade-renda da demanda de água. Estudos publicados até a década de 1970 acreditavam que os serviços de utilidade pública não respondiam a variações no preço (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003). Todavia, a partir dos anos 90, estudos passaram a encontrar fortes evidências que o consumo residencial responderia a mudanças nos preços, apesar de a demanda ser inelástica ao preço (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003). Analogamente, a demanda seria também inelástica a variações na renda (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008). Outros fatores importantes para explicar a variação no consumo de água seriam, por exemplo, características demográficas dos domicílios, condições climáticas, composição familiar, e infraestrutura domiciliar (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008).

Poucos trabalhos procuraram discutir o papel do consumo relativo na demanda residencial de água, usualmente orientados pela economia comportamental e do meio ambiente (FERRARO; PRICE, 2013). Datta et al. (2015) testaram o impacto de um conjunto de estratégias na diminuição do consumo de água na cidade de Belen, Costa Rica. Segundo os autores, as intervenções mais efetivas seriam aquelas que influenciam um determinado comportamento social, a partir de comparações de consumo entre os domicílios e sua vizinhança. Peschiera et al. (2010) chegaram a conclusões análogas, destacando que ao dar aos indivíduos informações que lhes permitam comparar seu consumo com os outros (rede de pares), haveria uma melhora no uso racional e na conservação de um serviço público. Baseados em um experimento aleatório, Brent et al. (2017) destacaram que as comparações sociais poderiam funcionar como um tipo de imposto ou persuasão moral para consumo racional dos recursos naturais. A eficiência desta política dependeria da distância relativa do consumo de cada família respeito ao grupo social ao que pertence. Essa distância do grupo de pares seria um fator importante que explicaria a heterogeneidade nas comparações sociais.

Seyranian et al. (2015) analisaram a relação entre o grupo social de referência e a demanda pelo recurso hídrico. Os autores sugerem que a identificação dos indivíduos com seu grupo social seriam fatores persuasivos das decisões de consumo, que exploram a influência potencial de normas e regras construídas socialmente pelo grupo de referência. Ou seja, quanto mais as pessoas se identificarem com seus pares, maior a probabilidade de alinharem suas preferências e comportamento às normas do grupo (PESCHIERA; TAYLOR, 2012).

Analogamente, Schultz et al. (2016) examinou o papel das normas sociais⁴ no comportamento dos indivíduos na Califórnia. O estudo destaca que os domicílios que receberam informações do consumo absoluto e relativo de água, juntamente com informações de caráter normativo (orientadas a regular a conduta ou atuação de agentes e indivíduos) relacionadas com domicílios semelhantes na sua vizinhança, consumiram menos do que o grupo de controle randomizado. Portanto, as crenças normativas podem influenciar fortemente o comportamento, já que os indivíduos são especialmente susceptíveis à informação normativa social, a qual se torna uma espécie de guia para a tomada de decisões (SCHULTZ et al., 2016). Para Peschiera e Taylor (2012), as pessoas são mais propensas a responder positivamente ao feedback normativo quanto mais a norma se tornar específica para o indivíduo, com a finalidade de alinhar suas ações com o comportamento típico da sua rede de pares.

Não obstante, Schultz et al. (2007) chama a atenção para os possíveis resultados mistos das mensagens normativas na mudança de comportamento. Segundo o autor, esse tipo de intervenção produz efeitos desejáveis de diminuição do consumo, mas também o indesejável efeito bumerangue, podendo levar a aumentos dos níveis de consumo, dependendo de se os domicílios estavam consumindo acima ou abaixo da média da sua vizinhança. Neste respeito, Ayres et al. (2009) observaram que os indivíduos aprendem que seus pares consomem mais (ou menos) de um serviço público e, assim, reorientam suas preferências e motivações no sentido de aumentar (ou diminuir) seu consumo próprio. Aprender o comportamento dos pares forneceria informações sobre a possibilidade de escolhas alternativas de consumo e dos benefícios associados a essas escolhas (COOTER; FELDMAN; FELDMAN, 2008). Resultados semelhantes foram encontrados por Ferraro e Price (2013), que argumentam que a experiência baseada em incentivos fortes e informações bem direcionadas é um método eficaz para induzir mudanças significativas no comportamento dos indivíduos com respeito ao consumo de água.

Por sua vez, Kaaukauskas et al. (2017) considera que a efetividade das comparações sociais baseadas em experiências depende do contexto social em que são

⁴ Conforme Schultz et al. (2016), as normas sociais referem-se às crenças que os indivíduos têm sobre o que a maioria das pessoas fazem ou aprovam fazer. Para Frederiks et al. (2015), as normas sociais são regras explícitas ou implícitas ou expectativas que orientam o que é considerado como comportamento normal, comum e/ou desejável em uma sociedade.

implementadas. Assim, não seria possível garantir impactos persistentes ao longo do tempo, porque as pessoas estão mais relacionadas com efeitos de curto prazo. Por outro lado, Allcott e Rogers (2014) apresentaram evidências de que esses tipos de intervenções podem resultar em mudanças persistentes no comportamento dos indivíduos, mesmo após o término do tratamento.

1.2.2 Consumo relativo e dependência social

A microeconomia tradicional caracteriza o indivíduo como um agente racional, cujas decisões objetivam a maximização da utilidade, termo usado para designar o grau de satisfação proporcionado pelas consequências de uma escolha relacionada ao consumo de um bem ou serviço (HASTIE; DAWES, 2010). Em uma perspectiva normativa, essa abordagem prescreve os critérios sob os quais deveria acontecer a tomada de decisão racional e a maximização da utilidade, sujeita a uma restrição orçamentária (DRAKOPOULOS, 2010). Entre esses critérios, destaca-se a concepção de que agentes racionais definiriam suas preferências de escolha de maneira individual e independente, ou seja, a maximização da satisfação seria influenciada e definida pelas próprias preferências dos indivíduos. Um resultado desta concepção é a perspectiva dominante nas ciências econômicas de que a satisfação de um indivíduo com o consumo de uma cesta de bens ou serviços depende exclusivamente do valor deste em termos absolutos. Portanto, o consumo individual não dependeria de como este indivíduo se compara, em termos relativos, com o consumo das demais pessoas em seu contexto social. O aumento do consumo em termos absolutos seria suficiente para garantir o aumento da satisfação (FRANK, 2000, 2007).

Segundo Drakopoulos (2010), a desconsideração do papel das dinâmicas e comparações sociais e interpessoais no comportamento e na tomada de decisão humana se deve principalmente a motivos e razões metodológicas, já que as comparações sociais não se enquadrariam nas noções de lógica e de racionalidade que caracterizam o agente econômico. No entanto, a partir da segunda metade do século XX, estudos na interface entre economia, sociologia e psicologia passaram a gerar evidências contundentes acerca do papel de comparações no comportamento humano e nos fenômenos econômicos (LEVINE; FRANK; DIJK, 2010). Os recentes desenvolvimentos da economia comportamental, com sua

preocupação pelo posicionamento relativo e as interações sociais têm revigorizado essa linha de pesquisa (HEFFETZ; FRANK, 2008), ao demonstrar que o poder explicativo dos modelos econômicos melhoraria significativamente ao incluir formas de influência social na utilidade individual (SAMUELSON, 2004).

A economia comportamental recente destaca como as preferências das pessoas dependem da posição relativa ao consumo de uma cesta de bens e serviços (ALPIZAR; CARLSSON; JOHANSSON-STENMAN, 2005; CARLSSON; DARUVALA; JOHANSSON-STENMAN, 2005; CARLSSON; GUPTA; JOHANSSON-STENMAN, 2003). Em outras palavras, as pessoas aumentam (ou diminuem) sua satisfação quando consomem mais (ou menos) que seus pares sociais (CARLSSON; JOHANSSON-STENMAN; MARTINSSON, 2007; TOBIAS; TOBIAS, 2016). As relações e comparações sociais, principalmente com indivíduos relativamente próximos em termos de vizinhança ou grupo social determinariam a cesta de consumo.

É nesse sentido que Frank (1985, 2000) destaca como os comportamentos de consumo estão misturados com elementos relacionais, ao estabelecer que a utilidade dos indivíduos é uma função do nível de consumo de *bens posicionais* e *não posicionais*. Os *bens posicionais* seriam aqueles cujo valor dependeria grandemente da forma como se comparam com os bens possuídos pelas demais pessoas. Os *bens não posicionais* seriam aqueles cujo valor dependeria menos fortemente destas comparações. Para explicar essa dinâmica, Frank (1985) desenvolve um modelo de sinalização onde o consumo de *bens posicionais* depende da quantidade consumida e da sua comparação com o consumo dos outros. Nesse contexto, a visibilidade dos bens resulta ser um médio importante para a sinalização do status do consumo. Segundo Frank (2000, 2007) e Carlsson et al. (2007), uma cesta de consumo seria mais dependente de comparações (e, portanto, mais posicional) para aqueles bens mais facilmente observáveis ou visíveis pelas demais pessoas, e para bens cujo nível relativo de consumo está ligado a consequências relevantes para a vida dos indivíduos que os detém.

A ideia do consumo relativo indica que os modelos de escolhas individuais poderiam ser aprimorados quando considerada a dependência dos indivíduos com grupos sociais de referência (Maccheroni et al. 2012). Para Bonan et al. (2017), a influência do grupo social levaria à emulação de comportamento entre os indivíduos, já que as pessoas pensariam que o comportamento dos outros refletiria informações privadas valiosas que esses não

possuem. Alternativamente, as pessoas também interpretariam as decisões ou escolhas dos outros como parte de uma norma social à qual devem se ajustar. Este comportamento seria devido ao desejo de status social ou ao nível relativo de preferências de consumo. É nessa perspectiva que Frank (1985) e Charles et al. (2007) argumentam que os comportamentos emulativos gerados a partir do grupo de referência poderiam explicar em boa parte os níveis de consumo. As pessoas sempre buscam consumir quantidades parecidas às das pessoas com as quais essas se relacionam, ou seja, os indivíduos estão sempre em busca de um padrão de consumo que seja semelhante ao padrão existente no grupo social ao que pertencem.

Por sua vez, os efeitos do consumo relativo variariam dependendo da posição que as pessoas ocupam dentro do grupo de referência. O estudo clássico de Veblen (1934) sugere que as cestas de consumo seriam sinalizadores de prestígio social e que as variações no consumo seriam resultantes do desejo das classes médias de emularem os padrões de consumo da classe alta. Assim, o consumo se transformaria em uma categoria ou componente relevante de status social e seu efeito dependeria da posição relativa de cada indivíduo na hierarquia social. É nesse contexto que Hirsch (2015) considera que, à medida que o nível médio de consumo aumenta, uma parcela crescente do consumo começa adquirir um aspecto tanto individual quanto social. Ou seja, a satisfação que os indivíduos obtêm das cestas de consumo depende cada vez mais não apenas do seu próprio consumo, mas também do consumo dos outros (consumo relativo). De acordo com essa ideia, o consumo tem um importante componente de dependência social e, portanto, não seria explicado somente pela escassez absoluta (ou física) de bens e serviços, mas também pela escassez relativa (ou social). Quando as necessidades básicas são satisfeitas, os indivíduos tendem a reorientar suas decisões para bens e serviços que fornecem prestígio, distinção e status social (DOMENE, 2014).

Nesse cenário, o consumo relativo se constitui em um foco fundamental para a expressão das relações sociais, que pode ajudar na percepção e compreensão tanto do contexto sob o qual são usados os recursos naturais, quanto das suas possíveis consequências ambientais (HOBSON, 2003). Isto porque, segundo Mansvelt (2005), o consumo apresentaria um forte componente simbólico, que influenciaria as práticas e os espaços culturais relacionados com a esfera do consumo de recursos naturais. Uma hipótese é a de que o consumo de cestas de bens posicionais, relacionados ao status e prestígio social estaria associado ao consumo de água necessário para a manutenção, e a organização desse padrão

social. O consumo relativo do recurso hídrico ligado a bens posicionais estaria dotado de importantes conotações de poder, representação simbólica e expressão social, e teria um papel importante na definição das preferências e do padrão de consumo individual de água. O conhecimento deste padrão seriam fundamental para a política de recursos hídricos, uma vez que exerce pressão sobre os mecanismos existentes de abastecimento e fornecimento de água; obrigando as autoridades públicas a procurar novas fontes de suprimento, gerar instrumentos comportamentais eficientes para reduzir o consumo, ou realocar o recurso de acordo com padrões sociais para atenuar desigualdades distributivas e garantir seu uso sustentável (DOMENE, 2014).

1.3 Material e Métodos

1.3.1 Variáveis e forma funcional

Esse estudo utiliza microdados da POF 2008/2009, pesquisa domiciliar nacionalmente representativa aplicada pelo IBGE. A POF 2008/2009 entrevistou 55.970 domicílios brasileiros entre 19 de maio de 2008 a 18 de maio de 2009 (IBGE, 2010). O estudo selecionou 3.623 domicílios localizados em SP. Para a POF, o domicílio é a unidade amostral que se caracteriza por ser a moradia estruturalmente separada e independente, constituída por um ou mais cômodos (IBGE, 2010).

A função de demanda residencial por água adotada neste trabalho assume a premissa básica que toda a quantidade de água demandada é efetivamente fornecida, ou seja, de uma forma geral ou para uma grande parte dos consumidores admite-se que não existem problemas de demanda reprimida e que a oferta do serviço é infinitamente elástica, permitindo que a quantidade consumida seja uma boa aproximação para a quantidade demandada (SCHMIDT; LIMA, 2004). Neste respeito, a quantidade de demanda residencial por água C_i do i -th domicílio seria representada por uma função do preço médio P_i ⁵ (ITO,

⁵ É importante esclarecer que a decisão pela variável preço médio se justifica, uma vez que como comentado na revisão da literatura, os consumidores geralmente não são bem informados, e portanto não decidiriam suas quantidades de consumo baseados nas tabelas de preços e na cobrança por faixas (ARBUES; VILLANUA, 2006). Segundo Bacharach et al. (2015) o valor da conta de água seria relativamente pequeno em relação à renda,

2014), do nível de renda Y_i (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003), pela influência do consumo do grupo social de referência $\bar{C}_i$ (SCHULTZ et al., 2016), além de um vetor de características de controle $\mathbf{x}'_i$ das famílias e dos domicílios (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008):

$$\ln C_i = \alpha + \vartheta \ln P_i + \omega \ln Y_i + \varphi \ln \bar{C}_i + \mathbf{x}'_i \boldsymbol{\beta} + v_i \quad (1)$$

em que v_i é o erro aleatório não explicado pelo modelo. Os coeficientes ϑ , ω , e φ representariam, respectivamente, as elasticidades de demanda com relação ao preço médio, a renda total e ao consumo de água da vizinhança (MEIER; REHDANZ, 2010). Espera-se que o consumo de água domiciliar seja negativamente relacionado ao preço médio ($\vartheta < 0$) e positivamente relacionado com a renda ($\omega > 0$) e ao consumo do grupo social de referência ($\varphi > 0$) (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003; PESCHIERA; TAYLOR, 2012). Por sua vez, o vetor $\boldsymbol{\beta}$ contém os coeficientes associados às variáveis de controle do domicílio sugeridas pela literatura especializada, como características físicas do domicílio (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008), características da família (NAUGES; THOMAS, 2003), posse de aparelhos electrodomésticos (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008), localização regional (FREDERIKS; STENNER; HOBMAN, 2015) e proxys para controle climático (ARBUES; VILLANUA, 2006).

A Tabela 1 descreve as variáveis de análise. A quantidade de demanda hídrica C_i foi medida pelo volume mensal de água no domicílio, com um valor médio 7.37 m³ por mês. O preço médio P_i foi calculado pela razão entre o valor total pago e o consumo mensal no domicílio, com uma média de 7.95 reais por m³. O rendimento foi definido como a renda total de todos os integrantes do domicílio e seu valor médio foi de R\$ 3.535. A variável utilizada para analisar a influência social na demanda hídrica é o consumo médio de água no respectivo setor censitário, excluindo o consumo do i -ésimo domicílio (média de 7.38 m³). O setor censitário é a unidade primária de amostragem da POF, ou seja, a unidade territorial

fazendo com que a maioria dos consumidores não olhe para a estrutura ou para mudanças intramarginais. É por isso que o preço médio (ao contrario do preço marginal) seria a variável de conhecimento do consumidor quando ele define ou altera seu padrão de consumo de água (ITO, 2014).

estabelecida para fins de controle cadastral, formado por área contínua, situada em um único quadro urbano ou rural, com dimensão e número de domicílios que permitam o levantamento por um recenseador (IBGE, 2010). Para compor o quadro amostral correspondente ao estado de SP, a POF 2007/2008 identificou e selecionou 294 setores censitários.

Tabela 1. Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas. Estado de São Paulo – Brasil

	Variáveis	Tipo de variável	Média	Desvio Padrão
Dependente	Consumo residencial de água	Consumo total mensal do domicílio em M ³	7.37	28.05
	Preço médio	Gasto total de água em \$R / Consumo total de água em M ³	7.95	4.91
	Renda	Rendimento total do domicílio	3535	3997
	Influência social e consumo relativo	Média do consumo total mensal de água da vizinhança em M3	7.38	19.16
Modelo de Consumo	Características físicas do domicílio	Binária (1 se a cobertura é de telha, e 0 se não)	0.78	0.42
		Binária (1 se as paredes são de alvenaria, e 0 se não)	0.98	0.15
		Binária (1 se o piso é de cerâmica, lajota, pedra ou cimento, e 0 se não)	0.93	0.26
		Número de cômodos usados como dormitório no domicílio	1.89	0.79
		Binária (1 se tem acesso a rede de esgoto, e 0 se não)	0.86	0.35
	Características da família	Binária (1 se o sexo do chefe de família é feminino, e 0 se não)	0.30	0.46
		Anos de idade do chefe de família	49.97	14.85
		Anos de escolaridade do chefe de família	7.90	6.40
		Número de pessoas no domicílio	3.22	1.44
	Aparelhos eletrodomésticos	Binária (1 se tem Freezer, e 0 se não)	0.13	0.34
		Binária (1 se tem Geladeira, e 0 se não)	0.97	0.18
		Binária (1 se tem Microondas, e 0 se não)	0.51	0.50
		Binária (1 se tem Máquina de Lavar, e 0 se não)	0.62	0.49
		Binária (1 se tem Secadora de Roupas, e 0 se não)	0.04	0.19
		Binária (1 se tem Secador de Cabelo, e 0 se não)	0.40	0.49
		Binária (1 se tem Ferro, e 0 se não)	0.90	0.30
	Localização regional	Binária (1 se mora na área urbana da capital, e 0 se não)	0.20	0.40
		Binária (1 se mora na área urbana metropolitana, e 0 se não)	0.14	0.35
		Binária (1 se mora na área rural, e 0 se não)	0.14	0.35
	Proxy de controle climático	Número de aparelhos de ar condicionado	0.06	0.34
		Número de ventiladores	1.09	1.22
		Número de chuveiros	1.25	0.60
Instrumentos	Modelo de seleção	Binária (1 se tem coleta direta de lixo, e 0 se não)	0.98	0.14
		Binária (1 se tem pavimentação na rua, e 0 se não)	0.92	0.28
	Preço médio da água	Gasto médio de energia na vizinhança	74.46	26.85
		Preço médio do gás na vizinhança	2.57	0.18
	Consumo de água na vizinhança	Média de moradores na vizinhança	3.15	0.52
		Média de ventiladores na vizinhança	1.06	0.74

Fonte: Elaborado pelos autores com base em POF 2008 / 2009

1.3.2 Endogeneidade

A potencial endogeneidade das variáveis preço médio P_i e consumo do grupo social de referência $\bar{C}_i$ na equação (1) implicaria na inconsistência dos estimadores de *Ordinary Least Squares* (OLS) (WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008). No caso do preço médio P_i , a endogeneidade estaria explicada pela existência de causalidade reversa entre essa variável e a quantidade da demanda hídrica domiciliar C_i (ARBUÉS; GARCÍA-VALIÑAS; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, 2003). O possível viés do consumo do grupo de referência $\bar{C}_i$ estaria relacionado com uma variante do problema de reflexão do Minski (1993), que diz respeito a dificuldade de distinguir se o consumo do domicílio é influenciado pelo seu grupo de referência, ou se simplesmente resulta de suas próprias características individuais (ELHORST, 2010).

Para obter estimativas consistentes dos coeficientes da equação (1), este trabalho utilizou estimadores baseados em *Instrumental Variables* (VIs). A ideia central dessa estratégia é substituir as supostas variáveis endógenas P_i e $\bar{C}_i$ por funções de VIs conformem as seguintes equações:

$$\ln P_i = \mathbf{z}_i' \boldsymbol{\pi} + \varepsilon_i \quad (2)$$

$$\ln \bar{C}_i = \mathbf{z}_i' \boldsymbol{\pi} + u_i \quad (3)$$

em que o vetor $\mathbf{z}_i'$ contém todos os regressores exógenos da equação (1) e pelo menos duas VIs para que o sistema seja identificado. Uma das VIs deve estar fortemente relacionada ao preço médio P_i e a outra a $\bar{C}_i$, ou seja, ao consumo do grupo social de referência (vizinhança), mas ambas as VIs não podem estar associadas ao termo de erro v_i da equação (1).

Assim, a estratégia para controle da endogeneidade consistiu em utilizar instrumentos exógenos. No caso da variável P_i duas VIs foram incorporadas ao vetor $\mathbf{z}$ (Tabela 1): o gasto mensal médio em energia da vizinhança (reais/mês), e o preço médio do gás na vizinhança (reais/kg). Espera-se que esses custos de energia e gás estejam associados

ao preço da água e não à quantidade consumida no domicílio (isso porque os domicílios não olhariam para essas variáveis da vizinhança, na hora de definir seu consumo individual de água). O motivo é o fato de a provisão desses recursos ser majoritariamente realizada pelo setor público no Brasil, apresentando um comum e forte componente político na formação do preço final ao consumidor⁶, ou seja, a pressão governamental pelo controle dos preços, seria relativamente homogênea nesses setores. Por exemplo, o serviço de provisão de água é de responsabilidade dos estados e municípios. O preço final ao consumidor refere-se a cobrança pelos serviços de coleta, tratamento e distribuição de água e de esgotos, os quais são controlados pelas instituições reguladoras de saneamento. Há ainda a cobrança pelo uso da água em alguns municípios. O preço do gás é definido pela estatal brasileira do petróleo (Petrobras⁷), e o governo federal possui forte injerência na formação do preço final ao consumidor. Segundo a Petrobrás (2018), aproximadamente 53% do preço de gás estaria sob diretrizes do setor público, considerando valor do produto mais impostos diretos federais e estaduais. No caso da energia elétrica, a tarifa considera três grandes aspectos: *i*) geração, *ii*) transmissão e distribuição, e *iii*) tributação e encargos setoriais. Os tributos e os encargos setoriais são definidos e estabelecidos por leis federais, e alguns deles incidem sobre os custos de distribuição, enquanto que outros estão relacionados aos custos de geração e transmissão (Aneel⁸ 2018). Ademais, os municípios podem tributar as empresas fornecedoras de água, energia e gás, e esses valores seriam indiretamente repassados ao produto final.

Para a variável $\bar{C}_i$ também foram empregadas duas VIs: as médias de moradores e de ventiladores por domicílio, ambas observadas na vizinhança. O uso desses instrumentos se justifica baseado nos argumentos de Kelejian e Robinson (1992) e Kelejian e Prucha (1998), os quais sugerem que dado que $\bar{C}_i$ é o valor médio da variável dependente da equação (1) nos domicílios que conformam a vizinhança, os possíveis candidatos para instrumentalizar essa variável podem ser retirados do conjunto de variáveis de controle $\mathbf{x}'_i$ observadas na vizinhança (as quais tem como característica serem exógenas). Assim, as duas VIs selecionadas poderiam

⁶ Especialmente durante o período no qual foram levantados os dados da POF.

⁷ A Petrobras é uma empresa estatal brasileira de economia mista, que opera no segmento de energia, prioritariamente nas áreas de exploração, produção, refino, comercialização e transporte de petróleo, gás natural e seus derivados.

⁸ A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é uma agência federal do governo brasileiro, que tem como finalidade a produção, transmissão e comercialização de energia elétrica.

ser consideradas como bons instrumentos em termos de Almeida (2012), já que essas variáveis explicariam o comportamento de $\bar{C}_i$, mas não estariam relacionadas com o termo de erro v_i na equação (1). Ou seja, os instrumentos selecionados teriam a capacidade de influenciar em $\bar{C}_i$ sem influir diretamente em C_i (KELEJIAN; PRUCHA; YUZEFOVICH, 2004). Estratégia semelhante foi implementada por Bramoullé, Djebbari e Fortin (2009) e por Krishnan e Patnam (2014), os quais adotaram variáveis exógenas da vizinhança para identificação de instrumentos, cuja validade foi assegurada pelos testes de condições necessárias e suficientes de identificação. Os resultados do primeiro estágio tanto para o preço médio de água quanto para o consumo da vizinhança são apresentados no Apêndice A.

O estudo comparou a robustez dos resultados baseados em instrumentos exógenos a partir de quatro métodos de estimação: i) *Two-Stage Least Squares* (2SLS), ii) *Limited Information Maximum Likelihood* (LIML), e iii) *Generalized Method of Moments* (GMM), e iv) Abordagem *Control Function* (CF). Os estimadores do método 2SLS são os mais tradicionais. A ideia é substituir a variável endógena da equação (1) pelo valor previsto pela equação (2) e (3). Os estimadores de 2SLS são válidos assintoticamente, ou seja, seriam não tendenciosos para amostras relativamente grandes. A validade do método também depende da qualidade das VIs empregadas⁹.

Por sua vez, o método LIML, proposto por Anderson e Rubin (1949), é uma versão do estimador *Full Information Maximum Likelihood* (FIML). O LIML é menos eficiente do que o FIML, porém mais robusto, consistente, e assintoticamente normal para estimar sistemas de uma única equação (HAYASHI, 2000). A principal vantagem em relação ao 2SLS é ser robusto ao número de instrumentos, sobretudo no caso de pequenas amostras e restrições de superidentificação (DAVIDSON; MACKINNON, 1993). Baltagi (2008) também demonstra que os estimadores de LIML são consistentes mesmo quando os instrumentos são fracos, ou seja, quando não são fortemente correlacionados com a variável endógena. Por sua vez, as principais desvantagens do estimador LIML em relação ao 2SLS são a ineficiência (STOCK; YOGO; WRIGHT, 2002) e sua vulnerabilidade a erros de especificação (KOLESÁR et al., 2015).

O método GMM, proposto originalmente por Hansen (HANSEN, 1982), obtém

⁹ Isto é não estar correlacionada com o termo de erro da equação estrutural, e estar correlacionada parcialmente com a variável explicativa endógena (GUJARATI; PORTER, 2010).

estimadores consistentes e mais robustos a problemas de especificação funcional do que os estimadores LIML, já que requer de pressupostos mais fracos em relação ao processo de geração de dados (ZSOHAR, 2012). Porém, segundo Green (2003), o GMM não é sempre um estimador eficiente. Sua eficiência depende: do tipo de estimadores VI definidos pelas condições de ortogonalidade (por exemplo, na presença de heterocedasticidade ou autocorrelação, o estimador GMM é mais eficiente do que OLS ou 2SLS); do tamanho da amostra, uma vez que tendem a apresentar problemas de eficiência em amostras pequenas (BALTAGI, 2008).

Finalmente, uma forma alternativa de abordar a endogeneidade das variáveis P_i e $\bar{C}_i$ é através da abordagem CF. Segundo Wooldridge (2015), a CF é baseada na estimação de proxies para as parcelas do erro estocástico ε_i e u_i das equações (2) e (3), as quais ao serem adicionadas como regressores na equação (1) tornariam as variáveis P_i e $\bar{C}_i$ apropriadamente exógenas. Isso forneceria uma estimativa consistente da equação (1), porque estaria se controlando diretamente pela correlação entre os termos de erro das formas reduzidas das variáveis endógenas, e a variável resultado da equação estrutural (CAMERON; TRIVEDI, 2005). Além disso, a CF permite também verificar de forma fácil tanto a possível endogeneidade das variáveis P_i e $\bar{C}_i$ através do teste t das respectivas proxies de erros estocásticos introduzidas na equação (1); quanto a validade da regressão implementada para contornar o problema de endogeneidade, já que é plenamente comparável com estimativas de OLS (WOOLDRIDGE, 2003, 2010).

Em relação à análise das restrições de exclusão foram realizados testes de endogeneidade (condições de ortogonalidade), sobreidentificação e relevância dos instrumentos, os quais são apresentados no Apêndice B. A hipótese nula de exogeneidade foi rejeitada nos modelos 2SLS, LIML e GMM indicando que pelo menos uma das variáveis (P_i ou $\bar{C}_i$) é realmente endógena. O teste de sobreidentificação dos modelos 2SLS, LIML e GMM sugerem que os instrumentos são válidos e, portanto, os VIs seriam adequadas nos modelos estimados. Ademais, a relação dos instrumentos com os regressores endógenos também foi significativa. A respectiva estatística F foi maior a 10, o que garantiria a confiabilidade da estimativa baseada nos modelos com VIs (STOCK; YOGO; WRIGHT, 2002).

1.3.3 Viés de seletividade

Outra importante fonte de viés na estimativa da equação (1) refere-se à seletividade da amostra. As famílias podem deixar de declarar o consumo de água por inúmeros fatores, por exemplo, a recusa do entrevistado em fornecer a informação ou seu desconhecimento sobre o consumo domiciliar. Esta última situação é mais frequente nos casos em que a família reside em um domicílio sem micromedição do consumo, por exemplo, condomínios em que os custos de provisão do serviço de água sejam compartilhados igualmente entre os moradores. Esse tipo de ocorrência é muito comum no Brasil, sobretudo em edifícios urbanos e assentamentos informais. Segundo os dados da POF 2008/2009, 50% dos domicílios não declararam consumo de água em SP. Caso esse fenômeno não seja aleatório na população, as estimativas obtidas pelas estratégias anteriormente descritas seriam viesadas e inconsistentes (WOOLDRIDGE, 2010).

Para contornar o viés de seletividade é necessário um modelo que considere simultaneamente como a quantidade de demanda por água (C_i) e o fornecimento dessas informações ($C_i > 0$) são simultaneamente determinados por características observáveis e não observáveis das famílias. Esse trabalho adotou o método de Heckman (1979), o qual incorpora um controle para o viés de seletividade na equação (1). Basicamente, o modelo para a quantidade de demanda hídrica com correção de seletividade contém duas equações:

$$Prob(D_i = 1) = \Phi(\mathbf{w}_i' \boldsymbol{\gamma}) \quad (4)$$

$$E[\ln C_i | D_i = 1] = \alpha + \vartheta \ln P_i + \omega \ln Y_i + \phi \ln \bar{C}_i + \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta} + \rho \lambda(\mathbf{w}_i' \boldsymbol{\gamma}) \quad (5)$$

em que D_i é uma variável binária que assume 1 quando a família i declara consumo de água ($C_i > 0$) e 0 caso contrário. A função não linear Φ , usualmente representada pela função *probit*, define a probabilidade de o domicílio declarar consumo de água, denominada função de seleção. O termo $\lambda(\mathbf{w}_i' \boldsymbol{\gamma})$ na equação (4), denominado *Inverse Mills Ratio* (IMR), é uma função derivada das estimativas da equação (4).

A inconsistência dos estimadores para a equação (1) estaria associada à omissão do IMR. Caso $\rho = 0$, então a correção de seletividade seria desnecessária e os estimadores da equação (1) seriam consistentes. Todavia, caso $\rho \neq 0$, então os estimadores da equação (5) seriam os únicos consistentes. Para garantir a confiabilidade dos resultados, o ideal é que o vetor com os determinantes do modelo de seleção ($\mathbf{w}'_i$) contenha todos os regressores presentes na equação (1) mais pelo menos uma VI (WOOLDRIDGE, 2003). Conforme Grafton (2011), as VIs incorporadas no modelo de seleção ($\mathbf{w}$) referem-se a provisão de outros serviços públicos (Tabela 1): binárias para o coleta direta de lixo e para rua pavimentada, as quais estariam relacionadas à processos de urbanização. Essas variáveis segundo Basani, Isham e Reilly (2008) definiriam a probabilidade de a família morar em local com acesso a sistema público de água e existência de micromedidor na residência (ou seja, se a cobrança é individual ou de repartição coletiva). Essas variáveis apresentariam forte relação com a declaração do consumo de água ($D = 1$), mas relação parcial insignificante com o consumo C , ou seja, relação nula uma vez que são controladas as características que definem o padrão de consumo dos domicílios (1) (BRIAND et al., 2010).

Para incorporar o controle de endogeneidade das equações (2) e (3) às equações com controle de seletividade (4) e (5), utilizou-se a estratégia proposta por Wooldridge (2010). O primeiro passo dessa estratégia é estimar o modelo de seleção (equação 4) utilizando a função probit com todas as variáveis exógenas (tanto da equação de interesse quanto do modelo de seleção, e também as VIs). Os resultados das estimativas para o primeiro estágio do modelo de seleção são apresentadas no Apêndice A. Em seguida, estima-se o IMR, $\hat{\lambda}$, para ser incorporado à equação (5). A equação (5) é então estimada somente com os dados da subamostra condicionada a $D_i = 1$ e utilizando os métodos 2SLS, LIML, GMM e CF. Segundo Wooldridge (2010), essa estratégia obteria estimadores consistentes na presença de endogeneidade e seletividade. As estimativas também utilizam estimadores robustos dos erros padrão baseados na matriz de covariância de White, que seriam consistentes mesmo na presença de heterocedasticidade (GREENE, 2003).

1.3.4 Regressão quantílica

Uma limitação das estimativas anteriores é que se baseiam em valores médios da população, sem considerar uma potencial heterogeneidade no efeito marginal das variáveis explicativas, ou seja, que os parâmetros da equação (1) possam variar ao longo dos quantis da distribuição do consumo de água. O método proposto originalmente por Koenker e Basset (1978) consiste em estimar os parâmetros referentes às variáveis explicativas condicionados aos quantis. Neste caso, em vez de estimar um vetor de parâmetros β , estima-se β_θ referente ao quantil de ordem θ . A regressão quantílica enriqueceria a análise dos padrões de consumo de diferentes grupos sociais, além de obter estimativas mais robustas à existência de valores extremos (KOENKER; HALLOCK, 2001). A regressão quantílica condicional θ com controle de seletividade seria dada por:

$$Quant_\theta(\ln C_i | \mathbf{x}_i, D_i = 1) = \alpha_\theta + \vartheta_\theta \ln P_i + \omega_\theta \ln Y_i + \varphi_\theta \ln \bar{C}_i + \mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_\theta + Quant_\theta[\rho \lambda(\mathbf{w}_i' \boldsymbol{\gamma})] \quad (6)$$

O termo de correção $\lambda(\mathbf{w}_i' \boldsymbol{\gamma})$ não possui as mesmas propriedades do que na equação (5), já que o quantil condicional θ possui uma forma desconhecida que é função de $\mathbf{x}_i' \boldsymbol{\beta}_\theta$ (COELHO; VESZTEG; SOARES, 2010). Para contornar esta limitação, esse trabalho implementa o método de Buchinsky (1998, 2001) em dois estágios. No primeiro estágio, ajusta-se o modelo de seleção por meio de técnicas semiparamétricas, estimando $\boldsymbol{\gamma}$ por quase-máxima verossimilhança. As estimativas para o primeiro estágio do modelo de seleção são apresentadas no Apêndice C. Dado que não há um formato específico para o termo de correção, estima-se, no segundo estágio, a equação estrutural por regressão quantílica, agregando uma aproximação polinomial de ordem 2 do termo de correção. Segundo Buchinsky (1998, 2001), a IMR cresceria monotonicamente quando a probabilidade de reportar o consumo residencial de água decresse e, então, o termo de correção seria uma expansão em série da IMR.

Para o tratamento da endogeneidade da variável P na regressão quantílica, o trabalho empregou o método proposto por Dufrenot et al. (2010). Este método baseia-se em uma abordagem de *Least Absolute Deviation* (LAD) em dois estágios, em que a

endogeneidade é tratada através de equações preditivas auxiliares (KIM; MULLER, 2004). Para garantir robustez dos resultados, emprega-se conforme Muller (2018), regressão quantílica no primeiro e no segundo estágio. Finalmente, a combinação de auto-seleção amostral com endogeneidade no cenário de regressão quantílica segue a proposta metodológica de Wooldridge (2010), combinando o método de correção de viés de seleção de Buchinsky (1998, 2001) com o método de estimação para VIs proposto por Dufrenot et al. (2010). Para simplificar nossas análises, não controlamos a endogeneidade de $\bar{C}_i$ porque nossas estimativas (mostradas abaixo) sugeriram que essa variável é exógena. Os resultados para o primeiro estágio da abordagem LAD são apresentados no Apêndice C.

1.4 Resultados

A Tabela 2 apresenta as estimativas da equação (1) para os valores médios do consumo de água, considerando os métodos de MQO, 2SLS, LIML, GMM e CF. As estimativas de OLS combinam diferentes grupos de controle: modelo 1 (*benchmarking*) representa a equação (1) sem controles (vetor $\mathbf{x}$); o modelo 2 adiciona controles para características do domicílio e das famílias; o modelo 3 adiciona controles para a posse de eletrodomésticos, localização regional e proxys para controle climático. O objetivo é verificar em que medida a relação entre o consumo de água residencial e preço médio, renda e consumo da vizinhança seria influenciada pela omissão de variáveis relacionadas às características socioeconômicas dos domicílios. Assim, as estimativas para o preço médio da água e para o consumo do grupo social de referência parecem não variar notoriamente com a incorporação de controles. Apesar de não perder significância estatística, o coeficiente da variável renda é mais sensível e diminui conforme os controles vão sendo incorporados. Os resultados corroboram também a inelasticidade e relação positiva da variável renda respeito à quantidade de demanda domiciliar de água, o que a classifica como um bem ou serviço normal. Todos os modelos apresentaram boas estatísticas de qualidade do ajuste, com R^2 variando entre 45% (modelo 1 de OLS) e 54% (modelo 3 de OLS). As estimativas para as variáveis de controle são apresentadas no Apêndice D.

Tabela 2. Determinantes do consumo domiciliar de água – Regressão na média. Estado de São Paulo – Brasil. Desvíos padrão entre parênteses.

Variáveis independentes	Variável dependente: Ln Consumo residencial de água						
	OLS			Modelos de variáveis instrumentais, com controle de seleção amostral			
	[1]	[2]	[3]	2SLS	LIML	GMM	CF ^Ø
Ln do preço da água	-0.620*** (0.032)	-0.626*** (0.029)	-0.637*** (0.028)	-0.381*** (0.098)	-0.375*** (0.101)	-0.381*** (0.098)	-0.365*** (0.091)
Ln da renda total	0.214*** (0.021)	0.158*** (0.022)	0.083** (0.027)	0.049+ (0.027)	0.048+ (0.028)	0.051+ (0.027)	0.045+ (0.027)
Ln do consumo de água na vizinhança	0.280*** (0.032)	0.231*** (0.031)	0.204*** (0.031)	0.195* (0.092)	0.194* (0.093)	0.188* (0.091)	0.190** (0.067)
Mills ratio				0.227 (0.246)	0.229 (0.246)	0.294 (0.220)	0.261 (0.265)
Resíduo da forma reduzida - Ln do preço da água							-0.288** (0.092)
Resíduo da forma reduzida – Ln do Consumo de água na vizinhança							0.010 (0.072)
Controles para características do domicílio e da família	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles para aparelhos eletrodomésticos, localização regional e proxies climáticas	Não	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Observações	1,806	1,806	1,805	1,799	1,799	1,799	1,799
R-squared	0.453	0.521	0.543	0.503	0.499	0.505	0.5
Adjusted R-squared	0.452	0.518	0.538	0.497	0.493	0.498	0.493

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Ø Modelo estimado pelo método OLS

Fonte: Elaborado pelos autores com base em POF 2008/2009.

As estimativas de OLS seriam viesadas na presença de seletividade amostral e endogeneidade da variável preço médio e consumo da vizinhança. Neste contexto, as estimativas de 2SLS, LIML, GMM e CF seriam as únicas consistentes. Todos os modelos são sobreidentificados utilizando as respectivas VIs para cada suposta variável endógena, e combinam o método de VI com Heckit usando os instrumentos do modelo de seleção. O IMR não apresentou significância estatística em nenhum dos modelos, sugerindo que a seletividade não seria um problema relevante. Todavia, as estimativas do modelo com controle de selectividade continuam consistentes, mesmo com a insignificância de λ (WOOLDRIDGE, 2003, 2010).

O resultado para os resíduos das equações (2) e (3) incorporados no modelo CF sugerem em termos de Hausman (1978) e Wooldridge (2003) que a variável P_i seria realmente endógena, enquanto que $\bar{C}_i$ seria exógena. Esse resultado concorda com a literatura especializada, a qual tem constatado amplamente a endogeneidade por causalidade reversa da variável preço nos modelos de consumo de água (ARBUÉS; GARCÍA; MARTÍNEZ, 2003; WORTHINGTON; HOFFMAN, 2008). A condição de exogeneidade evidenciada para a variável $\bar{C}_i$ estaria sugerindo conforme Seyranian et al. (2015) e Christensen et al. (2004), que é o grupo social de referencia que influencia contemporaneamente nas decisões de consumo, alinhando ou enquadrando as preferências e comportamentos individuais com o padrão do grupo. Lesage e Pace (2009) e Sampson e Perry (2018) argumentam que a influencia das decisões dos agentes económicos sobre o grupo de referência não aconteceria de forma simultânea e sim com certa defasagem temporal. Isso é mais evidente em grupos de vizinhança de tamanho grande, como é o caso desse estudo, já que o setor censitário tem em média 300 domicílios (IBGE, 2010).

Assim, as estimativas de 2SLS, GMM e LILM para o efeito da vizinhança no consumo de água ($\bar{C}$) são todas significativas a 5%, e no modelo CF são a 1% variando entre 0.188 e 0.195. Em outras palavras, o consumo de água domiciliar aumentaria aproximadamente 0.19% para cada acréscimo de 1% no consumo da vizinhança. A pequena diferença na magnitude das estimativas sugere ainda a robustez dos resultados às diferentes estratégias de controle da seletividade e endogeneidade. Em relação ao preço médio da água (P), os modelos que não tratam a endogeneidade superestimam, o efeito negativo dessa variável no consumo residencial de água. A elasticidade preço estaria entre -0.36 e -0.38,

enquanto que a elasticidade renda estaria entre 0.04 e 0.05.

As variáveis de controle também apresentaram significância estatística e os resultados esperados (os resultados são apresentados no Apêndice D). Por exemplo, a quantidade de dormitórios (*proxy* de área do domicílio) e o acesso a rede de esgoto aumentam o consumo de água; enquanto que ter cobertura de telha o reduz. A idade do chefe e o número total de membros da família, proxies para a estrutura familiar, também aumentam o consumo de água, assim como a posse de aparelhos eletrodomésticos como freezer, microondas, secadora de roupa e secador de cabelo, proxies para o padrão de consumo familiar. Das variáveis de localização regional e proxies para controle climático, morar na área urbana da capital e possuir maior número de ventiladores apresentaram relação significativamente positiva com o consumo de água, enquanto que o número de chuveiros elétricos apresentou relação negativa.

A tabela 3 apresenta os resultados de regressão quantílica para os quantis 10, 25, 50, 75 e 90 (equação 5). Essas estimativas foram calculadas assumindo exogeneidade em $\bar{C}_i$ e mantendo endógena P_i com suas respectivas VIs. Isso porque além dos testes de endogeneidade na tabela 1, ao comparar as estimativas dos modelos OLS [3] e CF, o coeficiente da a variável $\bar{C}_i$ não muda significativamente; sugerindo segundo Wooldridge (2003, 2015) que a melhor especificação é assumir $\bar{C}_i$ como exógena para evitar perdas de eficiência.

Tabela 3. Determinantes do consumo residencial de água – Regressão quantílica. Estado de São Paulo – Brasil. Desvíos padrão entre parênteses.

Variáveis Independentes	Variável Dependente: Ln Consumo mensal de água				
	Two-stage quantile approach				
	Q 10	Q 25	Q 50	Q 75	Q 90
Ln do preço médio da água	-0.170 (0.234)	0.066 (0.156)	-0.361* (0.160)	-0.785*** (0.194)	-0.585** (0.185)
Ln da renda total do domicílio	0.064 (0.051)	-0.001 (0.032)	0.053+ (0.030)	0.122*** (0.033)	0.148*** (0.043)
Ln da média de consumo de água da vizinhança	0.162 (0.107)	0.208** (0.068)	0.226** (0.070)	0.382*** (0.087)	0.527*** (0.081)
Ratio de Mills	-0.447 (5.058)	0.090 (1.518)	0.043 (2.108)	0.131 (1.512)	1.057 (2.000)
Ratio de Mills^2	0.666 (17.887)	0.119 (4.033)	-0.113 (6.143)	-0.509 (3.532)	-1.281 (5.691)

Controles para características do domicílio e da família	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Controles para aparelhos eletrodomésticos, localização regional e proxys climáticas	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Número de observações	1,799	1,799	1,799	1,799	1,799
Pseudo R-squared	0.095	0.081	0.139	0.174	0.252

+ p < 0.10; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

Fonte: Elaborado pelos autores com base em POF 2008/2009.

As estimativas do impacto do consumo da vizinhança no consumo domiciliar de água são positivas em todos os quantis. A estimativa é insignificante no quantil 10, ou seja, o padrão de consumo da vizinhança não afetaria o consumo daqueles domicílios com os menores consumos de água. Mas a magnitude do impacto aumenta ao longo da distribuição do consumo residencial de água. O impacto é maior no quantil 90: haveria um acréscimo esperado de 0,53% no consumo domiciliar de água para cada aumento de 1% no consumo da vizinhança. Em outras palavras, o efeito da vizinhança seria mais relevantes nas classes mais elevadas de consumo. Para as classes de baixo consumo, o consumo não se orientaria pelos padrões dos pares. A elasticidade preço da demanda só é significativa do quantil 50 a 90, e apresenta seu maior efeito sobre o consumo de água no quantil 75: - 0.785. Com exceção dos quantis 10 e 25, a elasticidade renda apresenta significância estatística no resto da distribuição, e evidencia seu maior efeito sobre o consumo de água no quantil 90: 0.148. As estimativas quantílicas para as variáveis de controle são apresentadas no Apêndice E.

1.5 Discussão dos resultados

As estimativas para as elasticidades consumo da vizinhança-consumo domiciliar destacam que a quantidade de demanda por água não se orienta exclusivamente por padrões de consumo absoluto, mas também pela dependência social nas decisões de consumo. O comportamento dos pares é uma importante fonte de informações acerca dos custos e benefícios associados a diferentes escolhas de consumo (COOTER; FELDMAN; FELDMAN, 2008). Ademais, as normas sociais, entendidas como as crenças dos indivíduos sobre o que os outros fazem ou aprovam fazer, e que são consideradas como comportamento normal, comum ou desejável em um grupo social (FREDERIKS; STENNER; HOBMAN, 2015; SCHULTZ et

al., 2016), podem ser fatores potencialmente persuasivos das decisões de demanda, ao gerar regularidades no comportamento de consumo das pessoas (hábitos de limpeza e higiene, por exemplo). O consumo seria então um código, através do qual as relações sociais podem ser identificadas, permitindo a classificação e sinalização social de pessoas, indivíduos ou grupos (KRAVETS et al., 2018).

Os resultados deste trabalho também corroboram os argumentos de Domene (2014; 2005) de que uma parte da quantidade de demanda domiciliar de água estaria relacionada ao consumo e manutenção de cestas de bens posicionais, esses associados com o prestígio e sofisticação social. Seria o caso, por exemplo, do tamanho e a localização de residências, limpeza de veículos, conservação de jardins e piscinas, etc. Neste sentido, o nível de consumo de água do grupo de referência teria conotações de prestígio, normatividade social, relações de poder e expressões simbólicas, que estariam determinando as preferências individuais do padrão de consumo.

No entanto, a influência da vizinhança apresenta efeitos heterogeneos ao longo da distribuição de consumo de água. A insignificância estatística da relação no quantil 10 se deve provavelmente ao fato de os domicílios localizados nessa parcela consumirem em níveis próximos à satisfação das necessidades básicas de consumo. No entanto, a partir do quantil 25 o efeito da vizinhança é significativo e crescente. Esses resultados confirmam os argumentos de Hirsch (2015) de que o nível de satisfação das pessoas dependeria mais do consumo dos pares à medida que a demanda aumenta, ou seja, uma parte do consumo adquire uma dimensão social cada vez mais importante. Uma vez atingida a satisfação das necessidades básicas, as pessoas começariam a redefinir suas preferências de consumo incorporando cestas de bens e serviços de caráter posicional, o que implicaria em um aumento do nível de consumo residencial de água (DOMENE, 2014).

As estimativas para a variável preço médio também vão ao encontro dos resultados obtidos em estudos tradicionais, como: Agthe e Billings (1980) [0.37-0.50], Chicoine et al. (1986) [0.22-0.42], Williams e Suh (1986) [0.25-0.48], Nieswiadomy e Molina (1989) [0.36-0.55], Pint (1999) [0.20-0.47], Nauges e Thomas (2003) [0.40], e Gaudin (2006) [0.37]. Entretanto, os domicílios reagem de forma diferente às variações no preço médio da água. Em níveis baixos de consumo, essa variável não tem efeito sobre as decisões de consumo. Isso seria devido ao fato de a água possuir essencialidade para a vida e, nos níveis

básicos de sobrevivência, substituíbilidade nula (SULLIVAN, 2002). Ou seja, o comportamento dos domicílios que consomem quantidades muito baixas do recurso hídrico seria assegurar uma provisão mínima de água para qualquer que seja o preço cobrado. A elasticidade preço-demanda aumentaria à medida que o consumo deixasse de se orientar pelas necessidades básicas. Constatou-se ainda que no quantil 75 a elasticidade preço-consumo é maior que no quantil 90. Esse resultado sugere que uma política de controle de consumo baseada no preço poderia ter pouca efetividade (ou não apresentar os resultados esperados) nos níveis mais altos de consumo, já que os domicílios localizados no topo da distribuição provavelmente teriam condições socioeconômicas para atenuar o impacto das variações no preço.

Em relação à elasticidade renda-consumo, o coeficiente estimado é pequeno, provavelmente porque a participação das despesas com água é uma parcela reduzida da renda total dos domicílios. Os resultados da tabela 1 são semelhantes às evidências encontradas em trabalhos clássicos sobre consumo de água como: Chicoine et al. (1986) [0.01-0.14], Moncur (1987) [0.04-0.08], Barkatullah e Nadira (1996) [0.07], Höglund (1999) [0.07-0.13], Garcia e Reynaud (2004) [0.03], e Martínez-Espínheira e Nauges (2004) [0.07-0.13], corroborando a validade das estimativas e dos métodos empregados. Não obstante, apesar das baixas estimativas, a elasticidade renda-consumo apresentaria efeitos diferenciados ao longo da distribuição de consumo. A elasticidade não é estatisticamente significativa nos menores estratos de consumo, isso provavelmente porque as escolhas de consumo dessas classes se orientariam por outros bens e serviços que melhorem sua posição relativa de bem-estar, uma vez que um nível básico de consumo de água tenha sido assegurado. Na metade superior da distribuição a elasticidade é significativa e crescente associada provavelmente, a maior quantidade de demanda de água para manutenção de bens de caráter posicional.

1.6 Considerações finais primeiro capítulo

Este trabalho abordou a influência da dependência social no consumo residencial de água. O trabalho apresenta evidências que o consumo de um recurso ambiental essencial para a sociedade também é fortemente influenciado pelo comportamento social. O impacto é maior nos domicílios com os maiores níveis de consumo de água, ou seja, a quantidade de demanda da classe com consumo excessivo de água seria especialmente influenciada pelo comportamento dos pares sociais.

O trabalho empregou uma metodológica para combinar modelos de regressão quantílica com estratégias de estimação para contornar simultaneamente, os problemas derivados da seleção amostral na declaração do consumo e, a possível endogeneidade das variáveis preço médio e consumo da vizinhança. A robustez dos resultados obtidos pelas diferentes estratégias de análise forneceu importantes elementos para compreender a heterogeneidade do comportamento social ao longo das classes de consumo de água.

Os resultados sugerem a importância da influência do grupo social de referência como determinante das decisões de consumo residencial de água. Normas socialmente construídas, assim como o comportamento dos pares, interfeririam na formação das preferências individuais. O consumo, como forma de expressão social, possibilitaria a identificação e classificação de pessoas e grupos. O nível de consumo de água do grupo de referência adquire conotações de diferenciação, emulação e status social, ao estar relacionado com a posse e manutenção de bens de caráter posicional. Assim, cestas de consumo de bens posicionais teria um lado “perverso”, já que os indivíduos em lugar de se preocupar com a água como um bem público e escasso, acabariam tendo por força de seus hábitos e pela posição em relação aos seus vizinhos, um efeito de pares que poderia comprometer a sustentabilidade do recurso hídrico.

No entanto, os efeitos da vizinhança são heterogêneos e dependem da localização e posição relativa dos domicílios em uma hierarquia de classes de consumo. O efeito social não seria relevante nos níveis de consumo associados à satisfação das necessidades básicas, mas cresceria significativamente à medida que a quantidade de demanda se orientaria por bens posicionais. Dessa forma, o estímulo social ao desperdício ou uso insustentável do recurso natural seria mais forte entre os domicílios mais ricos.

Os resultados também constataram elasticidades preço-demanda e renda-demanda relativamente baixas, reforçando os argumentos sobre a essencialidade e substituíbilidade quase que nula do recurso hídrico. Os domicílios localizados nos estratos baixos de consumo procurariam sempre garantir a satisfação das necessidades básicas, sem se importar pelo preço que seja cobrado pelo acesso ao recurso hídrico. A água seria um bem ou serviço normal, apesar do seu gasto representar uma proporção pequena dentro da renda familiar. Portanto, uma vez garantidas as necessidades básicas, os domicílios reorientariam suas preferências para outros tipos de bens e serviços, que poderiam melhorar sua posição relativa de bem-estar econômico e social.

Finalmente, algumas limitações desse estudo se relacionam com a definição da vizinhança, a qual é baseada no setor censitário e não leva em consideração critérios de contiguidade ou de distância geográfica. Outra questão estaria associada ao uso de controles mais adequados para os fatores climáticos, como por exemplo a temperatura. Esses aspectos podem ser abordados em pesquisas futuras, que visem avaliar os efeitos do comportamento social no consumo de recursos naturais e serviços públicos.

CAPITULO 2: O EFEITO DOS PARES NA ADOÇÃO E DIFUSÃO DE SISTEMAS TECNOLÓGICOS DE IRRIGAÇÃO.

2.1 Introdução

A irrigação é frequentemente citada pela literatura como uma importante tecnologia capaz não só de aumentar a produtividade, como também de minimizar os riscos relacionados ao clima, que são um dos principais fatores que causam vulnerabilidade ao setor agrícola (DESCHÊNES; GREENSTONE, 2007). Temperaturas mais elevadas, variações nas condições de tempo, ocorrência de eventos extremos, afetam diretamente o ciclo hidrológico, e portanto, a disponibilidade e a qualidade da água seria o principal meio através do qual as condições climáticas influenciariam a dinâmica agrícola (STERN, 2007). Isto torna-se ainda mais pertinente no âmbito de regiões áridas e semiáridas onde a precipitação natural não permite que as culturas se desenvolvam normalmente.

Além de fatores físicos, socioeconômicos e de capital humano, o planejamento e adoção de ações adaptativas como a irrigação, estaria em função dos efeitos da variabilidade do clima, e da sua ameaça na regularidade da oferta hídrica (KOUNDOURI; NAUGES; TZOUVELEKAS, 2006). Nesse sentido, as possibilidades de adaptação às mudanças climáticas estão intimamente ligadas à água e seu papel no desenvolvimento sustentável (PIDGEON; FISCHHOFF, 2011). Isso adquire relevância para o equilíbrio ambiental, já que segundo Hoekstra e Chapagain (2007, 2008) o uso da água nas atividades agrícolas está totalmente relacionado com os problemas de escassez e distribuição.

Assim, o acesso desigual à água poderia gerar conflitos socioambientais, associados à exploração excessiva de um recurso que em teoria é considerado de propriedade comum; mas que na prática, quem consome primeiro é onerado apenas por uma pequena parcela dos custos sociais de seu comportamento individual (HARDIN, 1968). Essa é uma questão fundamental para a sustentabilidade das atividades agrícolas, dado que segundo UNESCO (2020) são as maiores consumidoras de água doce no mundo (70%) e, portanto, o desperdício e o uso irracional tornam de forma mais explícita, a vulnerabilidade desse recurso natural decorrente da sua escassez.

Nesse contexto, os conflitos gerados pelo acesso à oferta hídrica poderiam ser potencializados pela influência da mudança climática. A compreensão da dinâmica desses conflitos, e sua relação com a adoção de medidas adaptativas de caráter sustentável, são importantes para a agricultura em regiões com episódios de estresse hídrico, as quais são tipicamente vulneráveis em aspectos ambientais (UNESCO, 2020). Um elemento que poderia explicar a adoção dessas tecnologias em cenários de variabilidade climática é a análise do seu padrão de difusão através das interações entre indivíduos geograficamente mais próximos entre si (GEROSKI, 2000). Esse padrão poderia ser entendido como um processo de comunicação e imitação, que acontece dentro de certa expressão espacial, onde os agricultores frente às variações do clima e seus desdobramentos na disponibilidade hídrica aprenderiam a partir da escolha tecnológica de seus vizinhos, ou seja, da influência dos seus pares (*Peer Effects*); aspecto esse até então, pouco explorado na literatura empírica.

É essa lacuna que o trabalho pretende investigar, ao abordar a relação entre condições climáticas e os efeitos de vizinhança, na adoção tecnológica de irrigação no estado de SP – Brasil. Em termos de valor da produção agrícola, o SP responde por 13,2% (R\$ 61,6 bilhões) do total brasileiro (R\$ 465 bilhões), além de apresentar um dos maiores potenciais de incremento de áreas irrigadas (ANA, 2017). O SP tem 17% (1,1 mil hectares) da área irrigada total no Brasil (6,7 mil hectares) segundo dados do Censo Nacional Agropecuário (CNA) de 2017 (IBGE, 2020). Este contexto tem consolidado o SP como um polo de uso e disseminação das técnicas de irrigação para outras regiões do país (ANA, 2017). As principais tecnologias adotadas no SP são: aspersão (66% - 748 mil hectares) e localizada (29% - 331,6 mil hectares) (IBGE, 2020). Assim, o estudo analisa essas duas medidas adaptativas, a partir de um painel de dados em nível municipal construído com dados do CNA do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), para os anos 2006 e 2017.

O estudo usa ferramentas de análise da econometria espacial para testar as seguintes hipóteses: i) o efeito de pares na adoção e difusão de irrigação existe, mas apresenta resultados diferenciais dependendo do tipo de tecnologia adotada; ii) as condições climáticas influenciam na escolha tecnológica de irrigação, a partir de efeitos locais (diretos) e de transbordamentos espaciais da vizinhança (indiretos). Os resultados corroboram as hipóteses, e fornecem elementos importantes para favorecer a adoção de práticas mais eficientes e sustentáveis no uso do recurso hídrico, além da mitigação dos riscos associados a fatores climáticos na produtividade agrícola.

O trabalho está organizado em quatro seções, além da introdução e conclusões. A primeira apresenta a revisão da literatura, com foco na adoção e difusão tecnológica e sobre o efeito de pares na agricultura. Na segunda são apresentadas as informações metodológicas. Os principais resultados são apresentados na sequência. Na última é realizada uma reflexão sobre os resultados e suas implicações para uma agricultura mais sustentável.

2.2 Revisão da literatura

2.2.1 O efeito de pares na adoção e difusão de tecnologias na agricultura

A literatura sobre adoção e difusão de tecnologia na agricultura é extensa e conta com análises de cunho social, econômico, e ambiental na intenção de compreender os diferentes padrões de adoção entre os agricultores (GENIUS et al., 2014; MONACO et al., 2014). De forma geral, o processo de adoção é definido como a disseminação de uma nova tecnologia por uma região, e é medido pelo nível de uso em uma determinada área geográfica ou população (ADESINA; ZINNAH, 1993). Segundo Uaiene et al. (2009), aspectos como informação imperfeita, risco, constrangimento institucional, capital humano, meio ambiente, clima, disponibilidade de recursos e aprendizagem social têm sido abordados por três perspectivas teóricas para explicar o processo de decisão de adoção. Trata-se da perspectiva dos modelos de restrições econômicas, percepção de adoção e de inovação-difusão.

Os modelos de restrição econômica dão ênfase à questão de como alguns insumos fixos no curto prazo (como o acesso ao crédito, terra, trabalho ou outros insumos críticos), limitam tanto a flexibilidade das condições de decisão sobre a adoção da tecnologia, quanto as opções do produtor em alocar recursos em novas operações de produção agrícola (SUNDING; ZILBERMAN, 2001). Nesse contexto, essas questões seriam de fundamental importância devido ao fato de que a tecnologia de irrigação é muito intensiva em capital e as restrições de crédito podem inviabilizar o produtor a investir em técnicas de produção mais modernas. A remoção da restrição creditícia e de outros constrangimentos econômicos é benéfica, pois estimulam não só a adoção como também a intensificação do uso dentre aqueles produtores que já adotaram a tecnologia (JANVRY et al., 2016).

Os modelos de percepção do adotante sugerem que os atributos percebidos da nova tecnologia condicionam o comportamento de adoção dos agricultores. Os potenciais adotantes julgam uma inovação com base na sua percepção da complexidade, compatibilidade e vantagem da tecnologia a sua disposição. Através das características específicas da tecnologia, o agricultor irá desenvolver preferências subjacentes a ela, e então tomará sua decisão baseada na adequação ou não dessa característica às suas necessidades produtivas (DI FALCO; VERONESI; YESUF, 2011).

Por sua vez, no modelo de inovação-difusão o acesso a informações é considerado o fator-chave da adoção. Nesse sentido, Marra et al. (2003) argumenta que a adoção de tecnologias na agricultura é um processo que envolve a aquisição de informação e a aprendizagem. Na medida em que se adquirem mais informações sobre uma determinada inovação, o conhecimento a seu respeito aumenta consideravelmente, tornando essa inovação mais atrativa, pois as incertezas relacionadas aos seus benefícios são reduzidas convencendo ao agricultor do seu potencial; e portanto, o processo de tomada de decisão é facilitado (JANVRY et al., 2016).

Bardhan and Udry (1999) argumentam que aos ganhos do acesso à informação e do aprendizado se apresentariam através de duas formas. A primeira está associada com a implementação, o que é conhecido como *learning by doing*, e na qual a experimentação estaria relacionada ao nível de incerteza da produtividade. A segunda pela externalidade de redes, ou seja, o *learning from others*, onde as decisões e as escolhas dos outros podem gerar externalidades de aprendizado, através do transbordamento de informações. Segundo Batagelj et al. (2014) e Pratiwi e Suzuki (2017) a externalidade de redes estaria ligada ao conceito de vizinhança e aos efeitos de *spillover* derivados do uso de uma determinada tecnologia, ou seja, os agricultores usariam a experiência dos seus vizinhos para contornar restrições (assimetrias de informação) e orientar a sua tomada de decisões.

Um fator determinante da ocorrência de transbordamentos de informação é a localização geográfica de usuários e potenciais adotantes de uma tecnologia. Para Comin et al. (2012) seria restritivo sugerir que a adoção tecnológica dependesse apenas de fatores socioeconômicos, institucionais e ambientais, sem admitir a influência de questões geográficas; as quais poderiam segundo Wright et al. (2013) afetar de duas formas o processo de adoção. Em primeiro lugar, as características físicas da terra determinam onde a irrigação

seria economicamente viável. Portanto, se municípios vizinhos de bacias hidrográficas ou barragens compartilham características tecnológicas semelhantes no cultivo, é razoável supor que eles também podem compartilhar as mesmas escolhas de irrigação. Por outro lado, a proximidade espacial é capaz de favorecer o contato uns com os outros, levando a propagação da informação e, por consequência, a disseminação no uso da tecnologia (BATAGELJ et al., 2014). A influência do local em relação à vizinhança na forma de interdependência pode afetar as respostas relacionadas à alocação de recursos (WOLLNI; ANDERSSON, 2014). As diversas formas em que a interação entre indivíduos determina os fluxos de informação são analisadas na literatura especializada, através do papel do *Peer Effects*, o qual podemos definir como a influência de um grupo de referência ou vizinhança, no desempenho individual de seus integrantes (SAMPSON; PERRY, 2018).

Conforme Tsusaka et al. (2015) existiriam três fontes de efeitos de pares na adoção de tecnologias na agricultura. A primeira é o efeito endógeno, no qual o comportamento de um indivíduo é influenciado pelo comportamento dos seus vizinhos, ou seja, é o efeito direto do resultado dos vizinhos sobre as decisões individuais. A transmissão de informação nesse contexto determina os mecanismos de difusão tecnológica, o qual seria resultado do *spillover* de conhecimento gerado no processo de interação entre usuários e não usuários de uma tecnologia, e constituiria uma externalidade de rede associada ao processo de adoção (RICHARDS, 2018). Em segundo lugar, os efeitos exógenos ou contextuais fazem referência, a influência através do transbordamento local das características próprias da vizinhança, nas decisões individuais de adoção tecnológica (IOANNIDES; TOPA, 2010). Por último, os indivíduos dentro de um mesmo ambiente social ou geográfico podem agir de maneira semelhante, porque compartilham fatores não observáveis ou enfrentam ambientes institucionais ou choques comuns, que são de difícil mensuração. Esse padrão de interação é conhecido como efeitos de pares correlatos (KRISHNAN; PATNAM, 2014).

A identificação e mensuração do efeito de pares enfrenta, o problema de reflexão (*Reflection Problem*) sinalizado por Manski (1993), o qual ocorre pelo fato de que em um determinado período de tempo, as decisões de irrigação de um produtor seriam afetadas pelo grupo de referência, mas ao mesmo tempo essas escolhas individuais poderiam influenciar o performance do grupo de pares. Esse viés de simultaneidade acarreta o desafio econométrico de identificar separadamente a influência exercida pelo grupo sobre o agricultor, da influência que o agricultor exerce sobre o grupo (BRAMOULLÉ; DJEBBARI; FORTIN, 2009).

Segundo Angrist (2014), o *Reflection Problem* seria mais evidente no caso do efeito de pares endógeno, e por tanto, para superar essa limitação seria necessário informações prévias sobre a composição do grupo de referência, ou através de uma abordagem de estimação, que leve em conta a dinâmica contemporânea das formas de interação (endogeneidade) entre os produtores agrícolas (GOLDSMITH-PINKHAM; IMBENS, 2013).

Na literatura empírica especializada sobre o assunto destacam-se o trabalho de Genius et al. (2014) que analisa o papel da transmissão de informações na adoção e difusão da irrigação por gotejamento. A partir de microdados para fazendas na Creta – Grécia, e utilizando um modelo de duração baseado na distribuição *Weibull*, os autores evidenciaram efeitos de pares através da aprendizagem social dos agricultores e no acesso a serviços de extensão. A eficácia de cada um dos dois canais ao longo do tempo é aprimorada pela presença do outro. O trabalho de Sampson e Perry (2019) pesquisa também a existência de efeitos de pares na difusão da tecnologia *Low Energy Precise Application* (LEPA), a qual é conhecida pelos seus benefícios na economia de água. Usando dados em nível de produtor para o estado de Kansas no período 1990 -2014, os autores evidenciaram a influência do grupo de pares na adoção do LEPA, e que a instalação desse sistema de irrigação é resposta a preços mais altos da energia elétrica.

Através de técnicas de econometria espacial, Wright et al. (2013) analisa a natureza de efeitos *spillover* no uso de mecanismos de pivô central (aspersão), em nível de município para os estado de Texas entre os anos 1986 e 2008. Apesar que a Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) revelou certa aglomeração espacial, os resultados não sugerem a presença de efeitos de pares na adoção desse tipo de tecnologia. Implementando também métodos de econometria espacial, Tsusaka et al. (2015) pesquisam os efeitos da vizinhança, em agricultores com e sem irrigação na província de Bohol nas Filipinas. Os autores encontram efeitos de vizinhança, mas a magnitude e a significância estatística variam de acordo com a disponibilidade de irrigação, o tipo de comportamento social e as características da vizinhança. Comportamentos altruístas e cooperativos são influenciados pela vizinhança, apenas em produtores que usam irrigação, já que eles apresentam maiores laços sociais.

Nessa mesma direção, Maertens and Barrett (2013) tentam analisar as externalidades geradas pela introdução de redes sociais, nos modelos de adoção tecnológica

na agricultura. Com dados de pequenos produtores de algodão, do trópico semiárido da Índia entre 2007 e 2008, os autores constroem estruturas de redes sociais usando a técnica de correspondências aleatórias. Os resultados sugerem a existência de variados canais de informação e de efeitos multiplicadores, os quais estariam em função dos processos de interação social. Por sua vez, Krishnan e Patnam (2014) usando um painel de dados de produtores agrícolas da Etiópia entre 1999 – 2009, examinam os processos de aprendizado social com vizinhos e com agentes de extensão, na adoção de tecnologias melhoradas de fertilizantes e sementes. As estimações de econometria espacial sugerem que embora o impacto inicial dos agentes de extensão fosse alto, o efeito desapareceu ao longo do tempo, em contraste ao aprendizado com os vizinhos.

2.2.2 Condições climáticas e uso de irrigação na agricultura

O desempenho favorável do setor agrícola depende sobremaneira de condições ambientais adequadas. De acordo com Deschênes e Greenstone (2007), o clima é um dos principais fatores limitantes e determinantes da produção agrícola, pois a seca na fase inicial das culturas (semeadura e germinação) e o excesso de chuva na colheita, respondem por parcela expressiva da redução das safras. Infere-se daí que as variações climáticas certamente implicarão em mudanças nas áreas consideradas aptas para plantio, com efeito negativo ou positivo para cada tipo de cultura.

No entanto, Seo and Mendelsohn (2008) argumentam que para quantificar adequadamente os impactos das mudanças climáticas sobre a agricultura, é preciso levar em consideração as estratégias de adaptação, já que é cada vez mais improvável que seus efeitos possam ser evitados somente com esforços de mitigação. Para evitar superestimação de prejuízos, as análises não podem simplesmente estimar como uma cultura específica será afetada, mas devem reconhecer que os produtores irão modificar suas decisões de produção para maximizar o lucro conforme cada cenário climático. É nesse sentido que Magrin et al. (2007) argumentam que a capacidade de adaptar-se é dinâmica e influenciada pela base produtiva da sociedade, em particular, pelos bens de capital, capital humano, instituições, tecnologia e disponibilidade de recursos naturais.

Para Pidgeon and Fischhoff (2011) as principais estratégias adaptativas para o setor agrícola incluem diversificação de culturas, alterações das datas de plantio e colheita, aumento do uso de irrigação, implementação de técnicas de conservação de solo, sombreamento e abrigo e, por fim, melhoramento genético, por meio do desenvolvimento de cultivares mais resistentes à seca e, ou, ao estresse hídrico. Entre essas medidas, Seo (2011) ressalta a irrigação como uma das principais ações de planejamento utilizadas para adaptação de produtores agrícolas; permitindo lidar com incertezas associadas às mudanças climáticas, através do controle da deficiência do balanço hídrico. Além disso, a irrigação poderia ser um fornecimento suplementar de água nas épocas de estiagem das regiões mais úmidas; e poderia ser benéfica na redução da temperatura do ar e na diminuição dos efeitos de geadas.

Assim sendo, a irrigação constitui-se uma ferramenta indispensável para o incremento da produtividade, principalmente em regiões nas quais o clima caracteriza-se por baixa precipitação (KOUNDOURI; NAUGES; TZOUVELEKAS, 2006). Segundo ANA (2017), cada hectare irrigado no Brasil produz o equivalente a mais do que três hectares de sequeiro. Para Anderson e Reis (2007) esse diferencial entre agricultura irrigada e a de sequeiro tem sua importância indiretamente destacada, quando se leva em conta as alterações no uso do solo, como medidas de adaptação às mudanças climáticas. Isso porque as transformações no padrão de uso da terra certamente serão caracterizadas por redução das áreas florestais, e tal alteração tende a pressionar positivamente as taxas de desmatamento e, em consequência, as emissões de CO². Dessa forma, a agricultura irrigada ao possibilitar o aumento da produtividade tende a reduzir a demanda de novas áreas de plantio, oferecendo uma solução para essa externalidade negativa, ao contribuir na conservação da vegetação nativa (FERES; REIS; SPERANZA, 2008).

A técnica de irrigação também cria condições para que a água seja aplicada na quantidade adequada e no tempo certo, evitando déficits ou excessos em períodos críticos do desenvolvimento das plantas. A escassez de água ou estreitamento da oferta hídrica representaria um importante fator ambiental que limitaria o crescimento e rendimento das culturas, tornando-se também em uma das principais fontes de incerteza para os sistemas agrícolas de irrigação (GUERRERO-BAENA et al., 2019). Portanto, o plantio pode ser planejado para a época mais propícia à condução de determinada cultura em relação aos aspectos climáticos e da disponibilidade do recurso hídrico (SEO; MENDELSON, 2008).

Seo (2011), considerando a decisão de irrigar como estratégia adaptativa, analisou os impactos das mudanças climáticas no setor agrícola da América do Sul. Em seu estudo, foi utilizada uma base de dados com 1.395 observações para produtores da Argentina, Chile, Colômbia, Equador, Uruguai, Venezuela e Brasil. O autor demonstrou que tanto a agricultura irrigada quanto a de sequeiro serão negativamente afetadas, porém a segunda tende a sofrer mais prejuízos. O referido estudo apresentou resultados genéricos, não fazendo inferências a respeito de como cada país será afetado, tampouco considerou especificidades regionais.

Em outro estudo, Mendelsohn e Seo (2007) analisaram se os produtores, em face de diferentes cenários climáticos, tendem a escolher distintas formas de exploração agrícola. Foram considerados cinco tipos de organização da produção: agricultura de sequeiro, agricultura irrigada, pecuária, ou combinações de pecuária e agricultura (de sequeiro e irrigada). A análise conclui que todos os tipos de produtores irão sofrer prejuízos devido às mudanças esperadas no clima, mas a agricultura de sequeiro será a mais prejudicada.

Desde uma perspectiva de alto detalhe geográfico, Schlenker et al. (2007) analisam o impacto da mudança climática na agricultura irrigada no Estado da Califórnia. Os autores argumenta que em climas moderados, apesar de aumentos modestos na precipitação anual, a escorrência ou escoamento superficial (fluxo de água que ocorre na superfície do solo) tende a diminuir durante a maior parte da estação de cultivo. Isso acarreta a redução na disponibilidade de água quando esta é mais necessária, aumentando o estresse hídrico e pressionando mais a gestão dos recursos hídricos em geral. Nesse contexto, a extensão do período de cultivo (ciclo) por alterações na precipitação seria uma consequência da mudança climática, e seu efeito estaria combinado com aumentos da evapotranspiração das plantas, o que elevaria a demanda de água para irrigação (FISCHER et al., 2007).

Negri et al. (2005) estima o impacto de eventos climáticos extremos de temperatura e precipitação, na decisão de adoção de irrigação nos Estados Unidos. A partir de modelos de escolhas discretas calibram os parâmetros de uma distribuição normal para temperatura, e uma distribuição *Weibull* para precipitação. Os resultados mostram que eventos climáticos extremos e interações biofísicas desempenham um papel crucial na decisão de adotar a irrigação. As caudas das distribuições de temperatura e precipitação são as forças explicativas dominantes na irrigação, e provavelmente são determinantes importantes de outras decisões de produção. Os resultados mostraram também que, a capacidade de empregar

a irrigação como medida de adaptação é limitada pela disponibilidade de oferta hídrica, tamanho da fazenda, condições do solo e características demográficas do produtor.

Huang et al. (2017) examina através de modelos logit multinomial, os fatores que podem influenciar o uso de tecnologias de irrigação e/ou *Water Management Practices* (WMPs), por parte dos produtores do estado de Arkansas. Os resultados sugerem que os agricultores têm maior probabilidade de confiar em WMPs, em vez da irrigação por aspersão, para se adaptarem à variabilidade da oferta hídrica superficial e subterrânea. As evidências também indicam que, a variabilidade climática e ocorrências de extremos climáticos (secas prolongadas, por exemplo), afetam a tomada de decisões em relação às práticas de irrigação. Tecnologias de irrigação mais eficientes no uso do recurso hídrico são usadas como resposta às variações climáticas, enquanto que os sistemas de aspersão são prevalecentes com temperaturas médias mais baixas.

2.3 Material e Métodos

2.3.1 Fonte de dados e variáveis de análise

Esse estudo utiliza um painel de dados agregados para o SP em nível municipal procedentes principalmente do CNA nos anos 2006 e 2017. O CNA é realizado pelo IBGE, e é a principal e mais completa investigação estatística e territorial sobre a estrutura, dinâmica e nível de produção da atividade agropecuária brasileira. Também foram utilizados dados do valor bruto da produção agrícola provenientes da Pesquisa Agrícola Municipal – PAM do IBGE, e dados climáticos do Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. O SP teve 645 municípios tanto em 2006 quanto em 2017, e portanto o painel está composto de 1290 observações.

Foram calculadas duas variáveis dependentes a partir dos dados do CNA: a proporção de estabelecimentos agropecuários no município que usaram a irrigação por

aspersão¹⁰ na safra agrícola; e a proporção de estabelecimentos que usaram a irrigação localizada¹¹. Na irrigação por aspersão a água é aplicada sobre as plantas e a superfície do solo na forma de gotas, simulando o efeito da chuva. A irrigação localizada aplica a água próxima da região radicular das plantas, portanto, melhor aproveitamento (BROUWER et al., 2001). A irrigação por aspersão é menos eficiente que a localizada no uso de água, pois apresenta maiores perdas por escoamento, percolação e evaporação (EVANS; SADLER, 2008). Por sua vez, a irrigação localizada contribuiria para melhorar tanto a produtividade quanto a sustentabilidade da agricultura (DAGNINO; WARD, 2012). Ao permitir o uso mais eficiente da água na agricultura, a irrigação localizada liberaria parte do recurso hídrico para o ambiente e/ou funções ecossistêmicas. Entre 2006 e 2017, o percentual médio de estabelecimentos que usaram irrigação localizada passou de 2,3% para 7,7% (Tabela 4). Por sua vez, o percentual médio de estabelecimentos que usaram irrigação por aspersão nos municípios do ESP permaneceu próximo de 7%.

Tabela 4. Estatísticas descritivas. Proporção municipal de estabelecimentos agrícolas. SP – Brasil.

Variáveis	Fonte	2006		2017	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<i>Dependentes</i>					
Irrigação por Aspersão	CNA	6.67	0.102	7.34	0.099
Irrigação Localizada	CNA	2.34	0.038	7.67	0.088
<i>Independentes de Análise</i>					
Variação climática - Estação seca	INMET	0.067	0.013	0.058	0.012
Variação climática - Estação chuvosa	INMET	0.022	0.002	0.024	0.002
Oferta Hídrica - Acesso a recursos hídricos	CNA	84.03	0.170	88.92	0.125
<i>Independentes de Controle</i>					
<i>Tipo de Cultura</i>					
Cana de açúcar	CNA	14.96	0.17	13.42	0.16
Café	CNA	7.08	0.13	4.92	0.12
Soja	CNA	1.84	0.07	4.16	0.11
Milho	CNA	11.84	0.11	13.18	0.13
Feijão	CNA	2.44	0.06	2.29	0.06

¹⁰ Mecanismos como pivô central, autopropelido, carretel enrolador e aspersão convencional (BROUWER et al., 2001)

¹¹ Métodos de gotejamento e microaspersão (BROUWER et al., 2001)

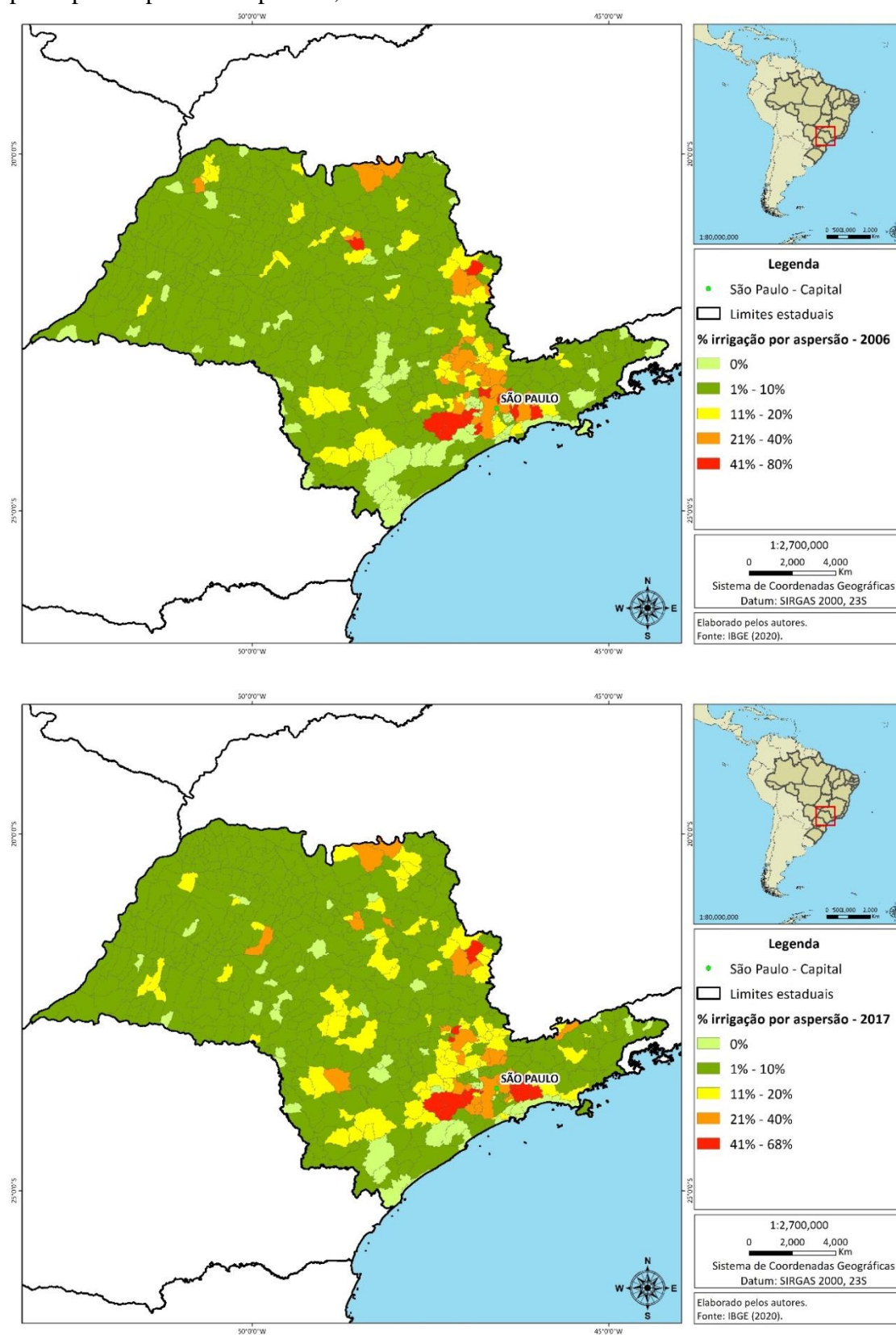
Manga	CNA	1.13	0.04	0.93	0.04
Banana	CNA	2.79	0.09	3.62	0.11
Laranja	CNA	5.60	0.12	2.56	0.06
Hortalças (Alface, Cebola e Tomate)	CNA	8.02	0.15	14.03	0.19
Silvicultura (Eucalipto e Pinus)	CNA	5.46	0.07	7.26	0.11
<i>Educação</i>					
Pelo menos com ensino médio	CNA	32.24	0.13	44.02	0.12
<i>Idade do Produtor</i>					
Entre 25 e 45 anos	CNA	25.27	0.09	16.55	0.06
Entre 45 e 65 anos	CNA	49.28	0.10	48.49	0.08
Maior de 65 anos	CNA	22.07	0.07	29.60	0.08
<i>Sexo, tipo de direção e residência do produtor</i>					
Mulheres	CNA	8.38	0.04	11.60	0.06
Dirigidos pelo próprio produtor	CNA	72.63	0.16	73.94	0.13
Dirigidos por um administrador	CNA	23.59	0.13	13.94	0.08
Produtor reside no estabelecimento	CNA	55.97	0.21	49.82	0.18
<i>Agricultura familiar e associatividades</i>					
Tem agricultura familiar	CNA	59.97	0.17	60.32	0.15
Associado (cooperativa, sindicato, etc.)	CNA	30.49	0.20	35.47	0.20
<i>Condição Legal das Terras</i>					
Próprias do produtor	CNA	83.04	0.18	76.84	0.17
Alugadas	CNA	10.87	0.08	15.65	0.10
Cedidas	CNA	2.23	0.08	4.39	0.13
Ocupadas	CNA	3.15	0.07	1.41	0.04
<i>Assistência Técnica</i>					
Do governo (federal, estadual ou municipal)	CNA	16.28	0.17	9.65	0.13
De empresas integradoras	CNA	2.85	0.05	2.84	0.05
De empresas privadas de planejamento	CNA	4.35	0.07	1.15	0.02
De ONG	CNA	0.15	0.01	0.14	0.01
<i>Tipo de Preparo do Solo</i>					
Cultivo convencional	CNA	32.94	0.18	31.78	0.17
Cultivo mínimo	CNA	9.66	0.10	14.97	0.12
Plantio direto na palha	CNA	3.01	0.08	7.42	0.12
<i>Tipo de Prática Agrícola</i>					
Plantio em nível	CNA	44.90	0.23	37.38	0.24
Pousio ou descanso de solos	CNA	4.35	0.06	15.18	0.13
Proteção e conservação de encostas	CNA	9.16	0.11	9.43	0.11
Rotação de culturas	CNA	9.63	0.12	22.64	0.18
<i>Adubação, Agrotóxico e Corretivo do Solo</i>					
Usam adubação	CNA	51.43	0.21	60.73	0.19
Usam agrotóxico	CNA	38.72	0.21	59.10	0.22
Usam corretivo Ph do solo	CNA	29.74	0.14	38.94	0.16
<i>Emprego, Valor da Produção e Financiamento</i>					
Número de empregados	CNA	1412	1378	1455	1482

Valor da produção agrícola - Ano anterior	PAM	50426	65984	67213	84015
Com financiamento	CNA	12.99	0.09	15.40	0.09
<i>Maquinária</i>					
Tratores	CNA	37.46	0.18	45.63	0.18
Outra maquinária	CNA	28.44	0.21	34.81	0.26
<i>Area do Estabelecimento</i>					
Entre 5 e 50 hectares	CNA	25.36	0.15	50.93	0.15
Entre 50 e 500 hectares	CNA	8.40	0.09	20.90	0.11
Mais de 500 hectares	CNA	1.19	0.02	3.45	0.05

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

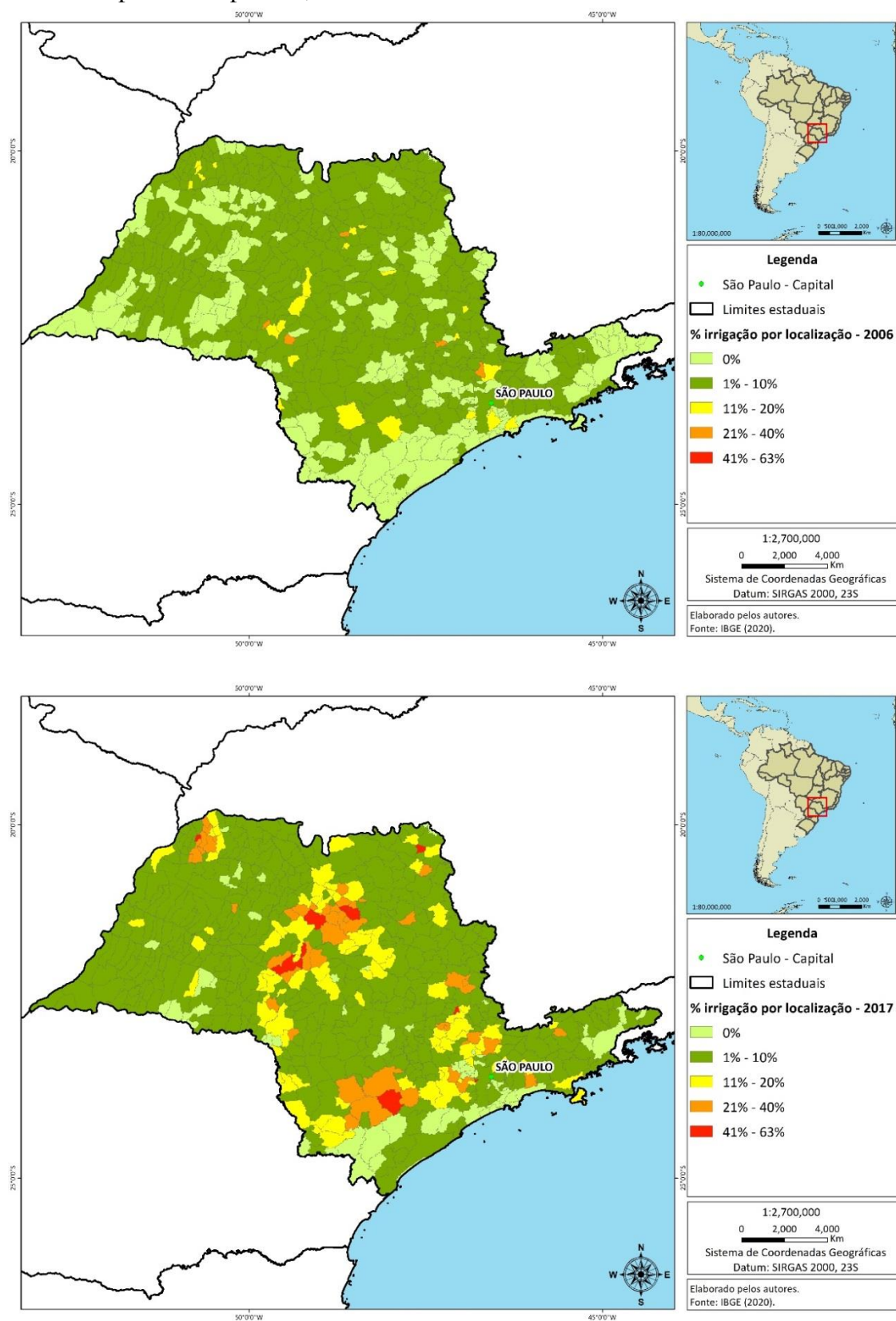
A irrigação por aspersão concentra-se na parte oeste do SP, próximo à região metropolitana do SP (Figura 1). Em 2006, alguns municípios chegaram a apresentar mais de 80% dos estabelecimentos com uso desta tecnologia. Esta concentração estaria relacionada à característica dos sistemas produtivos desta região. Deve-se ainda considerar que há predomínio da utilização de recursos hídricos superficiais (rios, nascentes, lagoas etc.) nas proximidades da região metropolitana do SP, recursos essenciais para a adoção de irrigação por aspersão (DAEE; UNESP, 2013). A mudança mais relevante entre 2006 e 2017 ocorreu na expansão da irrigação localizada (Figura 2). O avanço ocorre tanto na região noroeste quanto na região sul, que caracterizam-se pelo cultivo de café, fruticultura e horticultura (ANA, 2017).

Figura 1. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação por aspersão por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

Figura 2. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação localizada por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

Além dos efeitos dos pares (a ser explicado no próximo tópico), duas variáveis explicativas de interesse central desse trabalho são: mudança climática e oferta hídrica. Para avaliar como as condições climáticas condiciona a difusão dos tipos de irrigação, o estudo usou dados do INMET para calcular o logaritmo da razão entre temperatura média e a precipitação total dos últimos 10 anos, o qual seria uma proxy para aridez (GENIUS et al., 2014). A vantagem desse indicador é captar o efeito combinado das duas variáveis, já que uma poderia compensar a outra¹² (muita precipitação pode compensar aumento da temperatura); além disso, a periodicidade do indicador permitiria observar mudanças de médio e longo prazo (SAMPSON; PERRY, 2019). Dado que o clima predominante no ESP é tropical, o indicador climático foi calculado para a estação seca (meses de abril a setembro) e a chuvosa (entre os meses de outubro a março)¹³. Essas estações apresentaram dinâmicas opostas entre 2006 e 2017 (Tabela 4): o verão ficou mais árido (variação de 9,6% no indicador) e o inverno ficou menos árido (variação de -12,4%).

Para avaliar a influência da oferta hídrica na difusão dos tipos de irrigação, foi utilizada uma proxy do CNA dada pela existência de fontes de água no estabelecimento agrícola: a proporção de estabelecimentos em cada município que declararam ter nascentes de água, rios, açudes ou poços de água. A grande maioria dos estabelecimentos declararam ter acesso a fonte de água no SP: 84% em 2006 e 89% em 2017. Uma vantagem principal dessa variável é evitar uma potencial endogeneidade da oferta hídrica devida à causalidade reversa com a adoção de irrigação (BALTAGI, 2008). A existência de fonte de água no estabelecimento influenciaria a adoção de irrigação, mas a adoção, apesar de afetar o fluxo hídrico, não implicaria em mudanças no acesso ao recurso.

Com base em sugestões da literatura (DRIDI; KHANNA, 2005; KOUNDOURI; NAUGES; TZOUVELEKAS, 2006; MONACO et al., 2014), as variáveis de controle incluem: principais tipos de cultivo agrícola do SP (proporção de estabelecimentos com cultivo de cana-de-açúcar, café, soja, milho, feijão, manga, banana, laranja, hortaliças e silvicultura); características dos responsáveis pelos estabelecimentos (proporção de responsáveis com pelo menos segundo grau de escolaridade, proporção segundo grupos de

¹² Foram testadas também as variáveis separadamente, mas elas se mostraram não significativas.

¹³ Foram estimados modelos com as estações de verão, outono, inverno e primavera, mas os resultados em termos de significância estatística não foram satisfatórios.

idade, sexo, tipo de direção e residência no estabelecimento); agricultura familiar e associativismo (proporção de estabelecimentos de agricultura familiar, membros de cooperativa ou associação de produtores); posse da terra (proporção de estabelecimentos do próprio responsável, alugados, cedidos ou ocupados); assistência técnica (proporção de estabelecimentos que receberam orientação técnica do governo, empresa integradora, empresas privadas, ou ONG); tipo de preparo do solo (proporção de estabelecimentos que realizaram plantio em nível, descanso do solo, conservação de encostas, rotação de culturas); controle de pragas e correção do solo (proporção de estabelecimentos que aplicaram adubo, defensivos, corretivo do pH do solo), emprego e valor da produção (log do número total de empregados no município, log do valor da produção no ano anterior¹⁴, proporção de estabelecimentos que receberam financiamento para a produção); uso de máquinas e equipamentos (proporção de estabelecimentos que possuem tratores, outras máquinas); área do estabelecimento (proporção de estabelecimentos com menos de 5 hectares como referência 5 a 50 hectares, 50 a 500 hectares, 500 hectares ou mais).

As principais mudanças entre 2006 e 2017 foram (Tabela 1): o aumento da escolaridade (de 32% para 44% de responsáveis com pelo menos o 2º grau de escolaridade); envelhecimento da população (de 22% para 30% de responsáveis com 65 anos ou mais); redução do acesso à assistência técnica (de 24% para 14% dos estabelecimentos receberam algum tipo de assistência); aumento do uso de técnicas de preparo do solo (de 13% para 22% dos estabelecimentos realizaram cultivo mínimo ou plantio direto), máquinas (de 66% para 80% dos estabelecimento usaram tratores ou outras máquinas), fertilizantes (de 51% para 61%) e defensivos (de 39% para 59%).

2.3.2 Estratégia empírica

Assume-se que a variável dependente adoção de irrigação (I) é função dos indicadores climáticos e da oferta hídrica ($\mathbf{a}$), além de uma série de variáveis de controle ($\mathbf{x}$). A adoção tecnológica de irrigação pode ser denotada por:

¹⁴ O uso do valor pré-determinado da produção agrícola evita a causalidade reversa entre uso de irrigação e valor da produção.

$$I_{jit} = \alpha_t + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + c_{ij} + e_{jit} \quad (1)$$

em que j = aspersão ou localizada; $i = 1, \dots, 645$ municípios e $t = 1, 2$ período do painel; c captura a heterogeneidade individual, e e é o erro aleatório. Os vetores $\boldsymbol{\delta}$ e $\boldsymbol{\beta}$ contêm os coeficientes dos indicadores climáticos e oferta hídrica, e das variáveis de controle, respetivamente.

Por outro lado, os efeitos endógenos da influência dos pares na adoção de tecnologia de irrigação podem ser modelados a partir de um termo que capture a existência de efeitos *spillovers* tecnológicos na equação (1) (KRISHNAN; PATNAM, 2014). Essa abordagem é conhecida como modelo SAR (*Spatial Autoregressive*) (ANSELIN, 2001):

$$I_{jit} = \alpha_t + \rho \mathbf{W} \mathbf{I}_{jit} + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + c_{ij} + e_{jit} \quad (2)$$

onde $\mathbf{W}$ é a matriz quadrada de ponderação espacial, $\mathbf{W} \mathbf{I}$ é o vetor de defasagem espacial para a variável dependente, e ρ é o coeficiente regressivo espacial que representa a dependência geográfica. Para evitar comportamento explosivo, a restrição imposta sobre este coeficiente é que ele se situe no intervalo aberto entre -1 e 1 (LESAGE, 2008).

De outra parte, a presença de efeitos de pares exógenos ou contextuais involucram o transbordamento das variáveis explicativas para os municípios vizinhos (SAMPSON; PERRY, 2018). Esses efeitos são modelados por Autant-Bernard and Lesage (2011) a partir da abordagem SLX (*Spatially Lagged X-variables*):

$$I_{jit} = \alpha_t + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W} \mathbf{X}_{it} \boldsymbol{\pi} + c_{ij} + e_{jit} \quad (3)$$

A incorporação de defasagens espaciais para todas ou algumas das variáveis independentes ($\mathbf{W} \mathbf{X}$) na equação (3), permite modelar o espalhamento ($\boldsymbol{\pi}$) dessa característica da vizinhança na adoção de irrigação municipal (HALLECK VEGA; ELHORST, 2015).

Em relação aos efeitos de pares correlatos, uma forma mais apropriada de modelar a influência das características não observáveis compartilhadas entre a vizinhança seria com base no processo espacial SEM (*Spatial Error Model*) (TSUSAKA et al., 2015):

$$I_{jit} = \alpha_t + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + c_{ij} + \xi_{jit}, \quad \xi_{jit} = \lambda \mathbf{W}\xi_{jit} + e_{jit} \quad (4)$$

o coeficiente λ é o parâmetro do erro autorregressivo espacial que acompanha a defasagem $\mathbf{W}\xi$, e para evitar comportamento instável é imposta a restrição de que $|\lambda| < 1$ (FINGLETON, 2008). A equação (4) sugere que os erros associados a qualquer observação é uma média dos erros da vizinhança mais um componente de erro aleatório. Assim, as características não modeladas apresentam padrão autocorrelacionado espacialmente (ALMEIDA, 2012).

A influência dos pares na adoção tecnológica pode apresentar dependência espacial mais intrincada, manifestada, na presença combinada de efeitos endógenos, exógenos e correlatos segundo (TSUSAKA et al., 2015) (KRISHNAN; PATNAM, 2014):

$$I_{jit} = \alpha_t + \rho \mathbf{W}I_{it} + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + c_{ij} + \xi_{jit}, \quad \xi_{it} = \lambda \mathbf{W}\xi_{jit} + e_{jit} \quad (5)$$

$$I_{jit} = \alpha_t + \rho \mathbf{W}I_{it} + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \mathbf{W}\mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\pi} + c_{ij} + e_{jit} \quad (6)$$

$$I_{jit} = \alpha_t + \mathbf{a}'_{it}\boldsymbol{\delta} + \mathbf{x}'_{it}\boldsymbol{\beta} + \delta \mathbf{W}\mathbf{x}'_{it} + c_{ij} + \xi_{jit}, \quad \xi_{jit} = \lambda \mathbf{W}\xi_{jit} + e_{jit} \quad (7)$$

A equação (5) retrata o modelo SAC (*Spatial Autocorrelation*), que expressa a dependência espacial na forma de uma defasagem da variável dependente e dos erros autocorrelacionados. A equação (6) representa o modelo SDM (*Spatial Durbin Model*), o qual incorpora a suposição da existência simultânea de um processo de difusão tecnológica e de transbordamento espacial das características da vizinhança. Por último, a equação (7) apresenta o modelo SDEM (*Spatial Durbin Error Model*), que integra espalhamentos locais das variáveis explicativas afetando os vizinhos diretos; ao passo que o termo de erro transborda para todas as regiões do sistema (LESAGE; PACE, 2009).

2.3.3. Testes e método de estimação

Para avaliar a necessidade de incorporar os efeitos individuais dos municípios, assim como saber qual seria o modelo mais apropriado, foram calculados os testes Brausch-Pagan de multiplicadores de Langrange e de Hausman. O teste CD de Pesaran (2004) foi

utilizado para verificar a presença de dependência espacial entre as unidades de corte transversal. Os resultados sugerem que a heterogeneidade individual é relevante, e que o modelo mais adequado para tratar as características idiossincráticas é o de efeitos fixos. Foi corroborada a presença de dependência espacial (Apêndice F).

Para as análises econométricas, a matriz de ponderação espacial escolhida foi a de distância inversa com cinco vizinhos mais próximos. Isso porque além de capturar a maior autocorrelação espacial (Apêndice G), alguns dos trabalhos mais representativos da literatura sobre o efeito de pares na adoção tecnológica na agricultura, também usam o critério de distância para definir as relações espaciais (KRISHNAN; PATNAM, 2014; SAMPSON; PERRY, 2018; TSUSAKA et al., 2015; VILLANUEVA et al., 2017; WRIGHT et al., 2013). No entanto, a matriz de contiguidade tipo torre¹⁵ foi utilizada como teste de robustez para os resultados encontrados nas estimativas principais.

Finalmente, devido à presença de termos defasados espacialmente na estratégia empírica, se faz necessário uma abordagem que leve em consideração as possíveis implicações dessas defasagens no processo de estimação (MILLO; PIRAS, 2012). Com a finalidade de obter estimativas não viesadas e consistentes foi usado o método *Quasi Maximum Likelihood Estimation* (QMLE), o qual gera resultados com propriedades desejáveis (consistência, normalidade e eficiência assintótica) para os parâmetros populacionais que maximizam a probabilidade de observar os dados que são efetivamente realizados, dada a especificação funcional do modelo (LEE, 2004).

Diferentemente da estimação clássica e a-espacial por Máxima Verossimilhança (MV), o estimador QMLE para processos espaciais incorpora um elemento adicional na função de log-verossimilhança (ALMEIDA, 2012). Esse elemento se refere ao determinante do jacobiano da transformação, o qual é uma matriz plena de dimensão igual ao tamanho da amostra, que expressa as relações entre a variável dependente (decisões de irrigação) e o termo de erro aleatório (BELL; BOCKSTAEL, 2000). O jacobiano da transformação é requerido em virtude da simultaneidade da interação espacial entre as decisões locais de irrigação e da vizinhança, ou seja, pela presença do problema de reflexão do Manski (1993). Nesse sentido, a estratégia de estimação implementada nesse trabalho torna possível, a análise

¹⁵ O nome faz menção ao movimento da peça torre no jogo de xadrez. A matriz torre considera vizinhos apenas as regiões com extensão de fronteira diferente de zero, sem levar em consideração possíveis vértices.

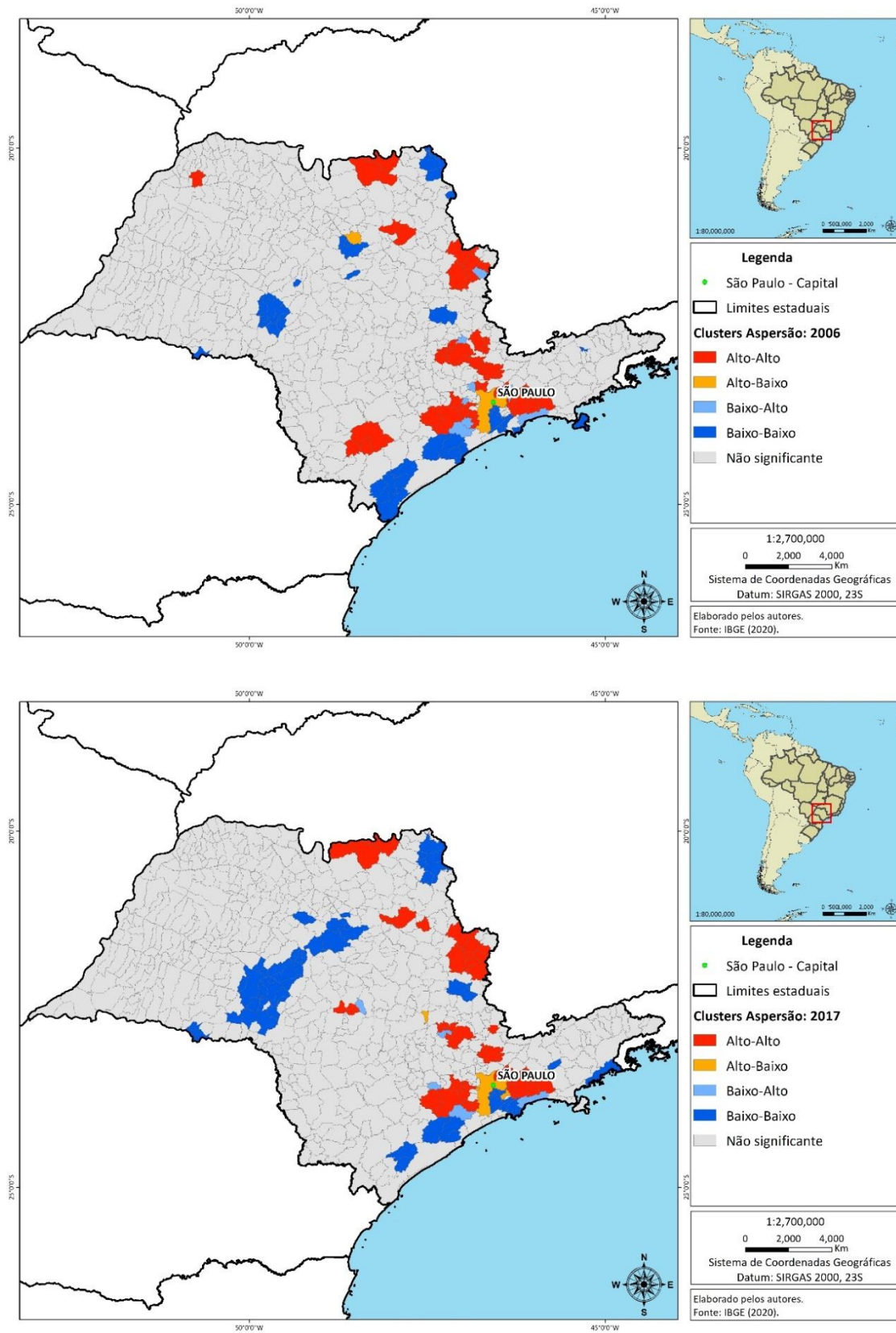
econométrica dos comportamentos interdependentes de municípios que compartilham ambientes espaciais, sociais e econômicos (TSUSAKA et al., 2015).

2.4 Resultados

2.4.1 Análise espacial de clusters

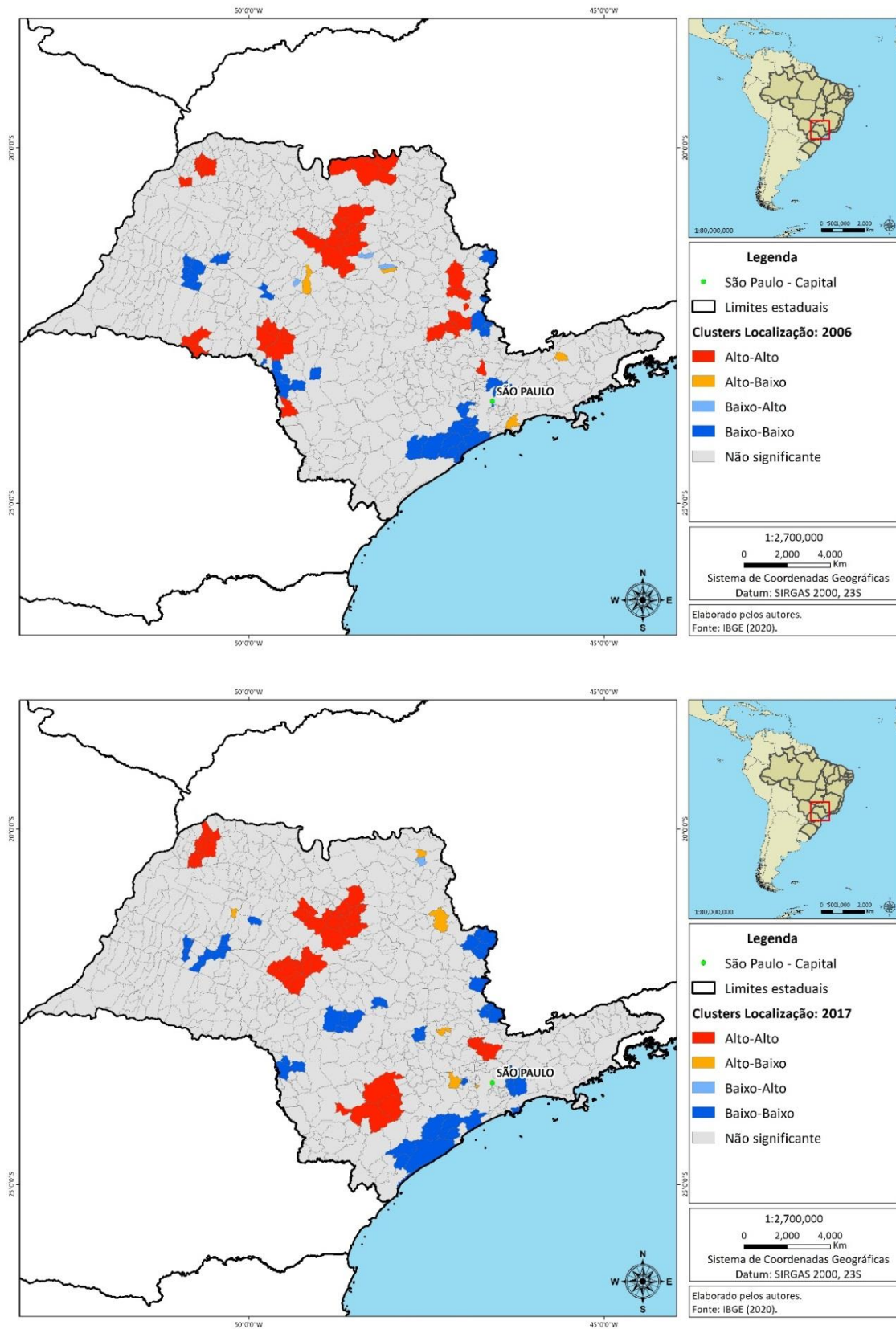
A existência da dependência espacial na dinâmica de difusão de irrigação é reforçada pela análise de cluster LISA (Local Indicator of Spatial Association) (ANSELIN, 2010). As Figuras 3 e 4 apresenta padrões de aglomeração local (clusters) de municípios com elevadas (Alto-Alto) ou baixas (Baixo-Baixo) proporções de estabelecimentos com irrigação por aspersão e localizada, nos dois anos. No caso da irrigação aspersão, a maior parte dos clusters do tipo Alto-Alto (municípios com alto uso de aspersão próximos a municípios com alto uso) localizam-se na parte leste do SP, enquanto os clusters do tipo Baixo-Baixo (municípios com baixo uso de aspersão próximos a municípios com baixo uso) concentram-se na parte oeste do SP. No caso da irrigação localizada, os agrupamentos tipo Alto-Alto concentram-se na parte oeste, enquanto as aglomerações do tipo Baixo-Baixo concentram-se na região leste do SP.

Figura 3. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação por aspersão por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

Figura 4. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que usaram irrigação localizada por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

2.4.2. Estimativas de *Peer Effects*

A Tabela 5 apresenta as estimativas dos modelos espaciais para os efeitos de pares endógenos, exógenos, correlatos e suas combinações (equações 2 a 7). Os modelos para a irrigação por aspersão apresentaram estatísticas de qualidade do ajuste melhores que as dos modelos para a irrigação localizada, com coeficiente de determinação (R^2 -overall) variando entre 46% e 48% (entre 5% e 8% para a irrigação localizada). Todavia, as defasagens espaciais se mostraram mais significativas nos modelos para a irrigação localizada. O teste de Wald confirma a significância estatística das defasagens espaciais nos modelos para irrigação localizada. O teste de razão de verossimilhança indicam que a dependência espacial aumenta a qualidade do ajuste. A estatística *Akaike Information Criterion* (AIC) e *Bayesian Information Criterion* (BIC) sugerem que o melhor modelo seria o SDM no caso da irrigação localizada e o SDEM no caso da irrigação por aspersão. O Apêndice H mostra a robustez pelos critérios de informação, da seleção desses modelos a diferentes regimes espaciais (matrizes de ponderação espacial). No Apêndice I são apresentadas as estimações para todas as variáveis (de análise e de controle) em cada modelo espacial.

Tabela 5. Estimativas dos coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial. Com variáveis de controle. SP – Brasil.

Variáveis Independentes	SAR		SEM		SAC		SDM		SLX		SDM	
	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada
WI	0.113 (0.073)	0.434*** (0.041)			-0.099 (0.185)	0.547*** (0.088)	0.112 (0.074)	0.424*** (0.042)				
W (Resíduos)			0.189* (0.077)	0.513*** (0.052)	0.281+ (0.161)	-0.235 (0.176)					0.180* (0.075)	0.499*** (0.054)
W (Associação)							-0.080* (0.035)	0.068* (0.032)	-0.081* (0.036)	0.103** (0.034)	-0.081* (0.037)	0.067+ (0.040)
Oferta hídrica	0.115** (0.035)	-0.009 (0.030)	0.115** (0.036)	-0.006 (0.030)	0.114** (0.035)	-0.006 (0.030)	0.111** (0.034)	-0.006 (0.030)	0.112** (0.035)	0.012 (0.033)	0.112** (0.035)	-0.005 (0.030)
Índice Aridez - Estação seca	-0.026 (0.054)	-0.002 (0.043)	-0.036 (0.060)	-0.028 (0.059)	-0.043 (0.068)	-0.003 (0.038)	-0.036 (0.052)	0.006 (0.043)	-0.035 (0.054)	-0.002 (0.048)	-0.045 (0.058)	-0.021 (0.059)
Índice Aridez - Estação chuvosa	-0.030 (0.050)	0.126* (0.052)	-0.023 (0.057)	0.160* (0.080)	-0.020 (0.062)	0.114* (0.045)	-0.015 (0.049)	0.115* (0.051)	-0.018 (0.049)	0.180** (0.055)	-0.010 (0.055)	0.153+ (0.078)
Wald [rho] ϕ	2.38	111.04***			0.29	38.99***	2.3	104.18***				
Wald [lambda] ϕ			5.94*	97.37***	3.04+	1.78					5.75*	85.03***
Wald [Wx] π							5.10*	4.36*	4.94*	9.30*	4.68*	2.73+
AIC	-5390.4	-5451.4	-5398.1	-5431.5	-5397.5	-5454.3	-5400.7	-5458.9	-5395.8	-5292.5	-5407.5	-5435.4
BIC	-5122.0	-5183.0	-5129.7	-5163.0	-5123.9	-5180.6	-5127.1	-5185.3	-5132.5	-5029.2	-5133.8	-5161.8
LR	9.05**	179.57***	16.71***	159.63***	18.12***	184.40 ***	21.29***	189.06***	12.41***	18.62***	28.06***	165.55***
R ² - Within	0.393	0.595	0.394	0.556	0.393	0.604	0.399	0.602	0.402	0.589	0.400	0.564
R ² - Between	0.491	0.00348	0.495	0.00537	0.490	0.0035	0.469	0.000961	0.468	0.000579	0.473	0.00324
R ² - Overall	0.477	0.0535	0.479	0.0673	0.474	0.0449	0.460	0.0670	0.459	0.0819	0.463	0.0770

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM e INMET

As estimativas sugerem a presença de efeitos de pares endógenos no uso de irrigação localizada, já que a defasagem espacial do uso de irrigação localizada (WI_{it}) foi significativa a 0.1% nos modelos SAR, SAC e SDM. As estimativas mostram-se ainda robustas às diferentes especificações, variando entre 0.424 (SDM) e 0.547 (SAC). No caso da irrigação por aspersão, a defasagem espacial do uso de irrigação não foi significativa a 10%. Em outras palavras, a difusão tecnológica ocorreria apenas no caso da irrigação localizada.

A existência de efeitos de pares exógenos foi testada incluindo defasagens espaciais para diversas características de controle, conforme a teoria de *Peer Effects* na agricultura (KRISHNAN; PATNAM, 2014; SAMPSON; PERRY, 2018; TSUSAKA et al., 2015). A defasagem espacial para a proporção de estabelecimentos membros de cooperativa ou associação de produtores foi a única significativa nos modelos SDM, SLX e SDEM. As estimativas indicam que o nível de associação¹⁶ dos agricultores da vizinhança ($W\mathbf{x}'_{it}$) possuem efeitos negativos na difusão de irrigação por aspersão e positivos na difusão de irrigação localizada. O grau de associativismo é uma proxy para o acesso à informação e os resultados podem sugerir que o conhecimento levaria a difusão de tecnologias de irrigação mais sustentáveis.

Finalmente, as estimativas para os efeitos de pares correlatos não se mostraram robustas às diferentes especificações dos modelos. As estimativas para a defasagem espacial dos erros são significativas nos modelos SEM e SDEM. Mas as estimativas deixam de ser significativas a 5% no modelo SAC, ou seja, quando adicionamos o controle para o efeito dos pares endógenos (WI_{it}). Há apenas evidências moderadas de existência de efeitos de pares correlatos no caso da irrigação por aspersão, em que as estimativas são significativas a 10% nas três especificações (SEM, SAC e SDEM).

¹⁶ Participação dos agricultores em cooperativas, sindicatos, movimento de produtores etc

2.4.3. Decomposição e robustez do efeito de pares

Nós decompomos as estimativas dos efeitos espaciais diretos, indiretos e totais para o modelo SDM com base na estratégia proposta por LeSage and Pace (2009). A decomposição dos efeitos foi realizada apenas para a irrigação localizada, já que conforme Anselin e Le Gallo (2006) foi a única que apresentou efeito de pares endógenos, que representam a estrutura de dependência e interação espacial entre municípios. A Tabela 6 apresenta os resultados da decomposição para as variáveis explicativas de interesse principal deste trabalho: indicadores climáticos e acesso a fonte de água. Para analisar a robustez das estimativas, nós comparamos os resultados obtidos utilizando a matriz distância inversa com cinco vizinhos com os resultados obtidos utilizando a matriz contiguidade tipo torre (Tabela 6). As estimativas do modelo SDEM para aspersão são apresentadas, com o intuito de corroborar sua robustez a diferentes regimes espaciais. Os resultados com as estimações completas para todas as variáveis (de análise e de controle) são apresentados no Apêndice J.

Tabela 6. Decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos. Com variáveis de controle. SP – Brasil.

		Resultados Principais [⌘]					Robustez ^φ			
Variáveis Independentes	Aspersão	Localizada				Aspersão	Localizada			
	SDEM	SDM	Efeitos SDM			SDEM	SDM	Efeitos SDM		
			Direto	Indireto	Total			Direto	Indireto	Total
WI		0.424*** (0.042)					0.475*** (0.039)			
W (Resíduos)	0.180* (0.075)					0.153+ (0.083)				
W (Associação)	-0.081* (0.037)	0.068* (0.032)				-0.086* (0.035)	0.070* (0.032)			
Oferta hídrica	0.112** (0.035)	-0.006 (0.030)	-0.003 (0.030)	-0.001 (0.021)	-0.004 (0.051)	0.110** (0.035)	-0.006 (0.030)	-0.003 (0.031)	-0.002 (0.026)	-0.005 (0.056)
Índice Aridez - Estação seca	-0.045 (0.058)	0.006 (0.043)	0.008 (0.046)	0.006 (0.032)	0.014 (0.077)	-0.048 (0.059)	0.009 (0.044)	0.011 (0.047)	0.010 (0.040)	0.021 (0.086)
Índice Aridez - Estação chuvosa	-0.010 (0.055)	0.115* (0.051)	0.117* (0.052)	0.079* (0.037)	0.196* (0.088)	-0.003 (0.056)	0.101* (0.051)	0.103+ (0.053)	0.084+ (0.044)	0.187+ (0.095)

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

⌘ Matriz de ponderação espacial de distância inversa com 5 vizinhos

φ Matriz de ponderação espacial de contiguidade - Torre

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA 2006/2017

Os resultados para aspersão sugerem que fatores espaciais comuns não-observáveis, ou de difícil mensuração nos municípios vizinhos, afetam positivamente o uso da tecnologia. De forma contrária, um incremento de 1 ponto percentual (p.p) no nível de associatividade nos municípios vizinhos resultaria em um transbordamento espacial negativo entre 0.080 p.p e 0.084 p.p; aumento de 1 p.p no acesso a recursos hídricos aumentaria em média 0.11 p.p a adoção da aspersão.

As defasagens espaciais para irrigação localizada sugerem que, *ceteris paribus*, se a vizinhança municipal aumenta o uso dessa tecnologia em 1 p.p, o município em consideração incrementaria sua adoção entre 0.42 p.p e 0.48 p.p. Além disso, se o nível de associação nos municípios vizinhos cresce em 1%, a adoção da localizada aumentaria entre 0.06 p.p e 0.07 p.p. Esse resultado corrobora a relevância e necessidade dessa característica da vizinhança para uma adequada modelagem do processo de adoção tecnológica de irrigação agrícola.

O indicador de condições climáticas somente foi estatisticamente significativo para a irrigação localizada na estação chuvosa. A decomposição espacial mostra que os efeitos diretos são maiores que os indiretos, representando cerca de 60% do impacto total na estação chuvosa. Isto indica que, alterações locais desse indicador têm impactos maiores na adoção de irrigação localizada, do que variações da mesma variável nos municípios vizinhos. Se o indicador climático aumenta-se em 1% na estação chuvosa, os efeitos diretos incrementariam a adoção de irrigação localizada entre 0.10 p.p e 0.12 p.p, enquanto que os indiretos entre 0.079 p.p e 0.084 p.p.

Os efeitos totais indicam que o incremento de 1% no indicador climático na estação chuvosa, aumentaria o uso de tecnologia localizada entre 0.187 p.p e 0.196 p.p. Esses efeitos são maiores do que as estimativas do modelo SDM (0.10 p.p - 0.12 p.p), que é uma medida do impacto cumulativo das alterações em todos os municípios incorporados na matriz de vizinhança.

2.5 Discussão

Os resultados destacam a importância dos efeitos de pares na difusão de tecnologias de irrigação, as quais são as principais estratégias de adaptação a mudanças climáticas na agricultura no SP. Esses efeitos ocorrem através de três canais principais: efeitos endógenos, exógenos e correlatos. No caso da irrigação localizada, que é a principal estratégia de uso eficiente de água, os efeitos endógenos refletiriam *spillover* tecnológicos, ou seja, um maior uso por parte dos municípios vizinhos induz uma adoção mais rápida, o que indicaria a importância das interações proporcionadas pela proximidade geográfica (RICHARDS, 2018). Essas interações poderiam favorecer a existência de externalidades de aprendizado e de influência mútua, oriundas de experiências agrícolas entre municípios que seriam mais propensos a imitar o historial de sucesso dos seus vizinhos, já que exibiriam padrões de tomada de decisão interdependentes (BARDHAN; UDRY, 1999). Esse resultado aponta que mecanismos informais de transmissão ou auto propagação de informações, baseados nas relações de vizinhança são tão importantes quanto outros elementos de caráter socioeconômico e ambiental, para explicar a adoção de irrigação localizada (BATAGELJ et al., 2014). Resultados semelhantes para difusão de tecnologias de uso sustentável de água foram encontrados por Genius et al. (2014) e Sampson e Perry (2019).

Por outro lado, não foi encontrada evidência significativa da ocorrência de efeitos de pares endógenos na irrigação por aspersão. Em primeiro lugar, esse resultado refletiria o fato de essa tecnologia já estar chegando ao final do ciclo de difusão e, portanto, os produtores teriam informações mais confiáveis sobre sua implementação, não necessitando do aprendizado adquirido pelos pares (WRIGHT et al., 2013). Em segundo lugar, os resultados podem refletir o fato da tecnologia de aspersão ser ineficiente no aproveitamento da água, o que geraria conflitos socioambientais entre usuários de uma mesma bacia hidrográfica (NEWMAN, 2019): um município não poderia replicar a experiência dos municípios vizinhos por restrição de escassez no uso comum da água. Esse cenário de conflito poderia ser potencializado em situações de estresse hídrico resultantes, por exemplo, do crescimento urbano e/ou alterações climáticas, como aumento da temperatura e/ou redução da precipitação (ASHOFTEH; BOZORG-HADDAD; LOÁICIGA, 2017).

O segundo canal de difusão seria através dos efeitos dos pares exógenos: transbordamento de características socioeconômicas que influenciam a difusão da irrigação. No caso da irrigação, a difusão ocorreria principalmente através do grau de associativismo dos produtores na vizinhança. A ideia é que o associativismo significaria agricultores mais inseridos em redes sociais, as quais facilitariam a transmissão de informações e acúmulo de conhecimentos, reduzindo a incerteza na adoção de uma nova tecnologia (GENIUS et al., 2014). Isso estaria gerando uma variedade de externalidades e efeitos multiplicadores sociais, favorecendo a adoção de sistemas de irrigação mais sustentáveis (irrigação localizada) e desestimulando a difusão de sistemas intensivos no uso da água (irrigação por aspersão) (MAERTENS; BARRETT, 2013).

O terceiro canal seria através dos efeitos de pares correlatos, os quais foram confirmados apenas no caso da irrigação por aspersão. Esses efeitos sugerem a existência de fatores não-observáveis de difícil mensuração que não são distribuídos aleatoriamente no espaço, mas que estariam influenciando as decisões de uso dessa tecnologia (TSUSAKA et al., 2015). Entre esses fatores, podemos citar hábitos ou preferências culturais, mas também uma gestão eficiente dos recursos hídricos na vizinhança, que geraria externalidades positivas na oferta hídrica do município, viabilizando o uso de sistemas de irrigação que sejam intensivos no uso da água. Assim, um choque ocorrido em um município transbordaria não só para os vizinhos, mas também para os outros municípios (efeitos de alcance global). Esta situação geraria ganhos de aglomeração em fatores não-modelados, os quais contribuiriam para explicar a adoção de aspersão (TSUSAKA et al., 2015).

Os resultados também confirmam que a oferta hídrica e as condições climáticas são importantes condicionantes da difusão de irrigação (BROUWER et al., 2001). Um resultado importante é o fato de a difusão de irrigação localizada não depender do acesso a fontes perenes de água como a irrigação por aspersão, permitindo que essa tecnologia se difunda de maneira mais equitativa e sem conflitos pelo acesso à água. De fato, a difusão da irrigação localizada se mostrou positivamente associada à variação do clima no verão: a redução da oferta hídrica estimularia a difusão de tecnologias mais eficientes no aproveitamento da água.

Por outro lado, nós não encontramos relações significativas entre a difusão de irrigação e as condições climáticas no inverno. Esse resultado poderia estar associado à

escolha das culturas agrícolas ou tempo de cultivo. Segundo Mendelsohn (2008), além da irrigação, os produtores podem se adaptar às variações climáticas mudando para culturas mais resistentes ou alterando deliberadamente o tempo de cultivo para a estação seguinte. No SP a decisão de cultivo ocorre principalmente no inverno e, como resultado de invernos mais secos, a opção por cultivos que demandem menos irrigação pode ser mais atrativa. Na estação de crescimento das plantas (verão no SP), os produtores têm menos chances de fazer ajustes à variabilidade e desdobramentos do clima e, portanto, a irrigação seria a adaptação necessária a variações climáticas. Nessa fase, condições adequadas de água são mais necessárias para o adequado desenvolvimento das plântulas, mas se a temperatura é excedida, afetaria a umidade no solo e o crescimento das plantas (NEGRI; GOLLEHON; AILLERY, 2005).

Finalmente, a decomposição dos efeitos espaciais mostra que a influência das condições climáticas não se manifesta somente através de efeitos diretos no próprio município, mas também a partir dos efeitos indiretos de transbordamento espacial (LESAGE, 2008). Os resultados indicam que a difusão de irrigação localizada em um município seria influenciada pelas condições climáticas nos municípios vizinhos no verão. Esse efeito indireto seria resultado da existência de efeito de pares endógenos ou *spillover* na difusão dessa tecnologia, o qual além de representar a estrutura de dependência espacial, também é o canal pelo qual acontece o multiplicador espacial, que reflete a simultaneidade da interação.

2.6 Considerações finais segundo capítulo

A compreensão dos determinantes da difusão de tecnologias sustentáveis de irrigação é o primeiro passo para propor políticas de adaptação às variações climáticas e mitigação de mudanças no ciclo hidrológico. Nesse sentido, a avaliação das inter-relações entre *Peer Effects* e condições climáticas na difusão de irrigação nos municípios do SP seria fundamental para auxiliar nas estratégias de desenvolvimento rural sustentável. Nossas análises consideraram as tecnologias de aspersão e localizada, em razão de sua importância no SP. Técnicas AEDE foram implementadas para analisar a dinâmica temporal da autocorrelação espacial na escolha tecnológica. Os resultados econométricos são robustos a diferentes especificações que incorporam a dependência espacial, e controlam pela heterogeneidade individual das unidades de análise.

Nesse contexto, o efeito *spillover* encontrado na irrigação localizada indicaria um efeito “benéfico” através da influência de pares, na difusão de tecnologias mais sustentáveis no uso do recurso hídrico na agricultura do SP. Para a irrigação por aspersão, não foram encontrados esses efeitos, o que poderia ser explicado pelo possível esgotamento do ciclo de difusão da tecnologia; mas também, pelos conflitos socioambientais que ela poderia gerar por ser altamente consumidora de água.

Outro resultado importante da análise é o efeito potencializador que o associativismo possui na difusão de tecnologia. As associações de produtores agrícolas na vizinhança facilitariam a difusão de práticas mais eficientes no uso de água (efeito de pares exógeno). Já fatores comuns não-observáveis de difícil mensuração, seriam determinantes importantes do uso de irrigação por aspersão (efeito de pares correlato), o que poderia estar associado à gestão de recursos hídricos na vizinhança. Uma boa gestão garantiria a oferta hídrica na vizinhança e, indiretamente, beneficiaria a adoção da irrigação por aspersão, já que evitaria problemas associados a situações de escassez relativa de água.

O caráter sustentável no uso do recurso hídrico da tecnologia de irrigação localizada foi corroborado. Os produtores agrícolas escolheriam essa tecnologia na estação chuvosa, como estratégia adaptativa para enfrentar desafios climáticos. No entanto, os efeitos das condições climáticas na adoção de práticas mais sustentáveis, se manifestariam também através da interdependência geográfica entre municípios mais próximos entre si. Isso potencializaria o impacto de variações climáticas na agricultura, especialmente em cenários adversos de variabilidade temporal e espacial da disponibilidade de oferta hídrica.

Apesar da robustez dos resultados, a principal limitação da abordagem é a unidade de agregação e análise, município. Assim, não é possível considerar as decisões e interações individuais espaciais em nível de estabelecimento agrícola. Todavia, esta fragilidade sugere que futuros trabalhos levem em consideração a estimação de efeitos de pares desagregado para lavouras temporárias e permanentes, além da incorporação de um indicador de eventos climáticos extremos.

CAPITULO 3: EFEITO DE PARES, VARIABILIDADE CLIMÁTICA E CONSERVACIONISMO NA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÂNEOS.

3.1 Introdução

Os recursos hídricos subterrâneos¹⁷ são o principal reservatório de água doce atuando no ciclo hidrológico, e representam cerca de 29% da água existente para consumo (MARGAT; GUN, 2013). Entre os recursos de uso comum se destacam como um dos mais importantes, já que segundo Famiglietti (2014) estima-se que 33% da água usada no mundo tenha sua origem em reservatórios subterrâneos. Desse modo, estes recursos fornecem água para o consumo humano, agricultura, indústria e muitos ecossistemas dependem deles especialmente durante os períodos de seca (KLØVE et al., 2014). Nas últimas décadas, o uso crescente de água subterrânea para diferentes finalidades (especialmente irrigação agrícola) resultou na redução dos reservatórios em grandes partes do mundo e, portanto, o esgotamento regional dos recursos hídricos do subsolo tem se tornado um problema de escala global (WADA et al., 2010).

O esgotamento da água subterrânea incorpora aspectos estratégicos e comportamentais da tomada de decisões dos indivíduos, para explicar a dinâmica de uso e apropriação excessiva, a qual estaria associada à tragédia dos comuns: a exploração intensiva de um recurso que em teoria é considerado de propriedade comum, mas que na prática é apropriado por poucos indivíduos agindo em interesse próprio (HARDIN, 1968). As interações entre indivíduos geograficamente mais próximos entre si têm sido apontadas como determinante chave da exploração de água do subsolo (SAMPSON; PERRY, 2018). Esse padrão é entendido como um processo de comunicação e imitação, que acontece dentro de certa expressão espacial, onde os indivíduos aprenderiam a partir da escolha de seus vizinhos, ou seja, da influência dos seus pares (*peer effects*).

Outro fator determinante do esgotamento dos reservatórios do subsolo poderia ser as variações do clima. No entanto, pouco se sabe ainda sobre como os reservatórios

¹⁷ Água abaixo da superfície da terra, resultante da infiltração da água da chuva, do gelo derretido ou da neve no solo, sendo armazenada em rochas porosas (EPA, 2020; FAMIGLIETTI, 2014). Pode ser acumulada em diversos tipos de reservatórios, tais como lençóis freáticos e aquíferos (EPA, 2020).

subterrâneos respondem às variações climáticas, apesar delas ter o potencial de afetar os processos hidrogeológicos dos aquíferos (GREEN et al., 2011). Isso é preocupante devido a que a dependência mundial das águas subterrâneas para a segurança hídrica e alimentar, tende a aumentar à medida que extremos climáticos mais frequentes e intensos incrementam a variabilidade na precipitação, e nas águas superficiais (TREIDEL; MARTIN-BOORDES; GURDAK, 2012). Para Haldorsen et al. (2011) o efeito da variabilidade das temperaturas do ar, e dos rios pode influenciar as temperaturas dos aquíferos, e suas concentrações de oxigênio dissolvido, o que prejudicaria a qualidade da água.

A conservação do solo e a cobertura vegetal poderiam ser fatores mitigadores, da resposta dos reservatórios subterrâneos à variabilidade climática (KLØVE et al., 2014). O uso de práticas agrícolas conservacionistas permitiria uma melhor infiltração de água no solo e, portanto, favoreceria o reabastecimento do lençol freático, e a qualidade da água subterrânea devido à redução dos níveis de contaminação por agroquímicos (KASSAM; FRIEDRICH; DERPSCH, 2019). Por sua vez, a cobertura vegetal nativa teria efeitos significativos em processos hidrológicos como a evapotranspiração, umidade do solo e recarga de sistemas de água superficial e subterrâneo; já que favoreceriam a estabilidade e regulação de fluxos sazonais, assim como a redução da erosão do solo por causa do escoamento das águas pluviais (WARZINIACK et al., 2017).

Nesse contexto, este trabalho pretende responder duas questões principais relacionadas com a exploração de recursos hídricos subterrâneos. A primeira refere-se aos efeitos dos pares na difusão de poços subterrâneos, e como esses efeitos se diferenciam dependendo da profundidade do poço adotado. A segunda questão refere-se à influência das variações climáticas, do uso de práticas conservacionistas e da preservação de floresta nativa na adoção desses tipos de poços, seja a partir de efeitos diretos (onde ocorrem os eventos) e indiretos (transbordamentos espaciais de eventos que ocorrem em localidades próximas). Para abordar esses quesitos foram levantadas as seguintes hipóteses: *i.* A extração de água subterrânea apresentaria um efeito *spillover* ou de transbordamento que incrementaria a pressão pela exploração desse recurso, o que poderia afetar a sustentabilidade da oferta hídrica; *ii.* A variabilidade climática aumentaria a pressão pela extração de recursos hídricos de elevada profundidade; *iii.* Práticas de conservação do solo e preservação de áreas de floresta nativa favorecem a resiliência à variabilidade climática, diminuindo assim a necessidade de extração de água do subsolo.

Para discutir essas questões, o trabalho analisa o uso de água subterrânea pelo setor agropecuário do estado de São Paulo (SP) – Brasil. Segundo dados NASA/JPL-Caltech (2020), o Brasil abriga 3 dos principais aquíferos mapeados no mundo: Bacia Amazônica, Bacia do Maranhão e Sistema Aquífero Guarani. Além disso, o SP é o segundo estado que mais utiliza águas subterrâneas no Brasil (HIRATA et al., 2019); e apesar de estar localizado em uma região de clima tropical e úmido, com oferta abundante de água superficial, o SP já enfrentou uma séria crise hídrica em 2014 (CÔRTEZ et al., 2015). Os aquíferos do SP estão compreendidos principalmente por dois domínios hidrogeológicos: o domínio Sedimentar (rochas sedimentares) que se estende por 61% do território paulista; e o domínio Cristalino (rochas cristalinas magmáticas) ocupa 39% dos 248.209 km² do SP (DAEE; UNESP, 2013). Destacam-se as unidades aquíferas Bauru e Guarani no domínio sedimentar: o primeiro, por sua expressiva distribuição territorial de quase 107.000 km² na porção oeste do estado; e o segundo pelas suas vazões elevadas e condições de artesianismo em 90% de sua área (DAEE; UNESP, 2013).

Além da introdução, o trabalho está dividido em cinco seções. A segunda apresenta uma revisão da literatura relacionada com a temática de pesquisa. A terceira seção apresenta a fonte de dados, as variáveis de análise e os diferentes métodos de estimação empregados na análise. Os resultados são apresentados na quarta seção, e na quinta é realizada uma discussão sobre as evidências encontradas. Na última seção são apresentadas as considerações finais, assim como as limitações do estudo e as perspectivas para estudos futuros.

3.2 Revisão da literatura

3.2.1 Efeitos dos pares e recursos hídricos subterrâneos

A literatura econômica referente à exploração de recursos hídricos subterrâneos tem se focado na análise do desenvolvimento de mercados de água abordando aspectos como: determinantes de preços, estrutura de mercados, estratégias de negociação e mecanismos de governança (KHAIR et al., 2019). Especial atenção tem sido dada a variáveis relacionadas com as características socioeconômicas dos agricultores, ao tipo de atividade econômica e de oferta hídrica (LI; ZHAO, 2018), as características dos estabelecimentos agrícolas e tecnologias de produção (SINGH; PARK, 2018), propriedade da terra, associatividade e serviços de extensão (MEKONNEN; SIDDIQI; RINGLER, 2016).

Não obstante, uma recente linha de pesquisa que ganha cada vez mais força na análise de recursos hídricos subterrâneos é o *Peer Effects* ou efeito de pares analisado espacialmente (SAMPSON; PERRY, 2018). Apesar de que o papel da influência dos pares na extração de recursos naturais, através da gestão cooperativa e de instituições de governança informal tem sido amplamente abordado; existe uma ausência de estudos empíricos sobre a relação entre os efeitos de pares e as decisões individuais para se apropriar dos recursos naturais (OSTROM, 2015).

A principal questão identificada pela literatura especializada no assunto, é que o efeito de pares no agrupamento de resultados em um nível espacial, poderia se manifestar através de três tipos de canais (TSUSAKA et al., 2015). O primeiro é o efeito endógeno, que abrange interações em que o comportamento de um indivíduo é impactado causalmente pelo comportamento de outros indivíduos dentro de um grupo social de referência (RICHARDS, 2018). Os efeitos exógenos ou contextuais são o segundo tipo, os quais são características que por serem comumente compartilhadas por indivíduos geograficamente próximos (tipo de solo, hidrologia ou clima, por exemplo), geram comportamentos parecidos (IOANNIDES; TOPA, 2010). O terceiro tipo é o efeito de pares correlatos, no qual os indivíduos dentro de um mesmo ambiente social ou geográfico atuam de maneira semelhante porque compartilham fatores comuns não observáveis, ou encaram contextos institucionais de difícil mensuração (TSUSAKA et al., 2015).

A identificação empírica deste tipo de efeito, entretanto, é um difícil exercício (ANGRIST, 2014). Um dos principais obstáculos a essa estimativa é o problema de reflexão, conforme destacado por Manski (1993), devido ao caráter endógeno das relações sociais. Nessa perspectiva, não é possível distinguir se a decisão comportamental de um indivíduo é causada pelo comportamento de um grupo de referência ou se o comportamento de um grupo é representado pela soma das ações individuais de seus membros (BRAMOULLÉ; DJEBBARI; FORTIN, 2009). Só seria possível distinguir essas formas de interação, com acesso a informações prévias sobre a composição do grupo de referência, ou mediante um método de estimação que aborde adequadamente, a endogeneidade causada pela simultaneidade das inter-relações entre os indivíduos (GOLDSMITH-PINKHAM; IMBENS, 2013).

Sampson e Perry (2018, 2019) destacam que a análise de *Peer Effects* na extração de recursos hídricos subterrâneos tem especial ênfase nos efeitos de pares endógenos, já que a transmissão de informações entre produtores agrícolas geraria um efeito *spillover* ou de externalidade de conhecimento, que favoreceria a difusão e adoção de poços de bombeamento. Nesse contexto, ao analisar através de modelos logísticos em painel um aquífero em Kansas – Estados Unidos, Sampson e Perry (2018) encontraram forte evidência de efeito de pares endógenos, que estariam influenciando as decisões dos agricultores de extraer água do lençol freático. Também descobriram que na média, esse efeito de pares é reduzido pela distância geográfica, à medida que aumenta o número total de vizinhos que adotam o uso de águas subterrâneas.

Por sua vez, Koch e Nax (2017) através de uma análise teórica e empírica de jogos abordam diversas formas de comportamento estratégico, que determinam o uso de água subterrânea para irrigação agrícola no aquífero *High Plains* na América do Norte. O modelo estocástico de teoria de jogos prevê o uso excessivo desse recurso hídrico, o que levaria segundo os autores a uma inevitável tragédia dos comuns (HARDIN, 1968). Porém, os resultados empíricos sugerem que os indivíduos atuariam em resposta ao comportamento dos seus vizinhos, e essa conduta individual na tomada de decisões estaria associada à incerteza em relação à resposta da vizinhança.

3.2.2 Variabilidade climática, práticas conservacionistas e cobertura florestal

A relação entre a variabilidade do clima e as águas subterrâneas tem sido pouco abordada, já que a análise tem privilegiado mais os efeitos sobre a oferta hídrica superficial (GREEN et al., 2011). Segundo Kløve et al. (2014), a resposta à variabilidade climática apresenta características dinâmicas e depende do tamanho e dos fluxos de recarga dos aquíferos. A recarga estaria em função da distribuição e quantidade da precipitação, das perdas por evapotranspiração, do tipo de cobertura do solo e do nível do lençol freático (SCIBEK et al., 2007). Ludwig e Moench (2009) argumentam que variações fortes do clima afetariam as taxas de recarga e, por sua vez, a quantidade e profundidade dos reservatórios. Essas variações também aumentariam a captação de reservatórios com baixa recarga, o que diminuiria significativamente os níveis de água subterrânea (TREIDEL; MARTIN-BOORDES; GURDAK, 2012).

As propriedades dos aquíferos também são relevantes. Sistemas não confinados¹⁸, pequenos e rasos são mais sensíveis e respondem de forma rápida às mudanças climáticas, já que são mais propensos a ter água subterrânea renovável; enquanto que reservatórios maiores e confinados¹⁹ mostrariam uma resposta mais lenta devido a uma maior proporção de águas subterrâneas não renováveis²⁰ (LEE; LAWRENCE; PRICE, 2006). Nesse contexto, para Wada et al. (2012) os recursos hídricos subterrâneos não renováveis seriam mais vulneráveis, em razão dos efeitos do aumento da extração para atender as necessidades atuais de consumo, e da demanda futura de água em um contexto de variabilidade climática.

Essa variabilidade poderiam também transformar a interação entre os aquíferos e a oferta hídrica superficial, já que o armazenamento de água subterrânea atua como um moderador ou *feedback* da resposta das águas superficiais frente a variações climáticas (HANSON et al., 2012). Nesse sentido, Haldorsen et al. (2011) argumentam que o efeito da mudança climática nas temperaturas do ar e dos rios pode influenciar as temperaturas da água

¹⁸ São aquíferos formados por rochas permeáveis que estão apenas parcialmente saturadas de água, com uma base limitada por rochas impermeáveis ou semipermeáveis e um topo próximo à superfície.

¹⁹ É um aquífero completamente saturado de água, cujo limite superior (teto) e inferior (piso) são estratos impermeáveis. A pressão da água é geralmente maior do que na superfície.

²⁰ Quando os reservatórios são profundos, a água subterrânea tem sido chamada de água fóssil, ou seja, não-renovável em razão da escala temporal necessária para a recarga destes reservatórios (MARGAT; GUN, 2013).

subterrânea e suas concentrações de oxigênio dissolvido. Isso poderia ter implicações sobre a qualidade dos reservatórios do subsolo, uma vez que as alterações no nível de oxigênio afetariam diretamente importantes processos biogeoquímicos como o ciclo do nitrogênio e do carbono. A afetação na qualidade da água decorrente de mudanças climáticas pode ser um fator limitante para consumo humano ou irrigação agrícola, mas também para a sustentabilidade no longo prazo dos recursos hídricos subterrâneos (GURDAK; MCMAHON; BRUCE, 2011).

Por outro lado, a relação entre as práticas agrícolas conservacionistas e os recursos hídricos subterrâneos tem sido escassamente analisada pela literatura especializada. Porém, devido aos possíveis efeitos no esgotamento dos aquíferos pelo crescimento progressivo no uso da água subterrânea para irrigação; tem-se motivado a discussão sobre a sustentabilidade dos recursos hídricos subterrâneos com foco em planos de gestão agrícola (WADA et al., 2010). Nesse sentido, a agricultura conservacionista ofereceria uma alternativa para otimizar o uso dos recursos naturais através da gestão integrada do solo, dos recursos hídricos e dos serviços ecossistêmicos (KASSAM; FRIEDRICH; DERPSCH, 2019). Conforme Zhang e Schilling (2006) as práticas agrícolas de conservação do solo alterariam o consumo de água, já que permitiriam uma maior eficiência no uso do recurso hídrico ao diminuir perdas por evapotranspiração e escoamento, portanto, teriam impactos potenciais nos fluxos de recarga dos reservatórios subterrâneos.

Dakhlalla et al. (2016) simularam a recarga de água subterrânea em diferentes cenários com vários tipos de práticas de conservação do solo, e encontraram que o uso desse tipo de práticas afetava a quantidade de recarga dos aquíferos em vários níveis, ao diminuir o fluxo de extração e favorecer a infiltração da água no solo. Ni et al. (2020) combinaram várias simulações de práticas agrícolas conservacionistas desde uma perspectiva ambiental, e observaram que elas estariam associadas a melhoras na recuperação do nível do lençol freático; uma vez que permitiriam um uso mais eficiente da água para irrigação e, portanto, mitigariam o esgotamento das águas subterrâneas devido a um menor uso das mesmas. No entanto, Klocke et al. (1999) analisaram o volume de drenagem de água em plantações de milho e soja em Nebraska – Estados Unidos, e encontraram que não houve diferença estatisticamente significativa entre usar ou não práticas conservacionistas.

De outra parte, um componente importante de serviços ecossistêmicos (SE) são as florestas naturais, as quais oferecem serviços de regulação²¹ como absorção de CO², controle do clima, funcionamento e qualidade dos fluxos de água, controle de enchentes e erosão, entre outros (DE GROOT; WILSON; BOUMANS, 2002). A associação entre cobertura florestal e água subterrânea ainda é pouco compreendida pela literatura especializada no assunto. Segundo Neary et al. (2009) as florestas reduzem o escoamento das águas pluviais evitando a erosão hídrica do solo; e a densa rede de raízes da floresta atua como um filtro, que diminui os níveis de poluentes que, de outra forma contaminariam os sistemas de lençóis freáticos. Warziniack et al. (2017) argumentam que sob qualquer circunstância hidrológica e ecológica, a floresta nativa é a melhor cobertura do solo para regular fluxos sazonais e garantir alta qualidade na água subterrânea.

Através de simulações Krishnaswamy et al. (2013) analisaram a relação entre os serviços ecossistêmicos de floresta úmida tropical e a resposta de recarga de água subterrânea. Os autores encontraram que independentemente do balanço hídrico²², a capacidade de recarga dos aquíferos é positivamente influenciada pelas áreas de floresta natural. Paul (2006) analisa a recarga de aquíferos no oeste da província de Jilin na China, e observou que as áreas de vegetação florestal apresentavam a maior recarga, enquanto que a maior deterioração do lençol freático foi registrada, quando as florestas perdiam para outras formas de cobertura como pastagem ou terra nua. De forma contrária, Brauman et al. (2012) ao analisar os fluxos médios de aquíferos no Havaí encontraram que a recarga de água subterrânea em relação à precipitação era menor em florestas naturais, já que elas teriam uma maior interceptação direta da chuva que favoreceria a produção de água superficial. Zhang and Hiscock (2010) estudaram um aquífero no Reino Unido, e evidenciaram também uma redução na recarga associada a uma maior cobertura florestal, a qual seria mais acentuada no inverno do que no verão. Para os autores, a magnitude da diminuição das águas subterrâneas depende do tipo de floresta ou vegetação, das características do solo e das condições climáticas.

²¹ Os serviços reguladores são os benefícios obtidos a partir de processos naturais voltados a manutenção das condições ambientais essenciais (DE GROOT et al., 2010).

²² É o resultado da quantidade de água que entra e sai de certa porção do solo em um determinado intervalo de tempo (DE GIROLAMO et al., 2017).

3.3 Material e métodos

3.3.1 Fonte de dados e variáveis dependentes

As análises utilizam um painel de dados com informações da totalidade dos 645 municípios do SP em dois períodos: 2006 e 2017. A principal fonte de informações é o Censo Nacional Agropecuário (CNA), realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O CNA entrevistou 227.622 estabelecimentos no ESP em 2006 e 188.643 em 2017. Também utilizamos dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM) do IBGE, do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e do MapBiomas (2020), o qual é uma rede de especialistas em biomas, usos de terra, sensoriamento remoto, Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e ciências da computação; para gerar uma série histórica de mapas anuais de cobertura e uso da terra no Brasil.

A partir dos dados do CNA foram calculadas duas variáveis dependentes: a proporção de estabelecimentos agropecuários no município com poços convencionais ou comuns; e a proporção de estabelecimentos com poços tubulares ou artesianos. Os poços convencionais ou comuns têm uma profundidade máxima de 40 metros (IBGE, 2009), chegando ao início do lençol freático que é a primeira reserva de água mais próxima da superfície e, por conseguinte é mais susceptível de contaminação de fatores químicos e biológicos, e dos efeitos da variabilidade climática (COSTA; ROZZA, 2015). Os poços tubulares ou artesianos captam água das reservas mais profundas (aquíferos) e podem ser jorrantes ou utilizar sistemas de bombeamento para extração da água; sua profundidade pode variar de 50 a 2000 metros e, portanto, não precisariam de filtros para reter as impurezas (GABER, 2005). Entre 2006 e 2017 o percentual médio municipal de estabelecimentos agropecuários que tinham poços comuns passou de 34.6% a 24.4% (Tabela 1). Por sua vez, o percentual médio de estabelecimentos que tinham poços tubulares nos municípios do SP passou de 21.9% a 41.1%.

Tabela 6. Estatísticas descritivas. Proporção municipal de estabelecimentos agrícolas. SP – Brasil.

Variáveis	Fonte	2006		2017	
		Média	Desvio Padrão	Média	Desvio Padrão
<i>Dependentes</i> <i>(Proporção de estabelecimentos)</i>					
Poço Comum ou Convencional	CNA	34.61	0.22	24.44	0.18
Poço Artesiano ou Tubular	CNA	21.98	0.18	41.10	0.23
<i>Independentes de Análise</i>					
Variabilidade Aridez - Estação Seca	INMET	0.462	0.349	-0.060	0.207
Variabilidade Aridez - Estação Chuva	INMET	-0.266	0.235	-0.099	0.366
Práticas Conservacionistas φ	CNA	8.37	0.28	41.55	0.49
Floresta Nativa Ω	MapBiomass	23.41	0.42	26.67	0.44
<i>Independentes de Controle</i> <i>(Proporção de estabelecimentos)</i>					
<i>Oferta Hídrica e Atividade Econômica</i>					
Oferta Hídrica Abundante	CNA	1.92	0.04	1.95	0.04
Cisternas	CNA	4.96	0.08	1.76	0.03
Lavoura temporária	CNA	20.12	0.19	20.02	0.19
Lavoura permanente	CNA	16.52	0.18	14.61	0.18
Pecuária	CNA	49.22	0.25	49.23	0.25
<i>Educação</i>					
Pelo menos com ensino médio	CNA	32.24	0.13	44.02	0.12
<i>Idade do Produtor</i>					
Entre 25 e 45 anos	CNA	25.27	0.09	16.55	0.06
Entre 45 e 65 anos	CNA	49.28	0.10	48.49	0.08
Maior de 65 anos	CNA	22.07	0.07	29.60	0.08
<i>Sexo, tipo de direção e residência do produtor</i>					
Homem	CNA	89.45	0.14	83.80	0.11
Dirigidos pelo próprio produtor	CNA	72.63	0.16	73.94	0.13
Dirigidos por um administrador	CNA	23.59	0.13	13.94	0.08
Produtor reside no estabelecimento	CNA	55.97	0.21	49.82	0.18
<i>Agricultura familiar, orgânica e energia elétrica</i>					
Tem agricultura familiar	CNA	59.97	0.17	60.32	0.15
Tem agricultura orgânica	CNA	1.94	0.05	3.16	0.06
Tem energia elétrica	CNA	79.96	0.17	85.57	0.14
<i>Associatividade e assistência técnica</i>					
Participa de cooperativa	CNA	17.56	0.17	25.75	0.19
Participa de entidade de classe	CNA	12.93	0.13	16.86	0.15
Recebe assistência técnica	CNA	47.33	0.21	43.85	0.19
<i>Condição Legal das Terras</i>					
Próprias do produtor	CNA	83.04	0.18	76.84	0.17
Alugadas	CNA	10.87	0.08	15.65	0.10
Cedidas	CNA	2.23	0.08	4.39	0.13
Ocupadas	CNA	3.15	0.07	1.41	0.04
<i>Corretivo de solo, Adubação e Agrotóxico</i>					
Usam corretivo Ph do solo	CNA	29.74	0.14	38.94	0.16
Usam adubação	CNA	51.43	0.21	60.73	0.19
Usam agrotóxico	CNA	38.72	0.21	59.10	0.22

Emprego e Valor da Produção

Emprego lavoura Temporária	CNA	512	998	458	907
Emprego lavoura Permanente	CNA	292	486	232	411
Emprego Pecuária	CNA	458	507	405	462
Valor Produção lav Temporária - Ano Anterior	PAM	34610	51220	53308	73991
Valor Produção lav Permanente - Ano Anterior	PAM	15816	30017	13905	25565
Valor Produção Pecuária - Ano Anterior	PPM	5434	16489	7741	38624

Financiamento

Investimento	CNA	4.02	0.03	8.39	0.06
Custeio	CNA	8.75	0.07	9.22	0.07
Comercialização	CNA	0.13	0.00	0.21	0.00
Manutenção	CNA	1.28	0.02	1.16	0.01

Maquinária

Tratores	CNA	37.46	0.18	45.63	0.18
Outra maquinária	CNA	28.44	0.21	34.81	0.26

Area do Estabelecimento

Entre 50 e 500 hectares	CNA	8.40	0.09	20.90	0.11
Mais de 500 hectares	CNA	1.19	0.02	3.45	0.05

*Práticas de Conservação**(Análise de Componentes Principais)*

Plantio direto na palha	CNA	3.01	0.08	7.42	0.12
Cultivo mínimo	CNA	9.66	0.10	14.97	0.12
Plantio em nível	CNA	44.90	0.23	37.38	0.24
Pousio de solos	CNA	4.35	0.06	15.18	0.13
Rotação de culturas	CNA	9.63	0.12	22.64	0.18

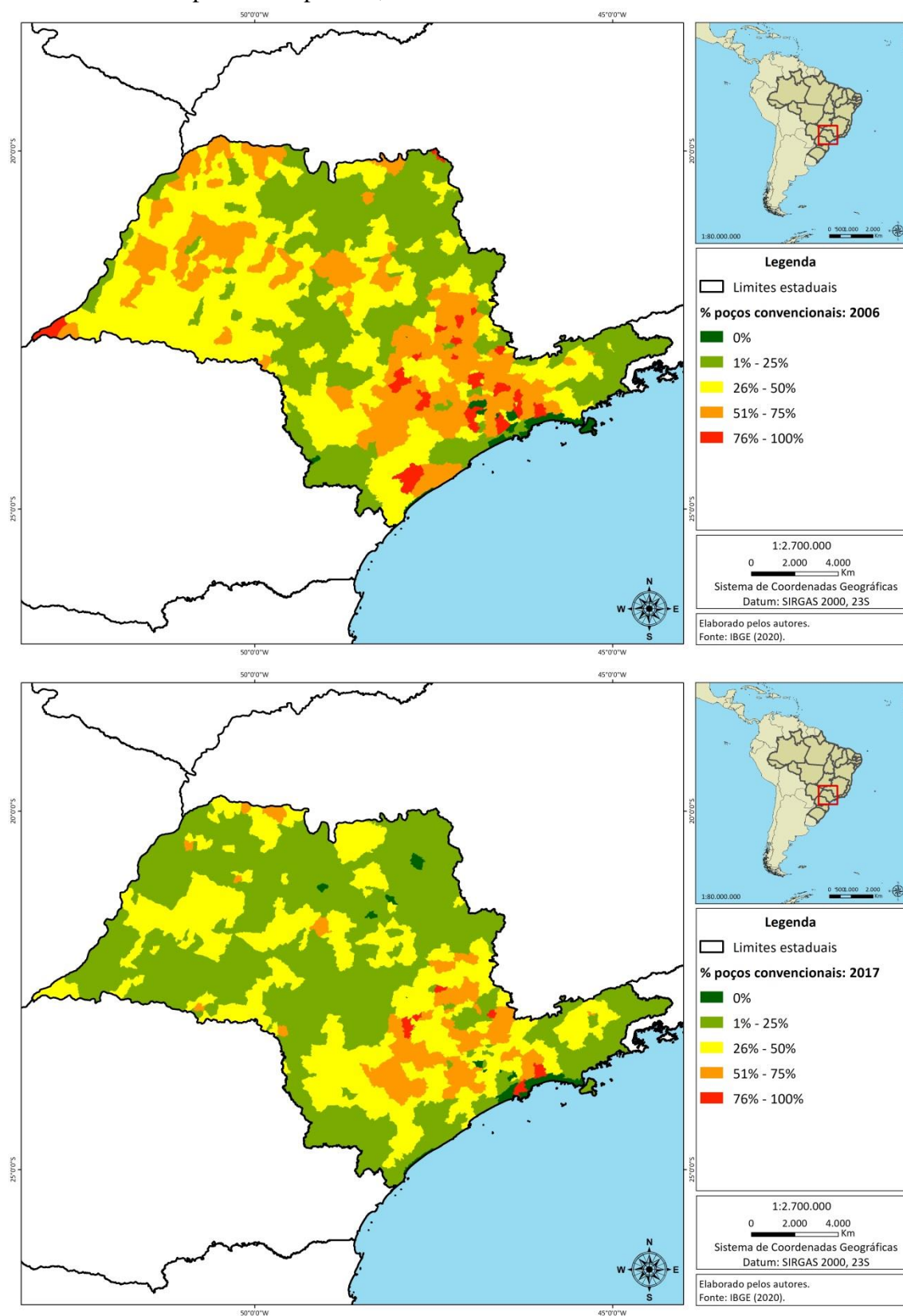
φ Binária para o percentil 75 da distribuição do Primeiro Fator da Análise de Componentes Principais

Ω Binária para o percentil 75 da distribuição da Proporção da Área Municipal com Florestas Nativas

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM, MapBiomias e INMET

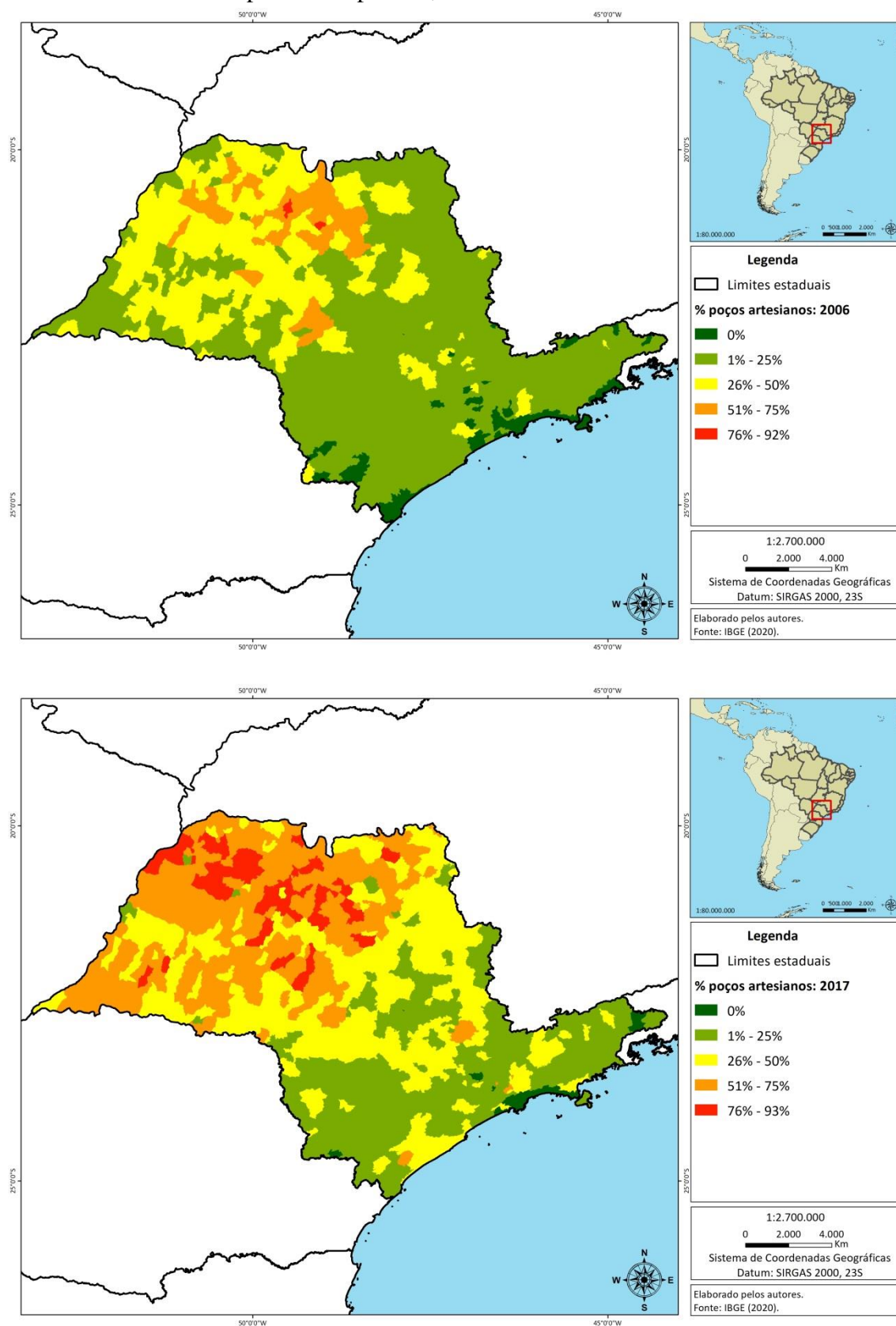
Apesar de ter diminuído entre 2006 e 2017, os poços comuns concentram-se de forma especial na região leste do SP, onde fica a capital do estado e sua região metropolitana (Figura 5). Segundo DAEE e UNESP (2013) essa região se caracteriza pelo predomínio da utilização de recursos hídricos superficiais (rios, nascentes, lagoas etc.), já que possui a proporção de municípios mais populosos que demandam maior volume e disponibilidade de água. Por sua vez, os poços tubulares se localizam majoritariamente na região oeste do ESP, a qual apresenta um enorme potencial hídrico subterrâneo devido às rochas sedimentares da Bacia do Paraná; cujas características contribuem para um maior armazenamento e transporte de água subterrânea como é o caso do aquífero Bauru, que se destaca pela sua extensão territorial, pelas vazões médias e pela facilidade de acesso (AKIE; EZAKI, 2012) (Figura 6). Convém ressaltar que apesar de que a região leste do SP apresenta rochas de embasamento cristalino, as quais pela sua natureza geológica dificultam a ocorrência de aquíferos promissores; observa-se no período de estudo um incremento nessa região da proporção municipal de estabelecimentos agropecuários com poços tubulares (DAEE; UNESP, 2013).

Figura 5. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que têm poços comuns ou convencionais por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM, MapBiomas e INMET

Figura 6. Participação percentual dos estabelecimentos agropecuários que têm poços tubulares ou artesanais por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM, MapBiomias e INMET

3.3.2 Variáveis Independentes

Três variáveis além do efeito de pares (a ser explicado no próximo tópico) são de interesse central deste trabalho, as quais são: variabilidade climática, práticas de conservação e preservação ambiental. Para analisar como a variabilidade climática influenciaria na adoção dos tipos de poços subterrâneos no SP, esse estudo utiliza dados de média anual do INMET (2017) para calcular a razão entre temperatura média municipal e precipitação total proposta por Genius et al. (2014) como proxy para aridez climática. Uma vantagem desse índice de aridez é captar o efeito combinado das variáveis, por exemplo, um excesso de precipitação poderia compensar uma temperatura elevada. Calculamos um indicador de variabilidade climática para a aridez, com a finalidade de controlar as diferenças históricas entre municípios (DELL; JONES; OLKEN, 2014). Esse indicador é dado pela diferença entre a aridez média no período de referência e a média histórica desde 1970, dividido pelo desvio padrão desde 1970. O período de referência cobre os 10 anos anteriores a cada censo agropecuário, ou seja, 1996 – 2005 para o Censo 2006, e 2007 – 2016 para o Censo 2017. O período histórico exclui o período de referência, ou seja, 1970 – 1995 para o Censo 2006 e 1970 – 2006 para o Censo 2017. Essa periodicidade nos permite capturar com maior precisão, respostas de longo prazo às variações climáticas (SAMPSON; PERRY, 2019)

Para capturar a variabilidade estacional em cada município do SP, os indicadores climáticos foram calculados para a estação mais fria e seca (inverno, entre abril e setembro) e quente e chuvosa (verão, entre outubro e março). Essas estações apresentam dinâmicas diferentes no período de estudo (Tabela 1): as maiores variabilidades da aridez aconteceram nos 10 anos antes de 2006, para a estação seca foi positiva (0.46) enquanto que para a estação chuvosa foi negativa (-0.27).

Para avaliar a influência das práticas agrícolas conservacionistas na difusão de poços subterrâneos foi realizada uma Análise de Componentes Principais (ACP) com os valores de 2006 e 2017, para observar as inter-relações entre as cinco práticas de conservação mais utilizadas pelos municípios do SP (Tabela 1): Plantio direto na palha (no período de estudo passou de 3,0% a 7,4%), Cultivo mínimo (9,7% a 15,0%), Plantio em nível (44,9% a 37,4%), Pousio de solos (4,4% a 15,2%), e Rotação de culturas (9,63% a 22,6%). A ACP forneceu uma forma de condensar ou resumir a informação das práticas conservacionistas em

um conjunto de fatores com perda mínima de informação. Foi selecionado o primeiro fator comum da ACP, o qual representa aproximadamente 40% da variabilidade total das cinco (5) práticas conservacionistas observadas. Todas as variáveis, com exceção de Plantio em nível, apresentaram correlações positivas com o fator comum selecionado, com coeficientes variando entre 0.51 (Plantio direto na palha) e 0.87 (Rotação de culturas). As correlações (cargas fatoriais) e os coeficientes de pontuação padronizados de cada variável com o fator comum são apresentados no Apêndice K. Uma binária foi criada para o percentil 75 da distribuição do fator comum selecionado, com a finalidade de capturar a relação entre maior uso de práticas de conservação e a extração de água do subsolo.

Utilizamos os mapas de uso e de cobertura da terra do MapBiomas (2020) para obter um indicador de conservação ambiental. Em primeiro lugar, foi selecionada a proporção de cobertura com Floresta Natural em termos da área total municipal, e calculada a média para os dez (10) anos anteriores a cada período do painel. Uma binária foi calculada para o percentil 75 dessa distribuição, para identificar o efeito de uma maior preservação de florestas nativas, na exploração de recursos hídricos subterrâneos. Ao longo do período de estudo, a proporção de municípios com maiores áreas de preservação de floresta nativa aumentou 3,25 pontos percentuais (p.p) passando de 23,4% em 2006, para 26,6% em 2017 (Tabela 1).

Com base nas sugestões da literatura (KHAIR et al., 2019; LI; ZHAO, 2018; MEKONNEN; SIDDIQI; RINGLER, 2016; SINGH; PARK, 2018), as variáveis de controle incluem: tipo de atividade agrícola (proporção de estabelecimentos com lavouras temporárias, permanentes ou pecuária); proxy para oferta hídrica superficial (log da área municipal dos corpo d'água); armazenamento de água (proporção de estabelecimentos que têm cisternas); características dos responsáveis pelos estabelecimentos (proporção de responsáveis com pelo menos segundo grau de escolaridade, proporção segundo grupos de idade, sexo, tipo de direção e residência no estabelecimento); agricultura familiar, orgânica e associativismo (proporção de estabelecimentos com agricultura familiar, agricultura orgânica e membros de cooperativas, entidades de classe ou associação de produtores); energia elétrica (proporção de estabelecimentos que têm energia elétrica); assistência técnica (proporção de estabelecimentos que recebem algum tipo de orientação técnica); posse da terra (proporção de estabelecimentos do próprio responsável, alugados, cedidos ou ocupados); controle de pragas e correção do solo (proporção de estabelecimentos que usaram corretivo do pH do solo, adubação e agrotóxicos); emprego e valor da produção (log do número total de empregados no município e do valor da

produção do ano anterior²³ dos estabelecimentos com: lavouras temporárias, permanentes e agropecuária); financiamento (proporção de estabelecimentos que receberam crédito para investimento, custeio, comercialização, ou manutenção); uso de máquinas e equipamentos (proporção de estabelecimentos que possuem tratores e outras máquinas); área do estabelecimento (proporção de estabelecimentos entre 50 e 500 hectares, e de 500 hectares ou mais).

As principais mudanças entre 2006 e 2017 foram (Tabela 1): o aumento da escolaridade (de 32% para 44% de responsáveis com pelo menos o 2º grau de escolaridade); envelhecimento da população (de 22% para 30% de responsáveis com 65 anos ou mais); diminuição de administradores ou encarregados dos estabelecimentos (de 24% para 13%); aumento da associatividade (de 17% para 26% dos estabelecimentos estão associados a cooperativas); uso de agrotóxicos (de 38% para 60%); incremento do financiamento (de 4% para 8% dos estabelecimentos receberam crédito para investimento); aumento da área dos estabelecimentos entre 50 e 500 hectares (de 8,4% para 20,1%).

3.3.3 Estratégia Empírica

O modelo de referência nesse trabalho assume que a propagação do j -ésimo tipo de poço subterrâneo (P_j , sendo $j = 1$ para poço comum ou convencional e $j = 2$ para poço artesiano ou tubular) está em função da variabilidade climática, das práticas conservacionistas e da área de floresta nativa (vetor $\mathbf{a}$), além de uma série de variáveis de controle (vetor $\mathbf{x}$):

$$P_{j_{it}} = \alpha_{j_t} + \mathbf{a}'_{it} \boldsymbol{\delta}_j + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta}_j + c_{j_i} + e_{j_{it}} \quad (1)$$

onde o vetor $\boldsymbol{\delta}$ contém os coeficientes associados aos indicadores de variabilidade climática, práticas conservacionistas e floresta nativa, enquanto que o vetor $\boldsymbol{\beta}$ tem os coeficientes das variáveis de controle para cada modelo estimado ($j = 1$ ou 2). O termo c representa os fatores não observados que são heterogêneos entre os municípios, mas constantes ao longo do tempo

²³ O uso do valor pré-determinado da produção agrícola e/ou pecuária evita a causalidade reversa entre uso de poços subterrâneos e valor da produção.

(características do lençol freático, por exemplo). Esse termo foi controlado por efeitos fixos (transformação *whithin*). Por sua vez, o termo α representa o intercepto que é constante para os municípios, mas que varia de um período para outro (ciclos económicos, por exemplo). Esse termo foi controlado por uma variável binária que assume o valor de 1 no ano 2017. O erro aleatório de cada modelo j é representado por e .

A literatura sobre efeito de pares na extração de recursos hídricos subterrâneos argumenta a existência de *efeitos endógenos* ou *spillovers* (KOCH; NAX, 2017; SAMPSON; PERRY, 2018). Portanto, adicionamos na equação (1) a proporção de estabelecimentos que têm mesmo poço de água subterrânea nos municípios vizinhos ($\mathbf{w}'_i \mathbf{P}_j$), essa estratégia é conhecida como modelo SAR (*Spatial Autoregressive*) (ANSELIN, 2001):

$$P_{j_{it}} = \alpha_{j_t} + \rho_j \mathbf{w}'_i \mathbf{P}_{j_t} + \mathbf{a}'_{it} \boldsymbol{\delta}_j + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta}_j + c_{j_i} + e_{j_{it}} \quad (2)$$

onde a matriz de vizinhança espacial $\mathbf{w}_i$ contém valores positivos definidos pelo critério de contiguidade *Rook*²⁴ para o município i ponderados pela distância inversa $\frac{1}{d_{ij}^b}$, em que d_{ij} é a distância em km entre os municípios i e j ; e zero em outro caso²⁵. Essa matriz espacial foi a que conseguiu captar a maior autocorrelação espacial (Apêndice L), e descreve o enfraquecimento da dependência espacial como função da distância, representando o conceito de cercania definido na primeira lei da geografia (GETIS, 2007). Os trabalhos que abordaram *Peer Effects* na apropriação de recursos subterrâneos também utilizaram o critério de distância para definir as relações espaciais (SAMPSON; PERRY, 2018, 2019). O vetor $\mathbf{P}_{j_t}$ contém o percentual municipal de poços subterrâneos j no período t . O coeficiente de autocorrelação espacial ρ_j representa o grau de dependência entre a adoção do poço subterrâneo j no município i e nos seus respectivos vizinhos. Para evitar comportamento explosivo da associação espacial, a restrição imposta sobre este coeficiente é que ele se situe no intervalo aberto entre -1 e 1 (LESAGE, 2008).

²⁴ A matriz *Rook* considera vizinhos apenas as regiões com extensão de fronteira diferente de zero, sem levar em consideração possíveis vértices

²⁵ Segundo Almeida (2012) é comum calibrar os modelos assumindo $b=1$ ou $b=2$ na equação (2).

No entanto, a dependência espacial na exploração de recursos hídricos do subsolo pode ser muito mais intrincada, e portanto conforme Tsusaka et al. (2015) testamos especificações adicionais de modelos espaciais. Uma especificação alternativa poderia ser a inclusão dos *efeitos de pares correlatos*, ou seja, a influência das características não observáveis na disseminação de poços subterrâneos. Nós inserimos defasagens espaciais dos erros na equação (2), estratégia que é conhecida como modelo SAC (Spatial Autocorrelation):

$$P_{j_{it}} = \alpha_{j_t} + \rho_j \mathbf{w}'_i \mathbf{P}_{j_t} + \mathbf{a}'_{it} \boldsymbol{\delta}_j + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta}_j + c_{j_i} + \xi_{j_{it}}, \quad \xi_{j_{it}} = \lambda_j \mathbf{w}'_i \boldsymbol{\xi}_{j_t} + e_{jit} \quad (3)$$

em que λ é o coeficiente de autocorrelação espacial. A equação (3) sugere que os erros ξ sejam uma função da média dos erros da vizinhança ($\mathbf{w}'_i \boldsymbol{\xi}_t$) mais um componente de erro aleatório (e). Para evitar comportamento instável da autocorrelação espacial, é imposta a restrição de que $|\lambda| < 1$ (FINGLETON, 2008). Assim, o modelo SAC assume a existência simultânea de efeitos dos pares endógenos ($\mathbf{w}'_i \mathbf{P}_j$) e correlatos ($\mathbf{w}'_i \boldsymbol{\xi}_t$).

Uma outra especificação incorporaria a influência de *efeitos de pares exógenos* na difusão de poços subterrâneos (SAMPSON; PERRY, 2018, 2019). Para isso adicionamos defasagens espaciais das características médias de controle da vizinhança na equação (2), estratégia que é conhecida como modelo SDM (*Spatial Durbin Model*):

$$P_{j_{it}} = \alpha_{j_t} + \rho_j \mathbf{w}'_i \mathbf{I}_{j_t} + \mathbf{a}'_{it} \boldsymbol{\delta}_j + \mathbf{x}'_{it} \boldsymbol{\beta}_j + \pi_j \mathbf{w}'_i \mathbf{x}_t + c_{j_i} + e_{jit} \quad (4)$$

em que o coeficiente π_j é uma medida do grau de associação entre as características exógenas da vizinhança e a adoção do poço subterrâneo j no município i . O modelo SDM assume a presença simultânea de efeitos de pares endógenos ($\mathbf{w}'_i \mathbf{P}_j$) e exógenos ($\mathbf{w}'_i \mathbf{x}_t$).

Uma última especificação levaria em conta a influência conjunta dos três tipos de efeitos de pares (TSUSAKA et al., 2015). Para tanto, nós incorporamos na equação (2) as defasagens espaciais associadas com efeitos de pares correlatos ($\mathbf{w}'_i \boldsymbol{\xi}_t$) e exógenos ($\mathbf{w}'_i \mathbf{x}_t$). Essa estratégia é conhecida como modelo GSM (*General Spatial Model*):

$$P_{j_{it}} = \alpha_{j_t} + \rho_j \mathbf{w}_i' \mathbf{P}_{j_t} + \mathbf{a}_{it}' \boldsymbol{\delta}_j + \mathbf{x}_{it}' \boldsymbol{\beta}_j + \pi_j \mathbf{w}_i' \mathbf{x}_t + c_{j_i} + \xi_{j_{it}}, \quad \xi_{j_{it}} = \lambda_j \mathbf{w}_i' \boldsymbol{\xi}_{j_t} + e_{j_{it}} \quad (5)$$

Segundo Almeida (2012) o modelo GSM representa um processo espacial altamente complexo, envolvendo componentes de transbordamento de alcance global e local. A equação (1) foi estimada pelo método de mínimos quadrados generalizados, com estimadores das variâncias robustos à heterogeneidade entre os municípios. As equações (2) a (5) foram estimadas pelo método de quase-verossimilhança (QMLE), o qual obtém estimadores consistentes e relativamente mais eficientes assintoticamente na presença de defasagens espaciais (LEE, 2004).

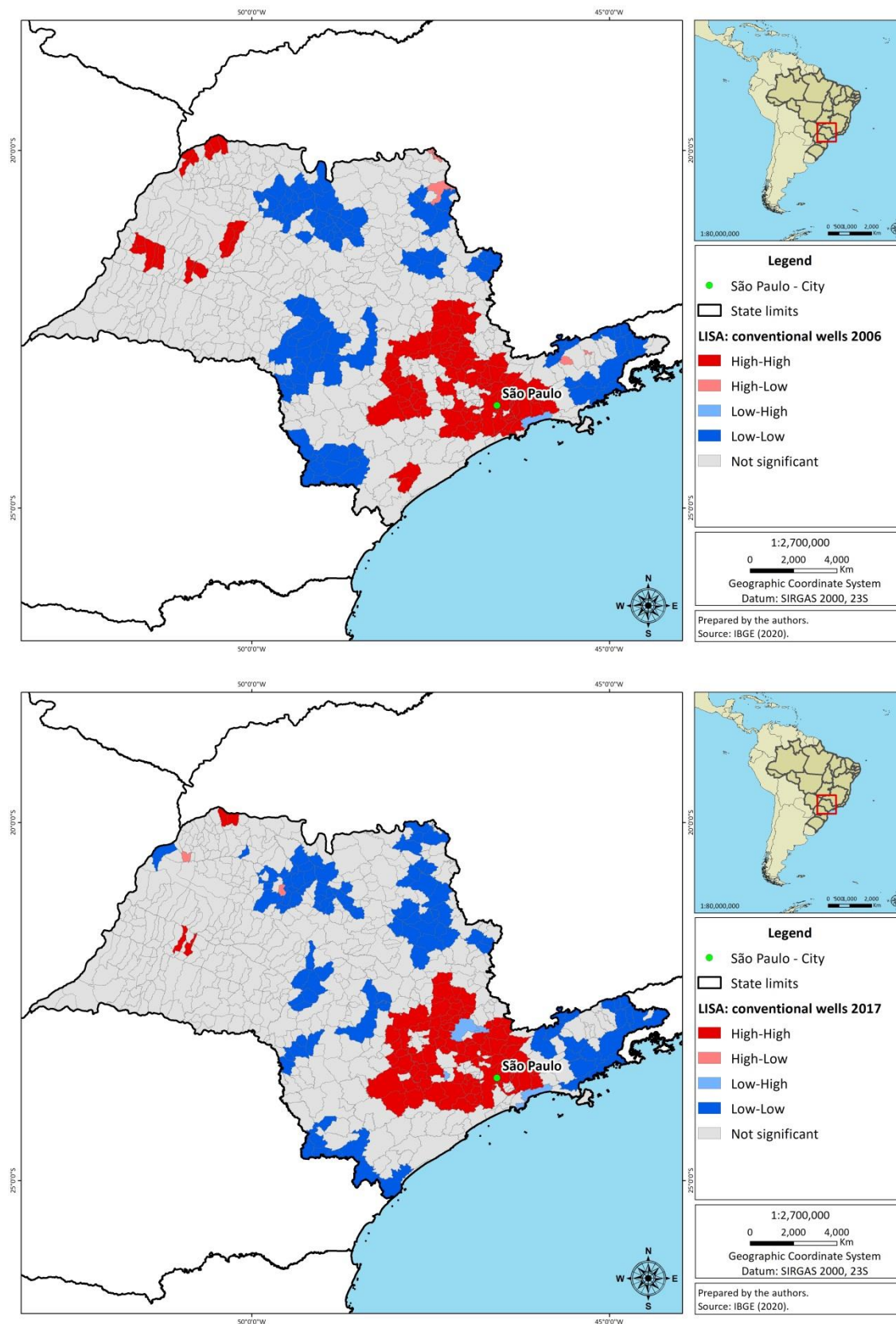
A função de log verossimilhança na estimação de modelos espaciais por QMLE é diferente às versões clássicas e não espaciais de Máxima Verossimilhança (MV) (ALMEIDA, 2012). Isso porque incorpora como elemento adicional o jacobiano da transformação, o qual é uma matriz quadrada, que representa as relações entre a variável dependente que é observada (proporção municipal de estabelecimentos agropecuários com poços comuns ou tubulares) e o termo de erro aleatório que não é observado (BELL; BOCKSTAEL, 2000). A matriz jacobiana é necessária por causa do problema de reflexão do Manski (1993), ou seja, pela simultaneidade da interação entre as observações. Por tanto, a estimação espacial por QMLE fornece estimativas eficientes e consistentes, dos comportamentos interdependentes entre as unidades de análise (TSUSAKA et al., 2015).

3.4 Resultados

3.4.1 Analise de cluester e estimações principais

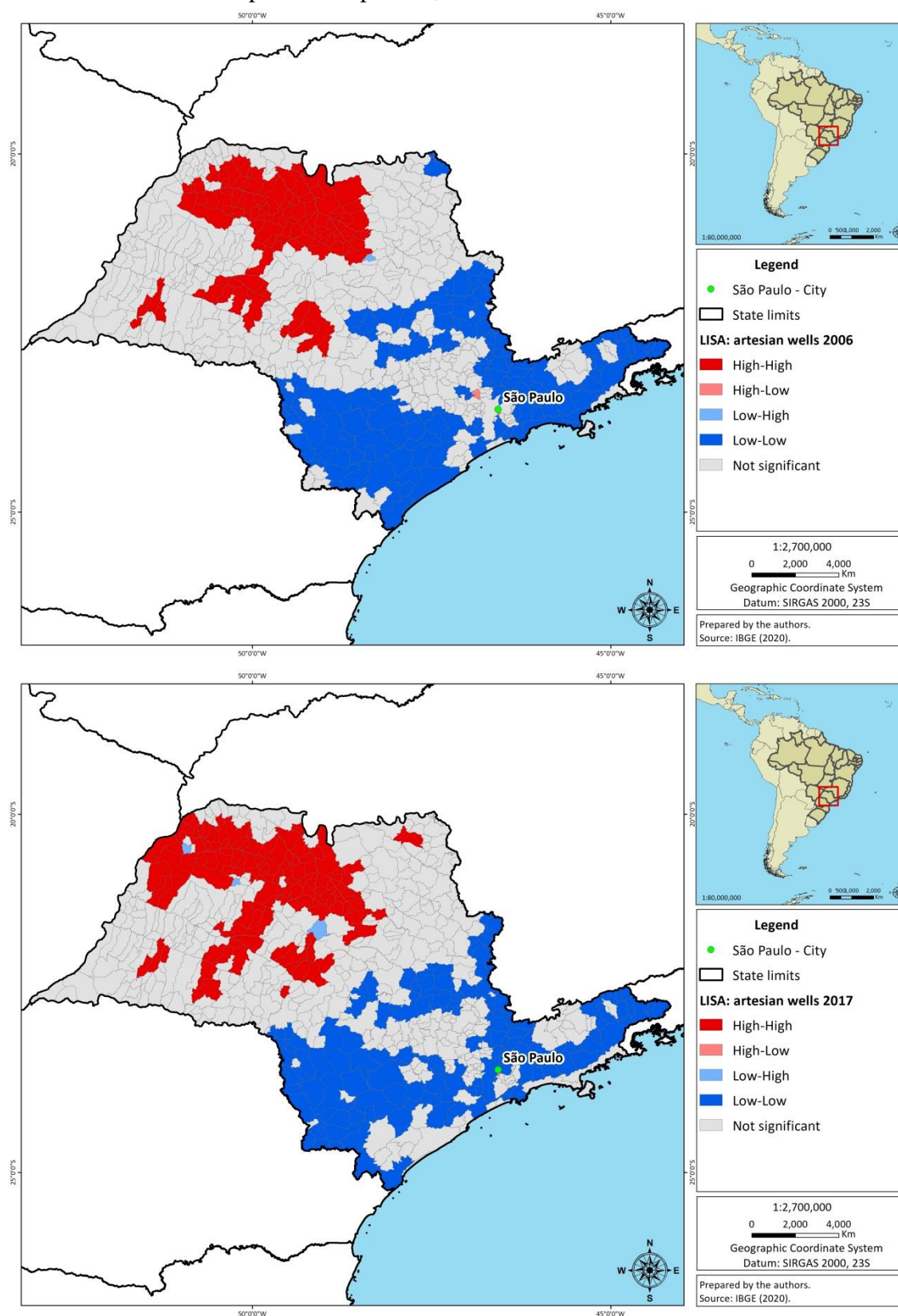
Conforme Anselin (2010), para abordar a dependência espacial foi empregada uma análise de LISA (*Local Indicator of Spatial Association*). A figura 2 apresenta para o SP padrões de aglomeração local (clusters) com elevadas (Alto-Alto) ou baixas (Baixo-Baixo) proporções municipais de estabelecimentos agropecuários que têm poços comuns ou tubulares, nos dois anos de estudo. No caso dos poços comuns, a concentração espacial mais importante é dos clusters tipo Alto-Alto (municípios com alta proporção de poços comuns, próximos a municípios também com alta proporção) os quais localizam-se na região leste do SP, enquanto que os *clusters* do tipo Baixo-Baixo (municípios com baixa proporção de poços comuns, próximos a municípios também com baixa proporção) parecem estar mais espalhados, com uma relativa maioria na parte oeste. Em relação aos poços tubulares, os mapas LISA mostram que os agrupamentos do tipo Alto-Alto aumentaram entre 2006 e 2017 e concentram-se na região oeste; enquanto as aglomerações do tipo Baixo-Baixo diminuíram e localizam-se na parte leste do SP.

Figura 7. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que têm poços comuns ou convencionais por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM, MapBiomas e INMET

Figura 8. LISA clusters para proporção dos estabelecimentos agropecuários que têm poços tubulares ou artesanais por município. SP, 2006-2017



Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA, PAM, MapBiomias e INMET

A análise preliminar revelou a importância das características individuais dos municípios (Teste ML de Brausch-Pagan), a pertinência da estimação por efeitos fixos (Teste de Hausman), e a relevância da dependência espacial entre as unidades de corte transversal (Teste CD de Pesaran) (Apêndice M).

A Tabela 7 apresenta as estimativas dos modelos sem e com efeitos de pares endógenos, exógenos, correlatos e suas diferentes combinações (equações 1 a 7). Os modelos para poços tubulares apresentaram estatísticas de qualidade de ajuste maiores que as dos modelos para poços comuns, com coeficiente determinação (R^2 – *within*) variando entre 68% e 70% (entre 42% e 44% para poços comuns). No entanto, ao comparar com os modelos sem defasagens espaciais, observa-se que os transbordamentos espaciais de alcance global mostraram-se significativos em todos os modelos, com maior magnitude (maior correlação espacial) no caso de poços tubulares. O teste de razão de verossimilhança corrobora que a inclusão da dependência espacial incrementa a qualidade do ajuste. Os resultados das estimativas completas para as equações 1 a 7, com todas as variáveis de controle são apresentadas

no

Apêndice

N.

Tabela 7. Modelos de efeitos fixos com dependência espacial. Com variáveis de controle. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.

Variáveis Independentes		Não Espacial		SAR		SAC		SDM		GSM	
		Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular
Variáveis de Interesse	Var Aridez - Est Seca	-0.086** (0.025)	0.085*** (0.023)	-0.067** (0.024)	0.050* (0.022)	-0.097* (0.038)	0.076 (0.039)	-0.085 (0.072)	-0.045 (0.064)	-0.087 (0.066)	-0.031 (0.057)
	Var Aridez - Est Chuvosa	0.099*** (0.019)	-0.093*** (0.017)	0.072** (0.019)	-0.059*** (0.017)	0.119*** (0.032)	-0.137*** (0.036)	0.018 (0.074)	-0.042 (0.066)	0.056 (0.068)	-0.090 (0.059)
	Práticas Conservacionistas	-0.027* (0.012)	0.010 (0.011)	-0.028* (0.012)	0.007 (0.011)	-0.021 (0.012)	0.006 (0.010)	-0.027* (0.012)	0.006 (0.011)	-0.025* (0.012)	0.010 (0.011)
	Floresta Nativa	0.026 (0.035)	0.015 (0.032)	0.021 (0.033)	0.016 (0.030)	0.012 (0.033)	0.007 (0.028)	0.016 (0.035)	0.013 (0.030)	0.022 (0.035)	0.009 (0.032)
	w' P [ρ]			0.296*** (0.050)	0.393*** (0.047)	-0.295* (0.139)	-0.393** (0.018)	0.291*** (0.050)	0.389*** (0.047)	-0.309* (0.132)	-0.393*** (0.113)
	w' ξ [λ]					0.571*** (0.097)	0.705*** (0.066)			0.576*** (0.092)	0.702*** (0.063)
	w' x (Var Aridez - Est Seca)							0.028 (0.083)	0.119 (0.074)	-0.005 (0.082)	0.197** (0.074)
	w' x (Var Aridez - Est Chuvosa)							0.062 (0.079)	-0.014 (0.070)	0.083 (0.077)	-0.054 (0.069)
	w' x (Práticas Conservacionistas)							-0.009 (0.022)	0.010 (0.020)	-0.026 (0.027)	0.017 (0.026)
	w' x (Floresta Nativa)							0.035 (0.058)	0.020 (0.052)	0.060 (0.070)	0.011 (0.066)
Diagnóstico	BIC	-739.72	-848.50	-765.21	-906.40	-761.87	-905.43	-738.03	-880.83	-736.21	-884.18
	LR			65.31***	124.76***	72.94***	137.16***	68.24***	130.92***	79.42***	160.13***
	Pseudo - R ² (Whitin)	0.436	0.699	0.4335	0.6957	0.4209	0.6785	0.4353	0.6964	0.4258	0.6866
	Número de Observações	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290	1,290

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA 2006/2017, PAM 2005/2016, MapBiomas e INMET

Os resultados das estimações (Tabela 7) sugerem a existência de efeitos de pares endógenos tanto para poços comuns quanto tubulares. No caso dos poços comuns as defasagens espaciais ($\mathbf{w}_i' \mathbf{P}_j$) foram significativas a 5% em todos os modelos espaciais SAR, SAC, SDM e GSM; porém, só nos modelos SAR e SDM apresentaram sinal esperado (0.296 e 0.291 respectivamente) conforme a teoria de *Peer Effects* para extração de água subterrânea (LI; ZHAO, 2018; SAMPSON; PERRY, 2018, 2019). Para poços tubulares, a defasagem espacial endógena foi estatisticamente significativa ao 1% em todos os modelos espaciais estimados. As estimativas mostram-se ainda robustas às diferentes especificações nos modelos SAR (0.393), e SDM (0.389); nos modelos SAC e GSM o resultado não apresentou sinal esperado. De forma geral, as estimações sugerem que o efeito *spillover* espacial acontece com maior força para poços tubulares do que para comuns.

As estimativas referentes aos efeitos de pares correlatos ($\mathbf{w}' \xi$) foram significativas ao 0.1% nos modelos estimados (SAC e GSM). Apesar disso, a inclusão da defasagem espacial dos erros altera o sinal esperado teoricamente (LI; ZHAO, 2018; SAMPSON; PERRY, 2018, 2019), para o coeficiente do efeito de pares endógeno tornando essas estimativas negativas, tanto nos modelos para poços comuns quanto para tubulares.

Em relação à existência de efeitos de pares exógenos, a inclusão de defasagens espaciais das variáveis ambientais na vizinhança ($\mathbf{w}_i' \mathbf{x}_t$) são em sua maioria não significativas estatisticamente, com exceção da variabilidade da aridez na estação seca no modelo GSM para poços tubulares. Não obstante, a incorporação dessa defasagem parece afetar a magnitude e significância estatística dessa variável localmente, isso muito provavelmente porque essas duas variáveis tendem a ser fortemente correlacionadas (colinearidade). Portanto, não é possível confirmar a existência de efeitos diretos das características exógenas da vizinhança. Finalmente, segundo o critério de informação BIC, o melhor modelo tanto para poços comuns quanto para tubulares seria o SAR, o que estaria em linha com a literatura especializada no assunto (KOCH; NAX, 2017; SAMPSON; PERRY, 2018, 2019). Esse modelo apresentou efeitos endógenos de pares significativos, refletindo a estrutura de dependência e a inter-relação espacial entre os municípios do SP.

3.4.2 Efeitos heterogêneos

Com a finalidade de observar a presença de possíveis efeitos heterogêneos, na extração de recursos hídricos subterrâneos foram incorporadas interações entre as variáveis de interesse do vetor **a** (climáticas, e de preservação ambiental). A tabela 3 apresenta os resultados incorporando as interações entre a variabilidade da aridez na estação seca e chuvosa, com práticas conservacionistas e preservação de floresta nativa; na estimação dos modelos SAR (que foi o melhor modelo escolhido). As estimativas completas com as variáveis de controle são apresentadas no Apêndice O.

Tabela 8. Estimativas de efeitos heterogêneos para as variáveis dependentes relacionadas à difusão de poços de água subterrânea. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.

Variáveis Independentes	SAR		SAR	
	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular
Var Aridez - Est Seca	-0.070** (0.025)	0.058** (0.022)	-0.058 (0.043)	0.078* (0.038)
Var Aridez - Est Chuvosa	0.071*** (0.020)	-0.045* (0.018)	0.049* (0.026)	-0.024 (0.023)
Práticas Conservacionistas	-0.030* (0.013)	0.008 (0.011)	-0.027* (0.012)	0.006 (0.010)
Floresta Nativa	0.020 (0.033)	0.018 (0.029)	0.029 (0.034)	0.012 (0.030)
Var Aridez - Est Seca # Práticas Conservacionistas	0.025 (0.031)	-0.051* (0.028)		
Var Aridez - Est Chuvosa # Práticas Conservacionistas	0.001 (0.029)	-0.041 0.026		
Var Aridez - Est Seca # Floresta Nativa			-0.018 (0.032)	-0.013 (0.029)
Var Aridez - Est Chuvosa # Floresta Nativa			0.051 (0.041)	-0.081* (0.036)
w' P [ρ]	0.294*** (0.050)	0.391*** (0.046)	0.293*** (0.050)	0.388*** (0.046)
Testes de Diagnóstico				
Wald [ρ]	34.73***	71.33***	34.64***	69.52***
R ² - Within	0.4345	0.6990	0.4371***	0.6995***
Número de Observações	1290	1290	1290	1290

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

Fonte: CNA 2006/2017, PAM 2005/2016, MapBiomass e INMET

Os resultados para poços comuns sugerem que as interações entre variabilidade da aridez na estação seca e chuvosa, e as práticas conservacionistas não apresentam efeitos estatisticamente significativos. Porém, para poços tubulares a interação entre a variabilidade

climática na estação seca e práticas agrícolas de conservação, apresenta um efeito negativo significativo ao 5%, o que significa que os municípios que mais usam essas práticas conservacionistas diminuem em 0.051 p.p a influência da variabilidade da aridez na estação seca. A interação para estação chuvosa não apresentou significância estatística para poços tubulares.

Por outro lado, as interações entre a variabilidade da aridez e florestas nativas não mostraram significância estatística para poços comuns; mas a inclusão dessas interações afetou a significância da variabilidade da aridez na estação seca. No caso dos poços tubulares, a interação entre a variabilidade da aridez na estação chuvosa e a preservação de florestas naturais apresenta um coeficiente significativo ao 5% de -0.076, o que sugere que nos municípios onde a preservação de florestas nativas é alta, um aumento da variabilidade da aridez no verão estaria associado com uma redução na difusão de poços de elevada profundidade. A interação para estação seca não evidenciou resultado estatisticamente significativo, mas a incorporação dessas duas interações compromete a significância estatística da variabilidade da aridez na estação chuvosa.

3.4.3 Decomposição de Efeitos Espaciais

Conforme LeSage e Pace (2009) foi realizada para poços comuns e tubulares, a decomposição das estimativas de efeitos espaciais diretos, indiretos e totais do modelo escolhido SAR. A tabela 8 mostra os resultados da decomposição para o vetor (**a**) de variáveis de análise desse trabalho: indicadores de variabilidade climática, proxy para práticas conservacionistas e floresta nativa, e variáveis de interação. Como análise de robustez das estimativas, os resultados obtidos através da matriz *Rook* ponderada pela distância inversa, foram comparados utilizando uma matriz *Queen* de segunda ordem²⁶. Os resultados completos das estimativas com as variáveis de controle, para a decomposição de efeitos espaciais são apresentados no Apêndice P.

²⁶ O critério *Queen* de contiguidade considera como vizinhas às unidades que possuem fronteiras ou vértices comuns. Por sua vez, uma matriz de segunda ordem (vizinhos indiretos) é composta pelos vizinhos dos vizinhos da primeira ordem (vizinhos diretos). Ou seja, o vizinho *k* de *j* será vizinho de segunda ordem de *i*, se *i* e *j* forem vizinhos.

Tabela 9. Decomposição do efeito espacial total. Desvio Padrão entre Parênteses. SP – Brasil.

Variáveis Independentes de Análise	Poço Comum						Poço Tubular					
	Estimativas Principais ϕ			Estimativas de Robustez α			Estimativas Principais ϕ			Estimativas de Robustez α		
	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total
Var Aridez - Est Seca	-0.083** (0.026)	-0.032** (0.012)	-0.115** (0.035)	-0.084** (0.026)	-0.038** (0.014)	-0.123** (0.037)	0.073** (0.023)	0.042** (0.014)	0.114** (0.036)	0.069** (0.023)	0.049** (0.018)	0.118** (0.039)
Var Aridez - Est Chuva	0.044* (0.024)	0.017* (0.01)	0.061* (0.034)	0.040* (0.025)	0.018* (0.011)	0.058* (0.035)	-0.027 (0.022)	-0.015 (0.013)	-0.042 (0.034)	-0.022 (0.022)	-0.016 (0.016)	-0.038 (0.037)
Práticas Conservacionistas	-0.03* (0.012)	-0.011* (0.005)	-0.041* (0.017)	-0.03* (0.012)	-0.014* (0.007)	-0.044* (0.018)	0.012 (0.011)	0.007 (0.007)	0.018 (0.018)	0.013 (0.011)	0.009 (0.008)	0.022 (0.019)
Floresta Nativa	0.026 (0.034)	0.01 (0.013)	0.036 (0.047)	0.027 (0.034)	0.012 (0.016)	0.04 (0.05)	0.012 (0.031)	0.007 (0.018)	0.019 (0.048)	0.015 (0.031)	0.01 (0.022)	0.025 (0.052)
Var Aridez - Est Seca # Práticas Conservacionistas	0.023 (0.032)	0.009 (0.012)	0.032 (0.044)	0.026 (0.031)	0.012 (0.015)	0.038 (0.046)	-0.064* (0.028)	-0.037* (0.018)	-0.1* (0.045)	-0.067* (0.028)	-0.048* (0.022)	-0.115* (0.05)
Var Aridez - Est Chuva # Floresta Nativa	0.065 (0.035)	0.025 (0.015)	0.09 (0.049)	0.066 (0.035)	0.03 (0.017)	0.096 (0.051)	-0.071* (0.031)	-0.041* (0.019)	-0.112* (0.05)	-0.068* (0.031)	-0.049* (0.024)	-0.117* (0.054)

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05

 ϕ Usando uma matriz espacial de contiguidade Rook ponderada pela Distância Inversa α Usando uma matriz espacial de contiguidade Queen de segunda ordem

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA 2006/2017, PAM 2005/2016, MapBiomias e INMET

Os resultados da decomposição especial evidenciam a importância das relações de vizinhança, no padrão de difusão da extração de recurso hídricos subterrâneos. No caso dos poços comuns, o efeito indireto (influência da vizinhança através do spillover espacial endógeno) representa cerca de 30% do efeito total da variabilidade da aridez na estação seca. Isso sugere que por cada aumento de um desvio padrão na aridez dos municípios vizinhos nessa estação, a percentagem local de estabelecimentos agropecuários com poços comuns diminuiria entre 0.032 e 0.038 p.p.

Uma vizinhança municipal com alta proporção de práticas conservacionistas (acima do percentil 75) reduziria localmente, a adoção de poços comuns entre 0.011 e 0.014 p.p a mais do que a média de vizinhanças que utilizam essas práticas em menor proporção (esse efeito indireto corresponde a aproximadamente 30% do efeito total). O fato de o efeito direto ser maior do que o indireto indica que alterações locais desse indicador têm impactos maiores na proporção de poços comuns, que variações da mesma variável nos municípios vizinhos.

Em relação aos poços tubulares, os efeitos indiretos evidenciados correspondem aproximadamente a 40% dos efeitos totais. Se a aridez dos municípios vizinhos na estação seca aumenta em um desvio padrão, a proporção local de estabelecimentos agropecuários com poços de elevada profundidade se incrementaria entre 0.042 e 0.049 p.p. A insignificância estatística do efeito direto, indireto e total da variabilidade da aridez na estação chuvosa sugere que os resultados, não seriam mais robustos ou consistentes à incorporação conjunta das variáveis de interação. Por outro lado, vizinhanças com alta proporção de uso de práticas agrícolas de conservação reduziriam o transbordamento espacial da variabilidade da aridez na estação seca entre 0.037 e 0.048 p.p. Uma vizinhança municipal como alta preservação de áreas de floresta nativa diminuiria entre 0.041 e 0.049 p.p a mais (em relação às vizinhanças com menor conservação de florestas naturais), a percentagem local de poços tubulares como resposta à variabilidade da aridez na estação chuvosa.

3.5 Discussão

Em primeiro lugar, os resultados encontrados ressaltam a importância do *Peer Effects* na extração de recursos hídricos subterrâneos no SP, o qual aconteceria através do efeito de pares endógeno ou *spillover* espacial. Segundo Richards (2018) esses efeitos representariam a transmissão de conhecimentos e experiências das localidades mais próximas, e evidenciariam as características do padrão de interdependência espacial. Ou seja, a difusão de poços subterrâneos poderia ser explicada em parte pela imitação de estratégias bem sucedidas nos municípios vizinhos, portanto, mecanismos informais de transmissão ou propagação de informações baseados nas relações de vizinhança podem ser tão importantes quanto outros fatores socioeconômicos e ambientais (BATAGELJ et al., 2014). Resultados semelhantes foram encontrados para extração de aquíferos por Koch e Nax (2017) e Sampson e Perry (2018).

No entanto, o efeito de pares endógeno é maior para poços tubulares do que comuns, o que estaria sugerindo que o padrão de concentração espacial é mais forte no caso dos tubulares. Uma maior concentração de poços de elevada profundidade poderia aumentar excessivamente a extração de recursos hídricos não renováveis (para uso intensivo em irrigação agrícola, por exemplo), e portanto exceder a capacidade de recarga (reposição) natural de aquíferos profundos, conduzindo à queda contínua dos níveis de água e, à redução da reserva hídrica subterrânea (KLØVE et al., 2014). Além disso, conforme Scibek et al. (2007) a exploração excessiva e concentrada de poços tubulares poderia provocar outros problemas como: a subsidência do solo, o rebaixamento do nível freático, a intrusão de água salinas marinhas (nas áreas costeiras), assim como a poluição das águas subterrâneas e o aumento do custo de bombeamento. A super exploração desses recursos em uma localidade poderia afetar o regime hídrico de outras localidades próximas espacialmente (NEWMAN, 2019), o que segundo Koch e Nax (2017) geraria um comportamento de reciprocidade condicional em resposta à super utilização dos vizinhos. Essa resposta ou *spillover* (efeito de pares endógeno) estaria acelerando o esgotamento da água subterrânea, comprometendo no longo prazo a preservação e sustentabilidade desse recurso.

Os resultados também mostram que a variabilidade climática estaria influenciando na difusão de poços subterrâneos. Na estação seca (caracterizada pela baixa precipitação) variações climáticas fortes poderiam afetar tanto os fluxos de recarga, quanto a quantidade e profundidade dos reservatórios subterrâneos (LUDWING; MOENCH, 2009). Essas variações

climáticas provocariam mudanças no padrão de extração de recursos hídricos. Os sistemas pequenos e rasos seriam afetados mais rapidamente pela variabilidade climática, diminuindo assim a extração de água através de poços comuns (LEE; LAWRENCE; PRICE, 2006). Isso poderia aumentar a pressão pela exploração de reservatórios mais profundos para atender as demandas atuais e futuras de consumo. Consequentemente haveria um incremento de poços tubulares, o que dependendo das taxas de recarga poderia afetar ainda mais os níveis de água subterrânea, em um cenário de mudança climática (TREIDEL; MARTIN-BOORDES; GURDAK, 2012).

Na estação chuvosa (verão) a variabilidade climática estaria associada com o aumento de poços comuns e a redução de poços tubulares. Esse resultado pode estar relacionado com as variações sazonais do nível freático, mais raso nos períodos chuvosos e mais profundos nas épocas de estiagens prolongadas (JASECHKO et al., 2014). Conforme Lucas et al. (2015), a recarga dos reservatórios pertencentes ao Sistema Aquífero Guaraní (SAG) acontece nos meses chuvosos entre outubro a março, com uma defasagem para poços profundos de mais ou menos de um mês entre os eventos pluviométricos e a elevação do nível do lençol freático. Nesse sentido, uma diminuição da precipitação que causaria um aumento da aridez na época de chuva, somente conseguiria favorecer a recarga de aquíferos livres ou rasos (já que são os primeiros em receber as frentes de infiltração), enquanto que afetaria os fluxos de recarga natural de reservatórios de maior profundidade e portanto, sua exploração através de poços tubulares (HEALY; COOK, 2002).

Por outro lado, um maior uso de práticas de conservação do solo como plantio direto na palha, cultivo mínimo, pousio de solos e rotação de culturas estaria associado com menor adoção de poços comuns. Além disso, a evidência encontrada sugere também que os municípios do ESP, que mais utilizam esse tipo de práticas agrícolas parecem ser mais resilientes aos efeitos da variabilidade climática na estação seca, e portanto, conseguiriam mitigar (reduzir) o aumento de poços tubulares como medida adaptativa a mudanças climáticas. Isso poderia estar relacionado segundo Kassam et al. (2019), com os benefícios derivados da agricultura conservacionista, ao permitir uma melhor otimização de recursos naturais através da gestão integrada do solo. Por exemplo, as práticas de conservação favoreceriam um melhor aproveitamento de recursos hídricos ao diminuir as taxas de perda por evapotranspiração e escoamento, o que modificaria o padrão de uso temporal e espacial da água, evitando assim o esgotamento das águas subterrâneas devido a uma menor adoção de poços de baixa e elevada profundidade (NI; PARAJULI; OUYANG, 2020).

Os municípios que mais preservam áreas de floresta nativa ou natural apresentariam maior resiliência à variabilidade climática na estação chuvosa (principal época de crescimento das plantações no SP) e, por conseguinte, diminuiriam também a adoção de poços tubulares. Esse resultado poderia estar associado com a maior interceptação direta da chuva por parte das florestas nativas, a qual favoreceria a produção e manutenção dos fluxos de água superficial (BRAUMAN; FREYBERG; DAILY, 2012). Essa função eco-hidrológica das florestas naturais desempenha um papel crítico, influenciando a quantidade, a forma e a qualidade da água que será transportada às bacias hidrográficas (NEARY; ICE; JACKSON, 2009). Além disso, Warziniack et al. (2017) argumentam que a vegetação nativa propicia o microclima adequado para o funcionamento de nascentes, riachos ou corpos d'água menores, reduzindo a incidência de raios solares e a variação do fluxo hídrico em razão de eventos climáticos (secas ou enchentes, por exemplo).

Finalmente, a decomposição dos efeitos espaciais mostra a relevância da vizinhança nas decisões locais sobre extração de água subterrânea. Uma parte importante da influência total das variáveis analisadas nesse trabalho se manifestaria através dos efeitos indiretos de transbordamento espacial (LESAGE, 2008). Nesse contexto, a variabilidade climática experimentada pelos municípios vizinhos na estação seca, diminuiria a adoção local de poços comuns e aumentaria a de tubulares. No entanto, uma vizinhança com alta proporção de uso de práticas conservacionistas de solo, e de áreas de preservação de floresta nativa apresentaria externalidades que favoreceriam a resiliência à variabilidade climática. Essas externalidades influenciariam negativamente, nas decisões locais sobre extração de recursos hídricos de baixa e alta profundidade. Esses efeitos indiretos são produto da existência do *spillover* espacial ou efeito de pares endógenos na difusão de poços subterrâneos no SP.

3.6 Considerações Finais Terceiro Capítulo

A análise dos fatores que determinam a disseminação de poços subterrâneos é fundamental para auxiliar na formulação de políticas públicas que visem à proteção e o uso sustentável dos recursos hídricos no longo prazo. Nosso estudo considerou os dois tipos de poços mais difundidos no SP: comuns ou convencionais e tubulares ou artesianos. O uso de técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) corroborou a autocorrelação espacial existente nas decisões de extração de água subterrânea, e com base nesse resultado foram estimados uma família de modelos econométricos que apresentam robustez às diversas estratégias empíricas, que consideram diferentes padrões de dependência espacial, e controlam fatores não observáveis que são considerados constante no tempo.

O efeito *spillover* evidenciado para poços subterrâneos sinaliza a influência do efeito de pares endógeno na exploração de água subterrânea no SP. Entretanto, esse efeito é maior no caso de poços tubulares, o que poderia acelerar a extração de aquíferos não renováveis, e portanto seria um efeito “perverso” que afetaria a estabilidade do lençol freático, e comprometeria a sustentabilidade desse recurso natural. A variabilidade climática na estação seca (inverno no SP) provoca mudanças no padrão de exploração de recursos hídricos subterrâneos, reduzindo a proporção municipal de poços comuns, enquanto que incrementa a de poços de elevada profundidade. Na estação chuvosa (verão no SP) a variabilidade climática poderia alterar a sazonalidade da recarga dos reservatórios subterrâneos, e portanto, aumentaria a difusão de poços comuns e diminuiria a de poços tubulares.

Outro resultado relevante das nossas análises, é que o maior uso de práticas agrícolas de conservação do solo estaria associado com a diminuição de poços comuns. Esse tipo de práticas, e uma alta proporção de áreas de preservação de floresta nativa ou natural gerariam maior resiliência às variações climáticas, reduzindo a necessidade de poços tubulares como medida adaptativa. A evidência encontrada ressalta também a importância da influência da vizinhança nas decisões de extração de água subterrânea, a qual se manifesta através dos efeitos indiretos de transbordamento espacial, que representam uma relevante proporção dos efeitos totais estimados nesse trabalho.

Finalmente, uma importante limitação desse estudo que deve ser mencionada está relacionada com a unidade de análise, já que não foi possível desagregar as decisões individuais, sobre exploração de recursos hídricos subterrâneos em nível de estabelecimento

agropecuário (microdados). Além disso, um aspecto interessante de abordar ao trabalhar com microdados seria os efeitos da vizinhança a partir das outorgas (permissão governamental de acesso e uso a recursos hídricos), isolando o efeito de pares de fatores ambientais na aquisição de direitos para extração de água subterrânea, dentro de instituições formais de governança para recursos naturais.

Para futuros estudos sugere-se incorporar dentro da análise indicadores específicos de eventos climáticos extremos, com a finalidade de capturar o efeito da variabilidade climática de curto prazo no uso de água subterrânea. Outro possível tema de pesquisa poderia relacionar a extração de recursos hídricos subterrâneos com irrigação agrícola, para identificar em que tipos de tecnologia (sustentável ou não) estão sendo utilizadas as águas do subsolo. Isso é uma questão importante para o uso sustentável dos recursos hídricos na agricultura.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esta tese teve como objetivo geral avançar na compreensão da relação entre efeito de pares e recursos naturais, especificamente no que tange as escolhas de consumo e uso de recursos hídricos. A influência dos pares foi analisada em três capítulos (artigos). No primeiro foi abordado o consumo residencial de água, no segundo a adoção de tecnologias de irrigação agrícola, e no terceiro a exploração de recursos hídricos subterrâneos. Foi investigado o caso do SP no Brasil, o qual pela sua importância econômica e populacional reviste especial interesse em relação à gestão pública de recursos hídricos, além de ter passado por uma recente crise hídrica (2014-2016), na qual os níveis de seca e redução da oferta hídrica afetaram o abastecimento desse recurso natural.

O capítulo 1 explorou a influência do grupo social de referência ou vizinhança, na determinação das preferências de consumo residencial de água. A evidência encontrada sugere a existência de efeitos de pares, através da influência da vizinhança na definição das escolhas de consumo, ou seja, o consumo relativo dos pares e normas socialmente construídas seria determinantes importantes da demanda domiciliar pelo recurso hídrico. O padrão de consumo do grupo de referência seria uma forma de emulação e diferenciação social, e estaria associado à posse e manutenção de bens de caráter posicional. No entanto, a influência da vizinhança não é homogênea na distribuição de consumo de água residencial, e portanto, o efeito dos pares é mais forte conforme a demanda dos domicílios vai adquirindo uma dimensão social cada vez mais importante, ao ser orientada pelo consumo de cestas de bens e serviços de caráter posicional. Nesse sentido, o efeito do grupo social de referência geraria um estímulo “perverso” e de desperdício que poderia afetar o uso sustentável do recurso hídrico, uma vez que os indivíduos não se preocupariam com a água como um bem público e escasso.

Os resultados desse capítulo trazem importantes elementos para orientar políticas de uso sustentável dos recursos ambientais. Sobretudo, levanta questionamentos acerca da plena efetividade das políticas públicas baseadas na cobrança como principal mecanismo para induzir o uso racional do recurso hídrico. Os maiores efeitos da variabilidade do preço não acontecem no topo da distribuição, onde se localizam os domicílios com maiores níveis de consumo. Por outro lado, a generalização desse tipo de políticas implicaria em perdas de bem-estar para os domicílios que consomem em níveis próximos às necessidades básicas. Não obstante, no extremo superior da distribuição de consumo, a influência do grupo social de

referência atinge sua maior magnitude. Políticas alicerçadas na economia comportamental poderiam ser implementadas para identificar os domicílios onde os efeitos da vizinhança são maiores e, a partir daí, criar os incentivos e/ou mecanismos adequados para induzi-los a um uso sustentável do recurso hídrico. Ou seja, intervenções para promover mudanças de comportamento usando aspectos comportamentais (Nudging, por exemplo), poderiam através das diversas manifestações do efeito de pares, ser eficientes ferramentas nas campanhas de estímulo ao consumo consciente de água residencial (especialmente nas classes mais consumidoras de água).

O capítulo 2 abordou o papel do efeito de pares na adoção e difusão de tecnologias de irrigação agrícola, como estratégia de adaptação à mudança climática. Foram analisados os sistemas de irrigação localizada e aspersão, e os resultados evidenciam a presença de efeitos de pares através de três tipos de canais. O primeiro canal seria o efeito de pares endógeno, o qual se referem a presença de *spillover* tecnológico, que reflete a transmissão de informações e experiências bem sucedidas entre unidades mais próximas entre si. Isso foi evidenciado somente para irrigação localizada, e portanto, seria um efeito “benéfico” que estaria influenciado positivamente a adoção de tecnologias mais eficientes e sustentáveis no uso de recursos hídricos. A não presença desses efeitos na irrigação por aspersão sugere o esgotamento do ciclo de difusão dessa tecnologia, assim como o potencial conflito socioambiental que ela poderia gerar por ser altamente consumidora de água.

O segundo canal é através do efeito de pares exógeno, ou seja, transbordamentos das características observáveis dos vizinhos que influenciam na adoção tecnológica de irrigação. Esses efeitos ocorrem principalmente através do nível de associação dos produtores na vizinhança. Agricultores associados estão mais inseridos em redes sociais, o que facilita o fluxo de informações que favoreceriam a adoção de sistemas mais sustentáveis no uso do recurso hídrico. O terceiro canal são os efeitos de pares correlatos, que representam fatores não observáveis de difícil mensuração que afetariam a escolha tecnológica. Esse tipo de efeito foi confirmado para a irrigação por aspersão, e poderia sugerir uma gestão pública eficiente que permita um adequado uso de recursos hídricos na vizinhança, facilitando e viabilizando sistemas de irrigação intensivos no consumo de água.

A evidência empírica encontrada nesse capítulo oferecer elementos para formulação de políticas públicas ambientais, que procurem estimular um uso mais sustentável dos recursos hídricos. Nesse sentido, ações individuais em relação a problemas ambientais

apresentam um componente comportamental, ou seja, elas são suscetíveis de serem orientadas em certa direção através de incentivos. Mecanismos de ação coletiva operando através dos efeitos de pares encontrados, na difusão tecnológica na agricultura poderiam ser úteis para estimular estratégias adaptativas à mudança climática, que incorporem sistemas de irrigação mais eficientes no uso do recurso hídrico (irrigação localizada), ao longo do tempo e do espaço. Esse aspecto é central para uma agricultura sustentável, já que favoreceria o consumo adequado de um recurso natural que está se tornando locacionalmente escasso.

Além da influência do efeito de pares, o capítulo 3 abordou também os efeitos da variabilidade climática e do conservacionismo na exploração de recursos hídricos subterrâneos. Foi analisada a adoção de dois tipos de poços subterrâneos: comuns ou convencionais, e tubulares ou artesianos. Os resultados sugerem a existência de efeito de pares endógeno na extração de recursos hídricos subterrâneos no SP. Porém, os poços tubulares ou artesianos teriam um maior padrão de concentração espacial, que intensificaria a exploração de aquíferos profundos podendo afetar o regime hídrico de localidades vizinhas. Isso geraria um comportamento de reciprocidade condicional como resposta à super exploração dos vizinhos. Portanto, esse *spillover* endógeno seria um efeito “perverso”, já que aceleraria a extração intensiva de recursos hídricos não renováveis, comprometendo a sustentabilidade do lençol freático.

Por outro lado, a variabilidade climática na estação seca geraria mudanças no padrão de extração de água subterrânea, já que reservatórios pequenos e perto da superfície seriam rapidamente afetados, diminuindo o uso de poços comuns. Isso poderia incrementar a pressão pela exploração de recursos hídricos de elevada profundidade (poços tubulares) para atendimento das demandas de consumo, o que dependendo dos fluxos de recarga poderia comprometer ainda mais o nível do lençol freático. Por sua vez, a variabilidade climática na estação chuvosa afetaria potencialmente o regime sazonal de recarga dos aquíferos mais profundos, o que alteraria o esquema de retirada de água do subsolo aumentando a difusão de poços comuns e diminuindo a de poços tubulares.

Um maior uso de práticas agrícolas de conservação do solo (plantio direto na palha, cultivo mínimo, pousio de solos e rotação de culturas) permitiria uma melhor eficiência no uso de recursos hídricos, gerando resiliência à variabilidade climática na estação seca; diminuindo a necessidade de extração de recursos hídricos de elevada profundidade como medida adaptativa. Por sua vez, uma maior preservação de áreas de floresta nativa

favoreceria a resiliência às variações do clima na estação chuvosa (período de crescimento das lavouras no SP). Pelas suas funções eco-hidrológicas, a vegetação natural favorece o microclima adequado para manutenção dos fluxos de água superficial, o que desestimularia a necessidade de extração de água subterrânea através de poços tubulares ou artesianos.

Os achados do terceiro capítulo são insumos importantes para o planejamento de estratégias e políticas orientadas à sustentabilidade e boa gestão dos recursos hídricos subterrâneos. Compreender os efeitos de pares é importante porque eles podem afetar os resultados das intervenções públicas. Essas ações de política devem levar em consideração as relações entre localidade e vizinhança, já que elas seriam importantes no entendimento dos padrões de extração de água subterrânea no espaço. Portanto, a análise de *Peer Effects* seria fundamental para desestimular a extração excessiva, e incentivar um consumo sustentável no longo prazo em cenários de variabilidade climática, através do gerenciamento e definição de regras de controle de exploração. Por exemplo, a diferenciação espacial de medidas de conservação como o espaçamento mínimo de poços e, formação de áreas de conservação para o controle de uso intensivo. Essas restrições teriam como objetivo reduzir as externalidades negativas sobre a sustentabilidade dos recursos hídricos do subsolo, causadas pela aglomeração espacial de poços subterrâneos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADESINA, A. A.; ZINNAH, M. M. Technology characteristics, farmers' perceptions and adoption decisions: A Tobit model application in Sierra Leone. **Agricultural Economics**, v. 9, n. 4, p. 297–311, 1 dez. 1993.

AGTHE, D. E.; BILLINGS, R. B. Dynamic models of residential water demand. **Water Resources Research**, v. 16, n. 3, p. 476–480, 1 jun. 1980.

AKIE, M.; EZAKI, S. **As Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo**. [s.l.: s.n.].

ALLCOTT, H.; ROGERS, T. The Short-Run and Long-Run Effects of Behavioral Interventions: Experimental Evidence from Energy Conservation. **American Economic Review**, v. 104, n. 10, p. 3003–3037, out. 2014.

ALMEIDA, E. **Econometria Espacial Aplicada**. [s.l.: s.n.].

ALPIZAR, F.; CARLSSON, F.; JOHANSSON-STENMAN, O. How much do we care about absolute versus relative income and consumption? **Journal of Economic Behavior & Organization**, v. 56, n. 3, p. 405–421, 1 mar. 2005.

ANA. **Atlas Irrigação - Uso da Água na Agricultura Irrigada**. [s.l.: s.n.].

ANDERSON, K.; REIS, E. **No Title The Effects of Climate Change on Brazilian Agricultural Profitability and Land Use: Cross-Sectional Model with Census Data Final report to WHRC/IPAM for LBA project Global Warming, Land Use, and Land Cover Changes in Brazil**., 2007.

ANDERSON, T. .; RUBIN, H. Estimation of the Parameters of a Single Equation in a Complete System of Stochastic Equations. **The Annal of Mathematical Statistics**, v. 20, p. 18, 1949.

ANDRADE, T. et al. Saneamento urbano: a demanda residencial por água. **Pesquisa e Planejamento Econômico**, v. 25, n. 3, p. 427–448, 1995.

ANEEL. **Cómo é composta a tarifa**. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/conteudo-educativo/-/asset_publisher/vE6ahPFxsWHt/content/composicao-da-tarifa/654800?inheritRedirect=false>.

ANGRIST, J. D. The perils of peer effects. **Labour Economics**, v. 30, p. 98–108, 1 out. 2014.

ANSELIN, L. Spatial econometrics. In: BALTAGI, B. H. (Ed.). . **A companion to theoretical econometrics**. New York: Blackwell Publishing Ltd, 2001. p. 310–330.

ANSELIN, L. Local Indicators of Spatial Association-LISA. **Geographical Analysis**, v. 27, n. 2, p. 93–115, set. 2010.

ANSELIN, L.; LE GALLO, J. Interpolation of Air Quality Measures in Hedonic House Price Models: Spatial Aspects. **Spatial Economic Analysis**, v. 1, n. 1, p. 31–52, jun. 2006.

ARBUÉS, F.; GARCÍA-VALIÑAS, M. Á.; MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA, R. Estimation of

residential water demand: a state-of-the-art review. **The Journal of Socio-Economics**, v. 32, n. 1, p. 81–102, mar. 2003.

ARBUÉS, F.; GARCÍA, M. Á.; MARTÍNEZ, R. Estimation of residential water demand: a state-of-the-art review. **The Journal of Socio-Economics**, v. 32, n. 1, p. 81–102, mar. 2003.

ARBUES, F.; VILLANUA, I. Potential for Pricing Policies in Water Resource Management: Estimation of Urban Residential Water Demand in Zaragoza, Spain. **Urban Studies**, v. 43, n. 13, p. 2421–2442, 2 dez. 2006.

ASHOFTEH, P. S.; BOZORG-HADDAD, O.; LOÁICIGA, H. A. Impacts of climate change on the conflict between water resources and agricultural water use. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v. 143, n. 4, 1 abr. 2017.

AUTANT-BERNARD, C.; LESAGE, J. P. Quantifying knowledge spillovers using spatial econometric models. **Journal of Regional Science**, v. 51, n. 3, p. 471–496, ago. 2011.

AYRES, I.; RASEMAN, S.; SHIH, A. **Evidence from Two Large Field Experiments that Peer Comparison Feedback Can Reduce Residential Energy Usage**. Cambridge, MA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w15386.pdf>>. Acesso em: 24 set. 2018.

BACHARACH, M. et al. Household Water Demand Estimation. 2015.

BALTAGI, B. H. **Econometric analysis of panel data**. 3th. ed. New York: John Wiley & Sons, 2008.

BARDHAN, P. K.; UDRY, C. **Development microeconomics**. [s.l.] Oxford University Press, 1999.

BARKATULLAH, N.; NADIRA. **OLS and instrumental variable price elasticity estimates for water in mixed-effects model under multiple tariff structure**. [s.l.] Dept. of Economics, University of Sydney, 1996.

BASANI, M.; ISHAM, J.; REILLY, B. The Determinants of Water Connection and Water Consumption: Empirical Evidence from a Cambodian Household Survey. **World Development**, v. 36, n. 5, p. 953–968, 1 maio 2008.

BATAGELJ, V. et al. **Understanding Large Temporal Networks and Spatial Networks: Exploration, Pattern Searching, Visualization and Network Evolution**. [s.l.] wiley, 2014.

BELL, K. P.; BOCKSTAEL, N. E. Applying the generalized-moments estimation approach to spatial problems involving microlevel data. **Review of Economics and Statistics**, v. 82, n. 1, p. 72–82, 13 mar. 2000.

BENHABIB, J.; BISIN, A.; JACKSON, M. O. **Handbook of social economics**. [s.l.] Elsevier/North-Holland, 2011.

BIRD. **World Development Report 2015: Mind, Society, and Behavior**. Washington DC.: [s.n.].

BONAN, J. et al. **Social Interaction and Technology Adoption: Experimental Evidence from Improved Cookstoves in Mali** Fondazione Eni Enrico Mattei (FEEM), , 2017. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/resrep16414>>. Acesso em: 12 set. 2018

BRAMOULLÉ, Y.; DJEBBARI, H.; FORTIN, B. Identification of peer effects through social

networks. **Journal of Econometrics**, v. 150, n. 1, p. 41–55, 1 maio 2009.

BRAUMAN, K. A.; FREYBERG, D. L.; DAILY, G. C. Land cover effects on groundwater recharge in the tropics: ecohydrologic mechanisms. **Ecohydrology**, v. 5, n. 4, p. 435–444, 1 jul. 2012.

BRENT, D. et al. **Are Behavioral Nudges Moral Taxes?. Evidence from a Field Experiment on Water Conservation Behavioral Interventions and Water Conservation**. Chicago: [s.n.]. Disponível em: <<https://www.aeaweb.org/conference/2017/preliminary/1841?page=6&per-page=50>>.

BRIAND, A. et al. The impact of tap connection on water use: The case of household water consumption in Dakar, Senegal. **Environment and Development Economics**, v. 15, n. 1, p. 107–126, fev. 2010.

BROUWER, C. et al. **Irrigation methods**. [s.l.: s.n.].

BUCHINSKY, M. The dynamics of changes in the female wage distribution in the USA: a quantile regression approach. **Journal of Applied Econometrics**, v. 13, n. 1, p. 1–30, 1 jan. 1998.

BUCHINSKY, M. Quantile regression with sample selection: Estimating women's return to education in the U.S. **Empirical Economics**, v. 26, n. 1, p. 87–113, 22 mar. 2001.

BURSZTYN, L. et al. Understanding Mechanisms Underlying Peer Effects: Evidence From a Field Experiment on Financial Decisions. **Econometrica**, v. 82, n. 4, p. 1273–1301, 1 jul. 2014.

CAMERON, A. C.; TRIVEDI, P. K. **Microeconometrics : Methods and Applications**. [s.l.: s.n.]. v. 53

CARLSSON, F.; DARUVALA, D.; JOHANSSON-STENMAN, O. **Are People Inequality-Averse, or Just Risk-Averse?** *Economica* WileyThe London School of Economics and Political ScienceThe Suntory and Toyota International Centres for Economics and Related Disciplines, , 2005. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3549145>>. Acesso em: 9 set. 2018

CARLSSON, F.; GUPTA, G.; JOHANSSON-STENMAN, O. Choosing from behind a veil of ignorance in India. **Applied Economics Letters**, v. 10, n. 13, p. 825–827, 20 out. 2003.

CARLSSON, F.; JOHANSSON-STENMAN, O.; MARTINSSON, P. **Do You Enjoy Having More than Others? Survey Evidence of Positional Goods** *Economica* WileyThe London School of Economics and Political ScienceThe Suntory and Toyota International Centres for Economics and Related Disciplines, , 2007. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/4541561>>. Acesso em: 10 set. 2018

CHARLES, K. K.; HURST, E.; ROUSSANOV, N. **Conspicuous Consumption and Race**. Cambridge, MA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w13392.pdf>>. Acesso em: 9 set. 2018.

CHICOINE, D. L.; DELLER, S. C.; RAMAMURTHY, G. Water Demand Estimation Under Block Rate Pricing: A Simultaneous Equation Approach. **Water Resources Research**, v. 22, n. 6, p. 859–863, 1 jun. 1986.

CHRISTENSEN, P. N. et al. Social Norms and Identity Relevance: A Motivational Approach to Normative Behavior. **Personality and Social Psychology Bulletin**, v. 30, n. 10, p. 1295–1309, 2 out. 2004.

COELHO, D.; VESZTEG, R.; SOARES, F. **Regressão quantílica com correção para a seletividade amostral: estimativa dos retornos educacionais e diferenciais raciais na distribuição de salários das mulheres no Brasil.** Texto para discussão. [s.l.: s.n.].

COMIN, D.; DMITRIEV, M.; ROSSI-HANSBERG, E. **The Spatial Diffusion of Technology**. Cambridge, MA: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.nber.org/papers/w18534.pdf>>. Acesso em: 15 out. 2019.

COOTER, R. D.; FELDMAN, M.; FELDMAN, Y. The Misperception of Norms: The Psychology of Bias and the Economics of Equilibrium. **Review of Law & Economics**, v. 4, n. 3, p. 889–911, 31 jan. 2008.

CÔRTEZ, P. L. et al. Crise de abastecimento de água em São Paulo e falta de planejamento estratégico. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 7–26, ago. 2015.

COSTA, A. F.; ROZZA, G. Recursos Hídricos Subterrâneos: Análise de Poços de Rodeio (SC). **Revista Eletrônica do Alto Vale do Itajaí**, v. 3, n. 4, p. 78–81, 15 abr. 2015.

DAEE; UNESP. **Águas subterrâneas no Estado de São Paulo: Diretrizes de utilização e proteção** Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos., 2013.

DAGNINO, M.; WARD, F. A. Economics of Agricultural Water Conservation: Empirical Analysis and Policy Implications. **International Journal of Water Resources Development**, v. 28, n. 4, p. 577–600, dez. 2012.

DAKHLALLA, A. O. et al. Evaluating the impacts of crop rotations on groundwater storage and recharge in an agricultural watershed. **Agricultural Water Management**, v. 163, p. 332–343, 1 jan. 2016.

DATTA, S. et al. **A behavioral approach to water conservation: evidence from Costa Rica**, 2015. Disponível em: <<http://documents.worldbank.org/curated/en/809801468001190306/A-behavioral-approach-to-water-conservation-evidence-from-Costa-Rica>>. Acesso em: 19 set. 2018

DAVIDSON, R.; MACKINNON, J. G. **Estimation and inference in econometrics**. [s.l.] Oxford University Press, 1993.

DE GIROLAMO, A. M. et al. Hydrology under climate change in a temporary river system: Potential impact on water balance and flow regime. **River Research and Applications**, v. 33, n. 7, p. 1219–1232, 1 set. 2017.

DE GROOT, R. S. et al. Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. **Ecological Complexity**, v. 7, n. 3, p. 260–272, 1 set. 2010.

DE GROOT, R. S.; WILSON, M. A.; BOUMANS, M. J. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. **Ecological Economics**, v. 41, n. 3, p. 393–408, 1 jun. 2002.

DELL, M.; JONES, B. F.; OLKEN, B. A. **What do we learn from the weather? The new**

climate-economy literature *Journal of Economic Literature* American Economic Association, , 1 set. 2014.

DESCHÊNES, O.; GREENSTONE, M. The Economic Impacts of Climate Change: Evidence from Agricultural Output and Random Fluctuations in Weather. **American Economic Review**, v. 97, n. 1, p. 354–385, fev. 2007.

DI FALCO, S.; VERONESI, M.; YESUF, M. Does Adaptation to Climate Change Provide Food Security? A Micro-Perspective from Ethiopia. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 93, n. 3, p. 829–846, 7 abr. 2011.

DOMENE, E. Changing patterns of water consumption in the suburban Barcelona: lifestyles and welfare as explanatory factors. **Investigaciones Geográficas**, n. 61, 2014.

DOMENE, E.; SAURÍ, D.; PARÉS, M. Urbanization and Sustainable Resource Use: The Case of Garden Watering in the Metropolitan Region of Barcelona. **Urban Geography**, v. 26, n. 6, p. 520–535, 16 set. 2005.

DRAKOPOULOS, S. The history of the mainstream rejection of interdependent preferences. **MPRA Paper**, 2010.

DRIDI, C.; KHANNA, M. Irrigation technology adoption and gains from water trading under asymmetric information. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 87, n. 2, p. 289–301, maio 2005.

DUFRENOT, G.; MIGNON, V.; TSANGARIDES, C. The trade-growth nexus in the developing countries: a quantile regression approach. **Review of World Economics**, v. 146, n. 4, p. 731–761, 17 dez. 2010.

DZIEGIELEWSKI, B. Management of Water Demand: Unresolved Issues. **Journal of Contemporary Water Research and Education**, v. 114, n. 1, 5 jul. 2011.

ELHORST, J. P. Applied Spatial Econometrics: Raising the Bar. **Spatial Economic Analysis**, v. 5, n. 1, p. 9–28, mar. 2010.

EPA. **Groundwater** Washington, D.C. United States Environmental Protection Agency - EPA, , 2020.

EVANS, R. G.; SADLER, E. J. Methods and technologies to improve efficiency of water use. **Water Resources Research**, v. 44, n. 7, 1 jul. 2008.

FAMIGLIETTI, J. S. The global groundwater crisis. **Nature Climate Change**, v. 4, p. 945–948, 2014.

FAO. **Coping with water scarcity An action framework for agriculture and food security**. Rome: [s.n.].

FERES, J. G.; REIS, E. J.; SPERANZA, J. S. Assessing the Impact of Climate Change on the Brazilian Agricultural Sector. **46th Congress, July 20-23, 2008, Rio Branco, Acre, Brazil**, 2008.

FERRARO, P. J.; PRICE, M. K. Using Nonpecuniary Strategies to Influence Behavior: Evidence from a Large-Scale Field Experiment. **Review of Economics and Statistics**, v. 95, n. 1, p. 64–73, 19 mar. 2013.

FINGLETON, B. A generalized method of moments estimator for a spatial panel model with an endogenous spatial lag and spatial moving average errors. **Spatial Economic Analysis**, v. 3, n. 1, p. 27–44, fev. 2008.

FISCHER, G. et al. Climate change impacts on irrigation water requirements: Effects of mitigation, 1990-2080. **Technological Forecasting and Social Change**, v. 74, n. 7, p. 1083–1107, set. 2007.

FORTIN, B.; YAZBECK, M. Peer effects, fast food consumption and adolescent weight gain. **Journal of Health Economics**, v. 42, p. 125–138, 1 jul. 2015.

FRANCZYK, J.; CHANG, H. Spatial Analysis of Water Use in Oregon, USA, 1985?2005. **Water Resources Management**, v. 23, n. 4, p. 755–774, 17 mar. 2009.

FRANK, R. H. **Choosing the right pond : human behavior and the quest for status**. [s.l.] Oxford University Press, 1985.

FRANK, R. H. **Luxury fever : money and happiness in an era of excess**. [s.l.] Princeton University Press, 2000.

FRANK, R. H. Does Context Matter More for Some Goods than Others? In: BIANCHI, M. (Ed.). **The Evolution of Consumption: Theories and Practices**. [s.l.] Emerald Group Publishing Limited, 2007. p. 231–248.

FREDERIKS, E.; STENNER, K.; HOBMAN, E. The Socio-Demographic and Psychological Predictors of Residential Energy Consumption: A Comprehensive Review. **Energies**, v. 8, n. 1, p. 573–609, 15 jan. 2015.

FREESE, J. Preferences. In: **The Oxford Handbook of Analytical Sociology**. [s.l.: s.n.]. p. 796.

GABER, M. **Michigan Flowing Well Handbook**. [s.l.: s.n.].

GARCIA, S.; REYNAUD, A. Estimating the benefits of efficient water pricing in France. **Resource and Energy Economics**, v. 26, n. 1, p. 1–25, 1 mar. 2004.

GAUDIN, S. Effect of price information on residential water demand. **Applied Economics**, v. 38, n. 4, p. 383–393, 10 mar. 2006.

GENIUS, M. et al. Information Transmission in Irrigation Technology Adoption and Diffusion: Social Learning, Extension Services, and Spatial Effects. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 96, n. 1, p. 328–344, 1 jan. 2014.

GEROSKI, P. A. Models of technology diffusion. **Research Policy**, v. 29, n. 4–5, p. 603–625, 2000.

GETIS, A. Reflections on spatial autocorrelation. **Regional Science and Urban Economics**, v. 37, n. 4, p. 491–496, 1 jul. 2007.

GOLDSMITH-PINKHAM, P.; IMBENS, G. W. Social Networks and the Identification of Peer Effects. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 31, n. 3, p. 253–264, jul. 2013.

GRAFTON, R. Q. et al. **Determinants of residential water consumption: Evidence and analysis from a 10-country household survey** *Water Resources Research* John Wiley &

Sons, Ltd, , 1 ago. 2011.

GREEN, T. R. et al. **Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater** *Journal of Hydrology* Elsevier, , 5 ago. 2011.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. New Jersey: Prentice Hall, 2003.

GUERRERO-BAENA, M. D. et al. Willingness to pay for improved irrigation water supply reliability: An approach based on probability density functions. **Agricultural Water Management**, v. 217, p. 11–22, 20 maio 2019.

GUJARATI, D.; PORTER, D. **Econometria**. [s.l: s.n.].

GURDAK, J. J.; MCMAHON, P. B.; BRUCE, B. W. Vulnerability of groundwater quality to human activity and climate change and variability, High Plains aquifer, USA. In: **Climate Change Effects on Groundwater Resources**. [s.l.] CRC Press, 2011. p. 163–186.

HALDORSEN, S.; HEIM, M.; VAN DER PLOEG, M. Impacts of climate change on groundwater in permafrost areas: Case study from Svalbard, Norway. In: **Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Synthesis of Findings and Recommendations**. [s.l.] CRC Press, 2011. p. 323–338.

HALLECK VEGA, S.; ELHORST, J. P. The SLX Model. **Journal of Regional Science**, v. 55, n. 3, p. 339–363, 1 jun. 2015.

HANSEN, L. P. Large Sample Properties of Generalized Method of Moments Estimators. **Econometrica**, v. 50, n. 4, p. 1029, jul. 1982.

HANSON, R. T. et al. A method for physically based model analysis of conjunctive use in response to potential climate changes. **Water Resources Research**, v. 48, n. 6, 1 jun. 2012.

HARDIN, G. The tragedy of the commons. The population problem has no technical solution; it requires a fundamental extension in morality. **Science (New York, N.Y.)**, v. 162, n. 3859, p. 1243–8, 13 dez. 1968.

HASTIE, R.; DAWES, R. M. **Rational choice in an uncertain world : the psychology of judgment and decision making**. [s.l.] SAGE, 2010.

HAUSMAN, J. A. Specification Tests in Econometrics. **Econometrica**, v. 46, n. 6, p. 1251, nov. 1978.

HAYASHI, F. **Econometrics**. [s.l.] Princeton University Press, 2000.

HEALY, R. W.; COOK, P. G. Using groundwater levels to estimate recharge. **Hydrogeology Journal**, v. 10, n. 1, p. 91–109, 12 fev. 2002.

HECKAMAN, J. T. Sample selection bias as a specification error. **Econometrica**, v. 47, n. 1, p. 153–161, 1979.

HEFFETZ, O.; FRANK, R. H. **Preferences for Status: Evidence and Economic Implications**, 1 jul. 2008. Disponível em:

<https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1155422>. Acesso em: 9 set. 2018

HIRATA, R. et al. **Estudos de Águas Subterrâneas**. São Paulo: [s.n.].

HIRSCH, F. **Social limits to growth**. [s.l.] Routledge, 2015.

HOBSON, K. Consumption, Environmental Sustainability and Human Geography in Australia: a Missing Research Agenda? **Australian Geographical Studies**, v. 41, n. 2, p. 148–155, 1 jul. 2003.

HOEKSTRA, A.; CHAPAGAIN, A. **Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern**. Water Resources Management. **Anais...Springer**, 27 jan. 2007

HOEKSTRA, A. Y.; CHAPAGAIN, A. K. **Globalization of Water: Sharing the Planet's Freshwater Resources**. [s.l.] Blackwell Publishing Ltd, 2008.

HOEKSTRA, A. Y.; HUNG, P. Q. Globalisation of water resources: International virtual water flows in relation to crop trade. **Global Environmental Change**, v. 15, n. 1, p. 45–56, 1 abr. 2005.

HÖGLUND, L. Household demand for water in sweden with implications of a potential tax on water use. **Water Resources Research**, v. 35, n. 12, p. 3853–3863, 1 dez. 1999.

HOUSE-PETERS, L.; PRATT, B.; CHANG, H. Effects of Urban Spatial Structure, Sociodemographics, and Climate on Residential Water Consumption in Hillsboro, Oregon 1. **JAWRA Journal of the American Water Resources Association**, v. 46, n. 3, p. 461–472, 1 jun. 2010.

HUANG, Q. et al. ANALYSIS of FACTORS THAT INFLUENCE the USE of IRRIGATION TECHNOLOGIES and WATER MANAGEMENT PRACTICES in Arkansas. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 49, n. 2, p. 159–185, 1 maio 2017.

IBGE. **Censo Agropecuário 2006 - Brasil, grandes regiões e unidades da federação**. Rio de Janeiro: [s.n.].

IBGE. **Pesquisa de Orçamentos Familiares 2009-2010: Despesas, rendimento e condições de vida**. [s.l: s.n.].

IBGE. **Indicadores IBGE**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <file:///C:/Users/Daniel/Downloads/pib-val-val_201904caderno_20200304_1000.pdf>.

IBGE. **Sistema IBGE de Recuperação Automática - SIDRA**.

INMET. **Portal do INMET - Instituto Nacional de Meteorologia**, 2017.

IOANNIDES, Y. M.; TOPA, G. NEIGHBORHOOD EFFECTS: ACCOMPLISHMENTS AND LOOKING BEYOND THEM. **Journal of Regional Science**, v. 50, n. 1, p. 343–362, fev. 2010.

ITO, K. Do Consumers Respond to Marginal or Average Price? Evidence from Nonlinear Electricity Pricing. **American Economic Review**, v. 104, n. 2, p. 537–563, fev. 2014.

JANVRY, A. DE et al. The Agricultural Technology Adoption Puzzle: What Can We Learn From Field Experiments? **Working Papers**, 2016.

JASECHKO, S. et al. The pronounced seasonality of global groundwater recharge. **Water Resources Research**, v. 50, n. 11, p. 8845–8867, 1 nov. 2014.

KAAUKAUSKAS, A.; BROBERG, T.; JARAITE, J. Social Comparisons in Real Time: A Field Experiment of Residential Electricity and Water Use. **SSRN Electronic Journal**, 22 nov. 2017.

KASSAM, A.; FRIEDRICH, T.; DERPSCH, R. Global spread of Conservation Agriculture. **International Journal of Environmental Studies**, v. 76, n. 1, p. 29–51, 2 jan. 2019.

KELEJIAN, H. H.; PRUCHA, I. R. A Generalized Spatial Two-Stage Least Squares Procedure for Estimating a Spatial Autoregressive Model with Autoregressive Disturbances. **The Journal of Real Estate Finance and Economics**, v. 17, n. 1, p. 99–121, 1998.

KELEJIAN, H. H.; PRUCHA, I. R.; YUZEFOVICH, Y. **INSTRUMENTAL VARIABLE ESTIMATION OF A SPATIAL AUTOREGRESSIVE MODEL WITH AUTOREGRESSIVE DISTURBANCES: LARGE AND SMALL SAMPLE RESULTS** *Advances in Econometrics* Emerald Group Publishing Limited, , 2004.

KELEJIAN, H. H.; ROBINSON, D. P. Spatial autocorrelation: A new computationally simple test with an application to per capita county police expenditures. **Regional Science and Urban Economics**, v. 22, n. 3, p. 317–331, 1 set. 1992.

KHAIR, S. M. et al. Diverse drivers of unsustainable groundwater extraction behaviour operate in an unregulated water scarce region. **Journal of Environmental Management**, v. 236, p. 340–350, 15 abr. 2019.

KIM, T.; MULLER, C. Two-stage quantile regression when the first stage is based on quantile regression. **The Econometrics Journal**, v. 7, n. 1, p. 218–231, 1 jun. 2004.

KLOCKE, N. L. et al. NITRATE LEACHING IN IRRIGATED CORN AND SOYBEAN IN A SEMI-ARID CLIMATE. **Transactions of the ASAE**, v. 42, n. 6, p. 1621–1630, nov. 1999.

KLØVE, B. et al. Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. **Journal of Hydrology**, v. 518, n. PB, p. 250–266, 1 out. 2014.

KOCH, C.; NAX, H. **Groundwater usage: Game theory and empirics**. [s.l.: s.n.].

KOENKER, R.; BASSETT, G. Regression Quantiles. **Econometrica**, v. 46, n. 1, p. 33, jan. 1978.

KOENKER, R.; HALLOCK, K. F. Quantile Regression. **Journal of Economic Perspectives**, v. 15, n. 4, p. 143–156, nov. 2001.

KOLESÁR, M. et al. Identification and Inference With Many Invalid Instruments. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 33, n. 4, p. 474–484, 2 out. 2015.

KOUNDOURI, P.; NAUGES, C.; TZOUVELEKAS, V. Technology adoption under production uncertainty: Theory and application to irrigation technology. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 88, n. 3, p. 657–670, ago. 2006.

KRAVETS, O. et al. **The SAGE Handbook of Consumer Culture**. [s.l.] SAGE Publications Ltd, 2018.

KRISHNAN, P.; PATNAM, M. Neighbors and extension agents in ethiopia: Who matters more for technology adoption? **American Journal of Agricultural Economics**, v. 96, n. 1, p. 308–327, jan. 2014.

- KRISHNASWAMY, J. et al. The groundwater recharge response and hydrologic services of tropical humid forest ecosystems to use and reforestation: Support for the “infiltration-evapotranspiration trade-off hypothesis”. **Journal of Hydrology**, v. 498, p. 191–209, 19 ago. 2013.
- LEE, L.-F. Asymptotic Distributions of Quasi-Maximum Likelihood Estimators for Spatial Autoregressive Models. **Econometrica**, v. 72, n. 6, p. 1899–1925, 1 nov. 2004.
- LEE, L.; LAWRENCE, D.; PRICE, M. Analysis of water-level response to rainfall and implications for recharge pathways in the Chalk aquifer, SE England. **Journal of Hydrology**, v. 330, n. 3–4, p. 604–620, 15 nov. 2006.
- LESAGE, J. P. An Introduction to Spatial Econometrics. **Revue d'économie industrielle**, v. n° 123, n. 3, p. 19–44, 2008.
- LESAGE, J. P.; PACE, R. K. **Introduction to spatial econometrics**. [s.l.] CRC Press, 2009.
- LEVINE, A. S.; FRANK, R. H.; DIJK, O. Expenditure Cascades. **SSRN Electronic Journal**, 13 set. 2010.
- LI, H.; ZHAO, J. Rebound effects of new irrigation technologies: The role of water rights. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 100, n. 3, p. 786–808, 1 abr. 2018.
- LUCAS, M. et al. Evaluation de données de télédétection pour estimer la recharge d'une zone d'affleurement du Système Aquifère de Guarani (Amérique du Sud). **Hydrogeology Journal**, v. 23, n. 5, p. 961–969, 24 ago. 2015.
- LUDWING, F.; MOENCH, M. The impacts of climate change on water. In: LUDWIG, F. et al. (Eds.). **Climate Change adaptation in the Water Sector**. London: Earthscan Publishing, 2009. p. 35–50.
- MACCHERONI, F.; MARINACCI, M.; RUSTICHINI, A. Social Decision Theory: Choosing within and between Groups. **The Review of Economic Studies**, v. 79, n. 4, p. 1591–1636, 1 out. 2012.
- MAERTENS, A.; BARRETT, C. B. **Measuring social networks' effects on agricultural technology adoption**. American Journal of Agricultural Economics. **Anais...**jan. 2013
- MAGRIN, G. et al. **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. [s.l.: s.n.].
- MANSKI, C. F. Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem. **The Review of Economic Studies**, v. 60, n. 3, p. 531, jul. 1993.
- MANSVELT, J. **Geographies of consumption**. [s.l.] SAGE, 2005.
- MAPBIOMAS. **Coleção 5 da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil**. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 1 set. 2020.
- MARGAT, J.; GUN, J. VAN DER. **Groundwater around the World: a geographic synopsis**. 1st. ed. New York, NY: CRC Press, 2013.
- MARRA, M.; PANNELL, D. J.; ABADI GHADIM, A. The economics of risk, uncertainty and learning in the adoption of new agricultural technologies: where are we on the learning curve? **Agricultural Systems**, v. 75, n. 2–3, p. 215–234, 1 fev. 2003.

- MARTÍNEZ-ESPIÑEIRA *, R.; NAUGES, C. Is all domestic water consumption sensitive to price control? **Applied Economics**, v. 36, n. 15, p. 1697–1703, set. 2004.
- MEIER, H.; REHDANZ, K. Determinants of residential space heating expenditures in Great Britain. **Energy Economics**, v. 32, n. 5, p. 949–959, 1 set. 2010.
- MEKONNEN, D.; SIDDIQI, A.; RINGLER, C. Drivers of groundwater use and technical efficiency of groundwater, canal water, and conjunctive use in Pakistan's Indus Basin Irrigation System. **International Journal of Water Resources Development**, v. 32, n. 3, p. 459–476, 3 maio 2016.
- MENDELSON, R. The impact of climate change on agriculture in developing countries. **Journal of Natural Resources Policy Research**, v. 1, n. 1, p. 5–19, 2008.
- MENDELSON, R.; SEO, N. **Changing farm types and irrigation as an adaptation to climate change in Latin American agriculture**, 1 mar. 2007.
- MILLO, G.; PIRAS, G. Splm: Spatial panel data models in R. **Journal of Statistical Software**, v. 47, abr. 2012.
- MONACO, E. et al. Climate change, effective water use for irrigation and adaptability of maize: A case study in southern Italy. **Biosystems Engineering**, v. 128, p. 82–99, 1 dez. 2014.
- MONCUR, J. E. T. **Urban Water Pricing and Drought Management** WATER RESOURCES RESEARCH. [s.l.: s.n.]. Disponível em: <<https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1029/WR023i003p00393>>. Acesso em: 15 abr. 2019.
- MULLER, C. Heterogeneity and nonconstant effect in two-stage quantile regression. **Econometrics and Statistics**, v. 8, p. 3–12, 1 out. 2018.
- NASA/JPL-CALTECH. **Map of Groundwater Storage Trends for Earth's 37 Largest Aquifers**.
- NAUGES, C.; THOMAS, A. Long-run Study of Residential Water Consumption. **Environmental and Resource Economics**, v. 26, n. 1, p. 25–43, 2003.
- NEARY, D. G.; ICE, G. G.; JACKSON, C. R. Linkages between forest soils and water quality and quantity. **Forest Ecology and Management**, v. 258, n. 10, p. 2269–2281, 30 out. 2009.
- NEGRI, D. H.; GOLLEHON, N. R.; AILLERY, M. P. The effects of climatic variability on US irrigation adoption. **Climatic Change**, v. 69, n. 2–3, p. 299–323, abr. 2005.
- NEWMAN, J. The Water Wars that Defined the American West Are Heading East. **Dow Jones Institutional News**, 2 dez. 2019.
- NI, X.; PARAJULI, P. B.; OUYANG, Y. Assessing Agriculture Conservation Practice Impacts on Groundwater Levels at Watershed Scale. **Water Resources Management**, v. 34, n. 4, p. 1553–1566, 1 mar. 2020.
- NIESWIADOMY, M. L.; MOLINA, D. J. Comparing Residential Water Demand Estimates under Decreasing and Increasing Block Rates Using Household Data. **Land Economics**, v.

65, n. 3, p. 280, ago. 1989.

OSTROM, E. **Governing the commons: The evolution of institutions for collective action**. [s.l.] Cambridge University Press, 2015.

PAUL, M. J. Impact of land-use patterns on distributed groundwater recharge and discharge - A case study of western Jilin, China. **Chinese Geographical Science**, v. 16, n. 3, p. 229–235, 2006.

PESARAN; M.H. 'General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels'. **Cambridge Working Papers in Economics**, 2004.

PESCHIERA, G.; TAYLOR, J. E. The impact of peer network position on electricity consumption in building occupant networks utilizing energy feedback systems. **Energy and Buildings**, v. 49, p. 584–590, 1 jun. 2012.

PESCHIERA, G.; TAYLOR, J. E.; SIEGEL, J. A. Response–relapse patterns of building occupant electricity consumption following exposure to personal, contextualized and occupant peer network utilization data. **Energy and Buildings**, v. 42, n. 8, p. 1329–1336, 1 ago. 2010.

PETROBRAS. **Composição de Preços do Gás Liquefeito de Petróleo - Petrobras**. Disponível em: <<http://www.petrobras.com.br/pt/produtos-e-servicos/composicao-de-precos-de-venda-ao-consumidor/gas-liquefeito-de-petroleo-glp/>>. Acesso em: 7 nov. 2018.

PIDGEON, N.; FISCHHOFF, B. **The role of social and decision sciences in communicating uncertain climate risks** *Nature Climate Change*, abr. 2011.

PINT, E. M. Household Responses to Increased Water Rates during the California Drought. **Land Economics**, v. 75, n. 2, p. 246, maio 1999.

PRATIWI, A.; SUZUKI, A. Effects of farmers' social networks on knowledge acquisition: lessons from agricultural training in rural Indonesia. **Journal of Economic Structures**, v. 6, n. 1, 1 dez. 2017.

RAYO, L.; BECKER, G. S. **Habits, Peers, and Happiness: An Evolutionary Perspective** *The American Economic Review* American Economic Association, , 2007. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/30034500>>. Acesso em: 10 set. 2018

RICHARDS, P. It's not just where you farm; it's whether your neighbor does too. How agglomeration economies are shaping new agricultural landscapes. **Journal of Economic Geography**, v. 18, n. 1, p. 87–110, 1 jan. 2018.

SAMPSON, G. S.; PERRY, E. D. The Role of Peer Effects in Natural Resource Appropriation – The Case of Groundwater. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 101, n. 1, p. 154–171, 1 jan. 2018.

SAMPSON, G. S.; PERRY, E. D. Peer effects in the diffusion of water-saving agricultural technologies. **Agricultural Economics (United Kingdom)**, v. 50, n. 6, p. 693–706, 1 nov. 2019.

SAMUELSON, L. **Information-Based Relative Consumption Effects** *Econometrica* The Econometric Society, , 2004. Disponível em: <<https://www.jstor.org/stable/3598851>>. Acesso em: 11 set. 2018

SCHELLING, T. C. Dynamic models of segregation†. **The Journal of Mathematical Sociology**, v. 1, n. 2, p. 143–186, jul. 1971.

SCHELLING, T. C. **A process of residential segregation : neighborhood tipping**. Pascal Lex ed. MA: [s.n.].

SCHLENKER, W.; HANEMANN, W. M.; FISHER, A. C. Water availability, degree days, and the potential impact of climate change on irrigated agriculture in California. **Climatic Change**, v. 81, n. 1, p. 19–38, mar. 2007.

SCHMIDT, C. A. J.; LIMA, M. A. M. A demanda por energia elétrica no Brasil. **Revista Brasileira de Economia**, v. 58, n. 1, p. 68–98, mar. 2004.

SCHULTZ, P. W. et al. The Constructive, Destructive, and Reconstructive Power of Social Norms. **Psychological Science**, v. 18, n. 5, p. 429–434, 25 maio 2007.

SCHULTZ, P. W. et al. Personalized Normative Feedback and the Moderating Role of Personal Norms. **Environment and Behavior**, v. 48, n. 5, p. 686–710, 12 jun. 2016.

SCIBEK, J. et al. Groundwater-surface water interaction under scenarios of climate change using a high-resolution transient groundwater model. **Journal of Hydrology**, v. 333, n. 2–4, p. 165–181, 15 fev. 2007.

SEO, S. N. An analysis of public adaptation to climate change using agricultural water schemes in South America. **Ecological Economics**, v. 70, n. 4, p. 825–834, 15 fev. 2011.

SEO, S. N.; MENDELSON, R. An analysis of crop choice: Adapting to climate change in South American farms. **Ecological Economics**, v. 67, n. 1, p. 109–116, 15 ago. 2008.

SEYRANIAN, V.; SINATRA, G. M.; POLIKOFF, M. S. Comparing communication strategies for reducing residential water consumption. **Journal of Environmental Psychology**, v. 41, p. 81–90, 1 mar. 2015.

SINGH, S.; PARK, J. Drivers of change in groundwater resources: a case study of the Indian Punjab. **Food Security**, v. 10, n. 4, p. 965–979, 1 ago. 2018.

STERN, N. **The economics of climate change: The stern review**. [s.l.] Cambridge University Press, 2007. v. 9780521877251

STOCK, J.; YOGO, M.; WRIGHT, J. A Survey of Weak Instruments and Weak Identification in Generalized Method of Moments. **Journal of Business and Economic Statistics**, v. 20, 2002.

SULLIVAN, C. Calculating a Water Poverty Index. **World Development**, v. 30, n. 7, p. 1195–1210, 1 jul. 2002.

SUNDING, D.; ZILBERMAN, D. Chapter 4 The agricultural innovation process: Research and technology adoption in a changing agricultural sector. **Handbook of Agricultural Economics**, v. 1, p. 207–261, 1 jan. 2001.

TOBIAS, K.; TOBIAS, L. **Relative consumption preferences and public provision of private goods** Social Science Research Center Berlin (WZB). [s.l.: s.n.].

TREIDEL, H.; MARTIN-BOORDES, J.; GURDAK, J. **Climate Change Effects on Groundwater Resources: A Global Synthesis of Findings and Recommendations**. [s.l.:

s.n.].

TSUSAKA, T. W. et al. Neighborhood effects and social behavior: The case of irrigated and rainfed farmers in Bohol, the Philippines. **Journal of Economic Behavior and Organization**, v. 118, p. 227–246, 1 out. 2015.

TURRAL, H.; BURKE, J.; FAURÉS, J.-M. **Climate change, water and food security** Fao **waters Reports**, 2011. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/i2096e/i2096e00.htm>>

UAIENE, R. N.; ARDNT, C.; MASTERS, W. A. **Determinants of agricultural technology adoption in Mozambique** Discussion papers. [s.l: s.n.].

UNESCO. **The United Nations world water development report 2020: water and climate change**. Paris: [s.n.].

VEBLEN, T. **The theory of the leisure class an economic study of institutions**,. New York: Modern library, 1934.

VILLANUEVA, D. B. et al. Assessment of Neighborhood and Spillover Effects on Technical Efficiency of Irrigated Rice Farmers. **Asian Journal of Agriculture and Development**, v. 14, n. 2, p. 103–126, 1 dez. 2017.

WADA, Y. et al. Global depletion of groundwater resources. **Geophysical Research Letters**, v. 37, n. 20, 1 out. 2010.

WADA, Y.; VAN BEEK, L. P. H.; BIERKENS, M. F. P. Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: A global assessment. **Water Resources Research**, v. 48, n. 1, 1 jun. 2012.

WARZINIACK, T. et al. Effect of Forest Cover on Water Treatment Costs. **Water Economics and Policy**, v. 3, n. 4, p. 1750006, 1 out. 2017.

WHO. **Domestic Water Quantity, Service Level and Health** World Health Organization, 2003. Disponível em: <https://www.who.int/water_sanitation_health/diseases/WSH03.02.pdf?ua=1>

WHO. **Safely managed drinking water - thematic report on drinking water 2017**. Geneva: [s.n.].

WILLIAMS, M.; SUH, B. The demand for urban water by customer class. **Applied Economics**, v. 18, n. 12, p. 1275–1289, 28 dez. 1986.

WOLLNI, M.; ANDERSSON, C. Spatial patterns of organic agriculture adoption: Evidence from Honduras. **Ecological Economics**, v. 97, p. 120–128, 1 jan. 2014.

WOOLDRIDGE, J. M. **Introductory Econometrics: A Modern Approach**. [s.l: s.n.]. v. 2nd

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric analysis of cross section and panel data**. London: MIT Press, 2010.

WOOLDRIDGE, J. M. Control Function Methods in Applied Econometrics. **Journal of Human Resources**, v. 50, n. 2, p. 420–445, 28 abr. 2015.

WORTHINGTON, A. C.; HOFFMAN, M. AN EMPIRICAL SURVEY OF RESIDENTIAL WATER DEMAND MODELLING. **Journal of Economic Surveys**, v. 22, n. 5, p. 842–871,

24 jul. 2008.

WRIGHT, A. et al. A Spatial Analysis of Irrigation Technology. **Natural Resources**, v. 04, n. 04, p. 307–318, 24 jul. 2013.

ZHANG, H.; HISCOCK, K. M. Modelling the impact of forest cover on groundwater resources: A case study of the Sherwood Sandstone aquifer in the East Midlands, UK. **Journal of Hydrology**, v. 392, n. 3–4, p. 136–149, 15 out. 2010.

ZHANG, Y. K.; SCHILLING, K. E. Effects of land cover on water table, soil moisture, evapotranspiration, and groundwater recharge: A Field observation and analysis. **Journal of Hydrology**, v. 319, n. 1–4, p. 328–338, 15 mar. 2006.

ZSOHAR, P. **Short introduction to the Generalized Method of Moments** Hungarian Statistical Review. [s.l: s.n.].

APÊNDICES

APÊNDICE A. Estimativas do primeiro estágio para o preço médio da água, consumo da vizinhança e o modelo de seleção.

Primeiro Estágio	Ln preço médio da água	Ln consumo médio da vizinhança	Modelo de seleção
Ln da renda total	0.084** (0.03)	-0.039 (0.025)	-0.020 (0.048)
Cobertura de telha	0.2* (0.1)	-0.244** (0.075)	0.666*** (0.073)
Paredes de alvenaria	-0.104 (0.116)	0.144* (0.059)	0.110 (0.181)
Piso de cerâmica, lajota, pedra ou cimento	0.031 (0.079)	0.02 (0.058)	0.272** (0.102)
Número de cômodos usados como dormitório	-0.014 (0.034)	0.002 (0.025)	0.106* (0.050)
Acesso a rede de esgoto	0.131* (0.065)	0.013 (0.054)	0.285** (0.090)
Chefe de família mulher	0.032 (0.042)	0.045 (0.033)	-0.159* (0.063)
Idade chefe de família (Anos)	0.003+ (0.001)	-0.003** (0.001)	0.006** (0.002)
Escolaridade chefe de família (Anos)	-0.001 (0.002)	0 (0.002)	-0.007 (0.004)
Número de pessoas no domicílio	-0.018 (0.016)	-0.002 (0.012)	0.024 (0.024)
Freezer	-0.036 (0.051)	0.044 (0.046)	0.058 (0.091)
Geladeira	-0.01 (0.039)	-0.006 (0.03)	0.089 (0.063)
Microondas	-0.037 (0.037)	0.017 (0.031)	0.036 (0.065)
Maquina de lavar	-0.026 (0.087)	-0.043 (0.074)	-0.333* (0.130)
Secadora de roupa	-0.007 (0.038)	-0.017 (0.028)	0.104 (0.063)
Secador de Cabelo	-0.008 (0.169)	-0.204 (0.132)	0.013 (0.208)
Ferro	-0.099 (0.075)	-0.053 (0.06)	0.308** (0.105)
Área urbana de capital	-0.062 (0.058)	0.362*** (0.051)	-0.089 (0.084)
Área urbana metropolitana	0.05 (0.048)	-0.036 (0.038)	-0.078 (0.089)

Área rural	0.152+ (0.081)	-0.063 (0.059)	-0.443*** (0.097)
Número de aparelhos de ar condicionado	0.143*** (0.039)	0 (0.028)	-0.112 (0.083)
Número de ventiladores	-0.038+ (0.02)	0.023 (0.014)	0.032 (0.030)
Número de chuveiros	0.03 (0.028)	-0.022 (0.02)	0.062 (0.052)
Ratio de Mills	-0.056 (0.188)	-0.127 (0.129)	
Gasto médio de energia na vizinhança	0.323*** (0.066)	0.218*** (0.053)	-0.124+ (0.066)
Preço médio do gás na vizinhança	1.551*** (0.302)	-0.857** (0.272)	0.915** (0.336)
Média de moradores na vizinhança	-0.062+ (0.036)	0.124*** (0.03)	0.085+ (0.048)
Média de ventiladores na vizinhança	-0.154*** (0.038)	0.145*** (0.034)	-0.039 (0.047)
Coleta direta de lixo			0.826*** (0.170)
Rua pavimentada			0.403*** (0.100)
Constante	-1.322* (0.641)	1.739** (0.503)	-3.239*** (0.622)
Número de observações	1,799	1,799	3,409
R - Quadrado	0.1281	0.2163	0.1543
R - Quadrado Ajustado	0.1143	0.2039	

+ p < 0.10; * p < 0.05; ** p < 0.01; *** p < 0.001

Fonte: Resultados da pesquisa.

APÊNDICE B. Testes de variáveis instrumentais.

<i>TESTES DE VARIÁVEIS INSTRUMENTAIS</i>	2SLS	LIML	GMM
<i>Teste de Endogeneidade:</i>			
<i>Ho: variables are exogenous</i>			
Wooldridge's score	10.425**		
Robust regression	4.700*		
C Statistic		9.562**	9.657**
<i>Teste de sobreidentificação:</i>			
Basman	2.136		
Wooldridge's robust score	2.104		
Sargan-Hansen - Score	1.907	1.387	1.394
<i>Teste de relevancia dos instrumentos:</i>			
Ln Average water price	11.885***	11.880***	11.885***
Ln Average water consumption_neighborhood	24.058***	24.060***	24.058***

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE C. Estimativas modelo de seleção de Buchinsky e primeiro estágio de Least Absolute Deviation.

Primeiro Estágio	Modelo de seleção ϕ	Ln preço médio da água Ω
Ln da renda total	-0.109 (0.101)	0.059** (0.020)
Ln do consumo médio de água na vizinhança	0.074 (0.170)	-0.428*** (0.046)
Cobertura de telha	1.137*** (0.331)	0.007 (0.044)
Paredes de alvenaria	-0.505 (0.344)	-0.146+ (0.079)
Piso de cerâmica, lajota, pedra ou cimento	0.340 (0.215)	0.059 (0.044)
Número de cômodos usados como dormitório	0.122 (0.158)	0.026 (0.022)
Acesso a rede de esgoto	0.841*** (0.228)	0.235*** (0.045)
Chefe de família mulher	-0.338 (0.211)	0.062** (0.023)
Idade chefe de família (Anos)	0.015** (0.005)	0.001 (0.001)
Escolaridade chefe de família (Anos)	-0.009 (0.008)	0.000 (0.002)
Número de pessoas no domicílio	0.056 (0.069)	-0.013 (0.012)
Freezer	-0.080 (0.195)	0.040 (0.046)
Geladeira	-0.107 (0.323)	-0.074 (0.081)
Microondas	0.209 (0.171)	-0.000 (0.029)
Maquina de lavar	0.161 (0.121)	-0.014 (0.026)
Secadora de roupa	-0.614 (0.374)	-0.011 (0.056)
Secador de Cabelo	0.123 (0.128)	-0.006 (0.024)
Ferro	0.520* (0.222)	-0.051 (0.032)
Área urbana de capital	0.021 (0.223)	0.183*** (0.027)
Área urbana metropolitana	Offset	0.066+ (0.039)

Área rural	0.314+	0.170***
	(0.182)	(0.032)
Número de aparelhos de ar condicionado	-0.176	0.079***
	(0.203)	(0.023)
Número de ventiladores	0.129	-0.009
	(0.189)	(0.010)
Número de chuveiros	0.119	0.007
	(0.116)	(0.023)
Coleta direta de lixo	1.299*	
	(0.556)	
Rua pavimentada	0.796*	
	(0.360)	
Gasto médio de energia na vizinhança	-0.549***	0.300***
	(0.159)	(0.048)
Preço médio do gás na vizinhança	0.549	0.805***
	(0.758)	(0.156)
Ratio de Mills		-0.146
		(1.033)
Ratio de Mills ^ 2		-0.118
		(2.541)
Constante		0.027
		(0.286)
Número de observações	2,929	1,799

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Φ Modelo semiparamétrico por quase-máxima verossimilhança

Ω Modelo Least Absolute Deviation

APÊNDICE D. Estimativas completas do segundo estágio para MQO, 2SLS, LIML, GM e CF.

Variáveis Independentes	Variável dependente: Ln consumo residencial de água						
	OLS			Modelos de variáveis instrumentais, com controle de seleção amostral			
	[1]	[2]	[3]	2SLS	LIML	GMM	CF ^Ø
Ln do preço da água	-0.620*** (0.032)	-0.626*** (0.029)	-0.637*** (0.028)	-0.381*** (0.098)	-0.375*** (0.101)	-0.381*** (0.098)	-0.365*** (0.091)
Ln da renda total	0.214*** (0.021)	0.158*** (0.022)	0.083** (0.027)	0.195* (0.092)	0.194* (0.093)	0.188* (0.091)	0.045+ (0.027)
Ln do consumo de água na vizinhança	0.280*** (0.032)	0.231*** (0.031)	0.204*** (0.031)	0.049+ (0.027)	0.048+ (0.028)	0.051+ (0.027)	0.190** (0.067)
Cobertura de telha		-0.164*** (0.035)	-0.101** (0.038)	-0.075 (0.098)	-0.076 (0.098)	-0.047 (0.088)	-0.067 (0.102)
Paredes de alvenaria		-0.036 (0.065)	-0.057 (0.065)	-0.005 (0.081)	-0.004 (0.081)	0.002 (0.079)	-0.001 (0.071)
Piso de cerâmica, lajota, pedra ou cimento		-0.027 (0.069)	-0.013 (0.065)	0.039 (0.066)	0.039 (0.066)	0.041 (0.065)	0.043 (0.066)
Número de cômodos usados como dormitório		0.285*** (0.054)	0.055* (0.026)	0.075* (0.029)	0.075* (0.029)	0.077** (0.029)	0.078** (0.028)
Acesso a rede de esgoto		0.027 (0.033)	0.274*** (0.052)	0.270*** (0.063)	0.269*** (0.063)	0.278*** (0.061)	0.270*** (0.060)
Chefe de família mulher		0.004*** (0.001)	0.015 (0.034)	-0.005 (0.041)	-0.005 (0.041)	-0.010 (0.041)	-0.009 (0.042)
Idade chefe de família (Anos)		0.005* (0.002)	0.004*** (0.001)	0.003* (0.001)	0.003* (0.001)	0.003** (0.001)	0.003* (0.001)
Escolaridade chefe de família (Anos)		0.112*** (0.011)	0.002 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)
Número de pessoas no domicílio		0.396* (0.174)	0.096*** (0.014)	0.101*** (0.014)	0.101*** (0.014)	0.102*** (0.014)	0.102*** (0.014)
Freezer			0.122* (0.049)	0.129* (0.051)	0.129* (0.051)	0.139** (0.050)	0.135** (0.051)
Geladeira			0.077 (0.090)	0.072 (0.119)	0.072 (0.120)	0.074 (0.120)	0.074 (0.091)
Microondas			0.065* (0.030)	0.071* (0.033)	0.071* (0.033)	0.075* (0.033)	0.072* (0.032)
Maquina de lavar			0.026 (0.031)	0.038 (0.032)	0.038 (0.032)	0.039 (0.032)	0.039 (0.032)
Secadora de roupa			0.140+ (0.140)	0.107 (0.107)	0.107 (0.107)	0.092 (0.092)	0.111 (0.111)

			(0.073)	(0.085)	(0.085)	(0.081)	(0.089)
Secador de Cabelo			0.100**	0.118**	0.118**	0.124***	0.120***
			(0.032)	(0.037)	(0.037)	(0.036)	(0.036)
Ferro			0.036	0.123+	0.123+	0.135+	0.130+
			(0.055)	(0.074)	(0.074)	(0.071)	(0.073)
Área urbana de capital			0.158***	0.131*	0.131*	0.136*	0.126**
			(0.042)	(0.054)	(0.054)	(0.054)	(0.043)
Área urbana metropolitana			0.081*	0.012	0.010	0.016	0.003
			(0.039)	(0.046)	(0.046)	(0.045)	(0.047)
Área rural			0.057	-0.085	-0.087	-0.106	-0.103
			(0.041)	(0.103)	(0.103)	(0.096)	(0.110)
Número de aparelhos de ar condicionado			0.082*	0.042	0.041	0.036	0.037
			(0.038)	(0.043)	(0.043)	(0.042)	(0.045)
Número de ventiladores			0.019	0.036*	0.036*	0.037*	0.037*
			(0.015)	(0.017)	(0.017)	(0.017)	(0.017)
Número de chuveiros			-0.043	-0.045+	-0.045+	-0.048*	-0.043+
			(0.028)	(0.024)	(0.024)	(0.024)	(0.024)
Ratio de Mills				0.227	0.229	0.294	0.261
				(0.246)	(0.246)	(0.220)	(0.265)
Resíduo forma reduzida - Ln Preço da água							-0.288**
							(0.092)
Resíduo forma reduzida - Ln Consumo de água na vizinhança							0.010
							(0.072)
Constante	0.540**	0.396*	0.771***	0.223	0.217	0.115	0.180
	(0.177)	(0.174)	(0.211)	(0.505)	(0.506)	(0.469)	(0.509)
Número de observações	1,806	1,806	1,805	1,799	1,799	1,799	1,799
R - Quadrado	0.453	0.520	0.544	0.496	0.494	0.495	0.547

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE E. Estimativas completas do segundo estágio para regressão quantílica

Variáveis Independentes	Variável dependente: Ln consumo residencial de água				
	Two-stage quantile approach				
	Q 10	Q 25	Q 50	Q 75	Q 90
Ln do preço da água	-0.170 (0.234)	0.066 (0.156)	-0.361* (0.160)	-0.785*** (0.194)	-0.585** (0.185)
Ln da renda total	0.064 (0.051)	-0.000 (0.032)	0.053+ (0.030)	0.122*** (0.033)	0.148*** (0.043)
Ln do consumo médio de água na vizinhança	0.162 (0.107)	0.208** (0.068)	0.226** (0.070)	0.382*** (0.087)	0.527*** (0.081)
Cobertura de telha	-0.177 (0.142)	-0.025 (0.062)	-0.047 (0.068)	-0.158* (0.069)	-0.077 (0.085)
Paredes de alvenaria	-0.193 (0.131)	-0.006 (0.171)	-0.047 (0.060)	-0.214 (0.157)	-0.141+ (0.080)
Piso de cerâmica, lajota, pedra ou cimento	0.032 (0.099)	0.043 (0.051)	-0.031 (0.095)	-0.045 (0.080)	-0.086 (0.063)
Número de cômodos usados como dormitório	-0.018 (0.052)	0.041 (0.034)	0.087*** (0.026)	0.086* (0.034)	0.069 (0.043)
Acesso a rede de esgoto	0.278+ (0.150)	0.190* (0.090)	0.210* (0.086)	0.240* (0.098)	0.237** (0.081)
Chefe de família mulher	-0.040 (0.068)	-0.042 (0.044)	-0.014 (0.036)	0.124* (0.048)	0.191*** (0.043)
Idade chefe de família (Anos)	0.004 (0.003)	0.002 (0.001)	0.003* (0.001)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)
Escolaridade chefe de família (Anos)	0.005*** (0.001)	0.004* (0.002)	0.002 (0.001)	-0.000 (0.003)	-0.002 (0.003)
Número de pessoas no domicílio	0.163*** (0.023)	0.130*** (0.016)	0.087*** (0.012)	0.055** (0.017)	0.061** (0.019)
Freezer	0.136* (0.069)	0.085+ (0.044)	0.093+ (0.054)	0.166** (0.056)	0.057 (0.067)
Geladeira	0.498** (0.179)	0.041 (0.289)	0.008 (0.067)	-0.105 (0.253)	0.088 (0.165)
Microondas	0.062 (0.066)	0.063 (0.040)	0.056 (0.034)	0.047 (0.043)	0.058 (0.049)
Maquina de lavar	0.060 (0.076)	0.020 (0.041)	0.001 (0.035)	0.045 (0.043)	0.114* (0.052)
Secadora de roupa	0.151 (0.123)	0.138** (0.046)	0.055 (0.079)	0.117 (0.125)	0.136 (0.117)
Secador de Cabelo	0.079 (0.066)	0.081* (0.039)	0.131*** (0.033)	0.102* (0.042)	0.064 (0.047)
Ferro	0.158 (0.098)	0.096 (0.120)	0.059 (0.046)	0.087 (0.080)	0.028 (0.088)
Área urbana de capital	0.006 (0.092)	-0.038 (0.065)	0.106+ (0.061)	0.232** (0.076)	0.236+ (0.120)

Área urbana metropolitana	0.124 (0.135)	0.017 (0.058)	0.024 (0.049)	0.021 (0.057)	-0.014 (0.079)
Área rural	-0.025 (0.120)	-0.061 (0.077)	0.069 (0.064)	0.079 (0.067)	0.044 (0.075)
Número de aparelhos de ar condicionado	0.027 (0.063)	0.032 (0.113)	0.100*** (0.024)	0.079 (0.103)	0.001 (0.043)
Número de ventiladores	0.020 (0.024)	0.042* (0.018)	0.036* (0.015)	0.028 (0.021)	0.054** (0.019)
Número de chuveiros	-0.024 (0.053)	-0.037 (0.026)	-0.045 (0.030)	-0.075* (0.038)	-0.067 (0.051)
Ratio de Mills	-0.447 (5.058)	0.090 (1.518)	0.043 (2.108)	0.131 (1.512)	1.057 (2.000)
Ratio de Mills ^ 2	0.666 (17.887)	0.119 (4.033)	-0.113 (6.143)	-0.509 (3.532)	-1.281 (5.691)
Constante	-1.118* (0.553)	-0.333 (0.477)	0.541 (0.330)	1.379** (0.493)	0.587 (0.512)
Número de observações	1,799	1,799	1,799	1,799	1,799
Pseudo R Quadrado	0.095	0.081	0.139	0.174	0.252

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE F. Testes Brausch-Pagan LM, Hausman e CD de Pesaran

Testes	Irrigação por aspersão	Irrigação localizada
Breusch-Pagan (LM)	117.12***	19.16***
Hausman	167.08***	186.47***
CD de Pesaran	11.895***	30.448***

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE G. I de Moran e C de Geary para irrigação por aspersão e localizada.

Tipos de Matrices	Irrigação por aspersão				Irrigação localizada			
	I de Moran		C de Geary		I de Moran		C de Geary	
	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017
Queen	0.237***	0.319***	0.771***	0.676***	0.446***	0.449***	0.498***	0.527***
Rook	0.241***	0.330***	0.772***	0.666***	0.446***	0.449***	0.499***	0.524***
Dist Inv k(5)	0.278***	0.374***	0.704***	0.608***	0.516***	0.506***	0.496***	0.506***
Dist Inv k(10)	0.205***	0.290***	0.791***	0.711***	0.452***	0.440***	0.579***	0.588***
Dist Inv k(15)	0.179***	0.233***	0.827***	0.765***	0.403***	0.396***	0.631***	0.635***
Dist Inv k(20)	0.165***	0.200***	0.844***	0.804***	0.369***	0.357***	0.671***	0.678***
Dist Geo k(5)	0.265***	0.356***	0.716***	0.624***	0.507***	0.500***	0.514***	0.524***
Dist Geo k(10)	0.169***	0.252***	0.843***	0.764***	0.415***	0.403***	0.618***	0.632***
Dist Geo k15)	0.142***	0.179***	0.873***	0.826***	0.354***	0.350***	0.677***	0.682***
Dist Geo k(20)	0.128***	0.137***	0.891***	0.873***	0.308***	0.296***	0.741***	0.750***

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE H. Critérios de informação dos modelos testados para diferentes regimes espaciais.

Matrizes	IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO											
	SAR		SEM		SAC		SLX		SDM		SDEM	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
Queen	-5385.6	-5112.0	-5387.1	-5113.5	-5385.1	-5106.4	-5395.2	-5126.8	-5396.5	-5117.7	-5397.3	-5118.5
Rook	-5390.3	-5116.7	-5391.3	-5117.7	-5389.6	-5110.8	-5394.7	-5126.3	-5400.9	-5122.1	-5400.7	-5122.0
Dist Inv K(5)	-5389.5	-5115.9	-5397.4	-5123.8	-5396.8	-5118.0	-5394.0	-5125.5	-5399.4	-5120.6	-5406.4	-5127.6
Dist Inv K(10)	-5385.0	-5111.4	-5385.9	-5112.3	-5384.0	-5105.2	-5393.0	-5124.6	-5393.9	-5115.1	-5394.1	-5115.3
Dist Inv K(15)	-5387.1	-5113.4	-5388.0	-5114.4	-5386.0	-5107.3	-5394.5	-5126.1	-5396.9	-5118.1	-5397.5	-5118.7
Dist Inv K(20)	-5385.0	-5111.4	-5387.4	-5113.8	-5388.1	-5109.3	-5393.9	-5125.4	-5394.3	-5115.5	-5396.5	-5117.8
Dist Geo K(5)	-5391.8	-5118.2	-5406.2	-5132.6	-5405.9	-5127.1	-5399.0	-5130.5	-5407.0	-5128.2	-5419.2	-5140.4
Dist Geo K(10)	-5385.4	-5132.4	-5382.3	-5108.7	-5383.0	-5104.2	-5388.8	-5120.4	-5388.9	-5110.1	-5386.3	-5107.5
Dist Geo K(15)	-5385.3	-5111.7	-5383.4	-5109.8	-5383.8	-5105.0	-5391.5	-5123.1	-5392.1	-5113.4	-5389.8	-5111.0
Dist Geo K(20)	-5382.9	-5109.3	-5385.3	-5111.7	-5386.9	-5108.1	-5389.7	-5121.3	-5388.4	-5109.6	-5390.0	-5111.3

Matrizes	IRRIGAÇÃO LOCALIZADA											
	SAR		SEM		SAC		SLX		SDM		SDEM	
	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC	AIC	BIC
Queen	-5459.9	-5186.3	-5442.5	-5168.9	-5458.5	-5179.7	-5292.0	-5023.6	-5470.0	-5191.3	-5449.6	-5170.9
Rook	-5477.7	-5204.1	-5458.6	-5185.0	-5475.7	-5196.9	-5287.0	-5018.5	-5483.7	-5205.0	-5462.4	-5183.7
Dist Inv K(5)	-5452.4	-5178.8	-5436.0	-5162.4	-5453.9	-5175.1	-5293.2	-5024.8	-5459.4	-5180.6	-5439.6	-5160.8
Dist Inv K(10)	-5454.9	-5181.3	-5449.8	-5176.2	-5452.9	-5174.2	-5289.0	-5020.6	-5460.2	-5181.4	-5450.1	-5171.3
Dist Inv K(15)	-5455.7	-5182.1	-5453.5	-5179.9	-5459.2	-5180.4	-5292.7	-5024.3	-5465.9	-5187.2	-5458.8	-5180.1
Dist Inv K(20)	-5446.7	-5173.1	-5438.3	-5164.7	-5449.6	-5170.8	-5295.0	-5026.5	-5461.0	-5182.3	-5450.1	-5171.3
Dist Geo K(5)	-5445.5	-5171.9	-5435.2	-5161.6	-5444.9	-5166.1	-5299.1	-5030.7	-5453.1	-5174.3	-5436.9	-5158.1
Dist Geo K(10)	-5429.9	-5156.3	-5425.5	-5151.9	-5430.5	-5151.7	-5284.5	-5016.0	-5433.0	-5154.3	-5423.8	-5145.0
Dist Geo K(15)	-5425.9	-5152.3	-5416.3	-5142.7	-5424.0	-5145.2	-5291.7	-5023.3	-5435.9	-5157.1	-5421.6	-5142.8
Dist Geo K(20)	-5411.8	-5138.2	-5390.9	-5117.3	-5409.8	-5131.0	-5290.0	-5021.6	-5422.6	-5143.8	-5401.7	-5123.0

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE I. Estimativas completas de coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial (Tecnologias de Irrigação).

Variáveis	SAR		SEM		SAC		SDM		SLX		SDEM	
	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada	Aspersão	Localizada
WI	0.113 (0.073)	0.434*** -0.041			-0.099 (0.185)	0.547*** (0.088)	0.112 (0.074)	0.424*** (0.042)				
W (Resíduos)			0.189* (0.077)	0.513*** (0.052)	0.281+ (0.161)	-0.235 (0.176)					0.180* (0.075)	0.499*** (0.054)
W (Associação)							-0.080* (0.035)	0.068* (0.032)	-0.081* (0.036)	0.103** (0.034)	-0.081* (0.037)	0.067+ (0.04)
Oferta hídrica	0.115** (0.035)	-0.009 (0.03)	0.115** (0.036)	-0.006 (0.03)	0.114** (0.035)	-0.006 (0.03)	0.111** (0.034)	-0.006 (0.03)	0.112** (0.035)	0.012 (0.033)	0.112** (0.035)	-0.005 (0.03)
Índice Aridez - Estação seca	-0.026 (0.054)	-0.002 (0.043)	-0.036 (0.06)	-0.028 (0.059)	-0.043 (0.068)	-0.003 (0.038)	-0.036 (0.052)	0.006 (0.043)	-0.035 (0.054)	-0.002 (0.048)	-0.045 (0.058)	-0.021 (0.059)
Índice Aridez - Estação chuvosa	-0.03 (0.05)	0.126* (0.052)	-0.023 (0.057)	0.160* (0.08)	-0.02 (0.062)	0.114* (0.045)	-0.015 (0.049)	0.115* (0.051)	-0.018 (0.049)	0.180** (0.055)	-0.01 (0.055)	0.153+ (0.078)
Cana de açúcar	-0.107*** (0.023)	-0.016 (0.025)	-0.107*** (0.024)	-0.014 (0.024)	-0.106*** (0.024)	-0.016 (0.024)	-0.109*** (0.023)	-0.014 (0.025)	-0.111*** (0.024)	-0.023 (0.028)	-0.109*** (0.024)	-0.014 (0.024)
Café	-0.006 (0.037)	0.134* (0.065)	-0.004 (0.040)	0.191* (0.075)	-0.004 (0.042)	0.111+ (0.062)	0.005 (0.037)	0.125+ (0.066)	0.008 (0.038)	0.123+ (0.071)	0.007 (0.040)	0.181* (0.075)
Soja	0.057 (0.058)	-0.075 (0.051)	0.064 (0.063)	-0.036 (0.072)	0.067 (0.064)	-0.065 (0.048)	0.054 (0.059)	-0.074 (0.051)	0.055 (0.060)	-0.129* (0.056)	0.060 (0.063)	-0.035 (0.072)
Milho	0.020 (0.043)	0.017 (0.040)	0.013 (0.045)	0.035 (0.040)	0.010 (0.046)	0.012 (0.039)	0.023 (0.042)	0.013 (0.040)	0.025 (0.043)	-0.009 (0.042)	0.017 (0.044)	0.032 (0.040)
Feijão	-0.016 (0.026)	-0.007 (0.028)	-0.022 (0.028)	-0.014 (0.032)	-0.027 (0.030)	-0.002 (0.027)	-0.026 (0.026)	0.000 (0.028)	-0.030 (0.026)	-0.010 (0.029)	-0.031 (0.028)	-0.008 (0.032)
Manga	0.315**	-0.523**	0.277*	-0.470*	0.261+	-0.515**	0.309**	-0.522**	0.334**	-0.732**	0.275*	-0.475*

	(0.119)	(0.192)	(0.128)	(0.231)	(0.135)	(0.175)	(0.117)	(0.191)	(0.121)	(0.251)	(0.126)	(0.230)
Banana	0.057	0.095+	0.054	0.122*	0.052	0.078	0.053	0.098+	0.054	0.079	0.051	0.122*
	(0.060)	(0.054)	(0.060)	(0.058)	(0.060)	(0.056)	(0.060)	(0.054)	(0.061)	(0.056)	(0.060)	(0.057)
Laranja	-0.033	-0.018	-0.030	-0.034	-0.026	-0.007	-0.032	-0.020	-0.027	-0.067+	-0.028	-0.039
	(0.031)	(0.034)	(0.034)	(0.045)	(0.037)	(0.030)	(0.030)	(0.034)	(0.031)	(0.038)	(0.033)	(0.045)
Hortalças	0.048	0.077*	0.043	0.079*	0.041	0.074*	0.049	0.075*	0.050	0.081*	0.045	0.078*
	(0.054)	(0.035)	(0.054)	(0.037)	(0.055)	(0.034)	(0.052)	(0.034)	(0.054)	(0.033)	(0.053)	(0.036)
Silvicultura	0.000	0.030	-0.005	0.011	-0.007	0.035	-0.003	0.033	-0.002	0.032	-0.007	0.013
	(0.033)	(0.023)	(0.033)	(0.026)	(0.034)	(0.022)	(0.032)	(0.023)	(0.033)	(0.027)	(0.032)	(0.026)
Pelo menos com ensino médio	0.007	0.114**	0.006	0.108**	0.004	0.110**	0.010	0.111**	0.004	0.102**	0.009	0.106**
	(0.038)	(0.036)	(0.037)	(0.036)	(0.037)	(0.036)	(0.038)	(0.035)	(0.038)	(0.038)	(0.037)	(0.035)
Entre 25 e 45 anos	-0.010	0.068	-0.011	0.072	-0.010	0.063	-0.019	0.075	-0.007	0.069	-0.020	0.079
	(0.080)	(0.050)	(0.082)	(0.053)	(0.084)	(0.049)	(0.079)	(0.050)	(0.079)	(0.057)	(0.082)	(0.053)
Entre 45 e 65 anos	-0.001	0.019	0.001	0.015	0.002	0.018	0.002	0.016	0.008	0.016	0.001	0.017
	(0.063)	(0.049)	(0.065)	(0.053)	(0.065)	(0.046)	(0.063)	(0.049)	(0.065)	(0.053)	(0.065)	(0.053)
Maior de 65 anos	0.004	-0.017	0.005	0.002	0.009	-0.022	-0.003	-0.011	0.011	-0.028	-0.002	0.007
	(0.067)	(0.050)	(0.072)	(0.059)	(0.071)	(0.046)	(0.067)	(0.051)	(0.070)	(0.056)	(0.072)	(0.059)
Mulheres	-0.026	-0.073	-0.030	-0.083+	-0.034	-0.060	-0.023	-0.076	-0.029	-0.093+	-0.027	-0.085+
	(0.065)	(0.052)	(0.066)	(0.048)	(0.064)	(0.054)	(0.064)	(0.052)	(0.067)	(0.056)	(0.065)	(0.049)
Dirigidos pelo próprio produtor	0.052+	-0.096**	0.053+	-0.092**	0.053+	-0.093**	0.053+	-0.097**	0.056+	-0.105**	0.054+	-0.094**
	(0.029)	(0.032)	(0.029)	(0.031)	(0.029)	(0.031)	(0.029)	(0.032)	(0.029)	(0.036)	(0.029)	(0.031)
Dirigidos por um administrador	0.031	-0.096*	0.031	-0.077*	0.032	-0.099**	0.036	-0.100**	0.039	-0.119**	0.035	-0.081*
	(0.034)	(0.038)	(0.036)	(0.039)	(0.036)	(0.036)	(0.035)	(0.037)	(0.036)	(0.042)	(0.036)	(0.039)
Prod reside no estabelecimento	0.025	0.056*	0.028	0.048*	0.029	0.056**	0.029	0.053*	0.026	0.051*	0.031	0.046*
	(0.024)	(0.022)	(0.024)	(0.022)	(0.024)	(0.022)	(0.024)	(0.022)	(0.024)	(0.023)	(0.024)	(0.022)
Tem agricultura familiar	-0.028	0.013	-0.028	0.016	-0.028	0.010	-0.025	0.010	-0.025	0.003	-0.025	0.014
	(0.027)	(0.024)	(0.027)	(0.023)	(0.026)	(0.023)	(0.027)	(0.024)	(0.027)	(0.026)	(0.027)	(0.023)
Próprias do produtor	-0.138**	-0.023	-0.136**	-0.026	-0.134**	-0.020	-0.134**	-0.027	-0.136**	-0.033	-0.134**	-0.027

	(0.043)	(0.035)	(0.042)	(0.037)	(0.042)	(0.034)	(0.042)	(0.035)	(0.043)	(0.039)	(0.042)	(0.037)
Alugadas	0.005	0.106*	0.017	0.103*	0.022	0.105*	0.007	0.104*	0.005	0.112*	0.017	0.103*
	(0.050)	(0.043)	(0.050)	(0.042)	(0.048)	(0.042)	(0.049)	(0.043)	(0.050)	(0.046)	(0.049)	(0.043)
Cedidas	-0.138**	-0.019	-0.135**	-0.010	-0.133**	-0.021	-0.131**	-0.025	-0.134**	-0.039	-0.129**	-0.013
	(0.050)	(0.049)	(0.050)	(0.051)	(0.050)	(0.046)	(0.050)	(0.048)	(0.051)	(0.054)	(0.049)	(0.051)
Ocupadas	-0.055	0.034	-0.065	0.024	-0.071	0.035	-0.048	0.028	-0.056	0.024	-0.059	0.021
	(0.044)	(0.039)	(0.044)	(0.044)	(0.048)	(0.036)	(0.043)	(0.038)	(0.042)	(0.042)	(0.043)	(0.044)
Do governo	-0.003	-0.010	0.000	-0.009	0.002	-0.011	-0.004	-0.009	-0.006	-0.011	-0.001	-0.009
	(0.017)	(0.016)	(0.018)	(0.017)	(0.018)	(0.015)	(0.017)	(0.016)	(0.018)	(0.018)	(0.018)	(0.017)
De empresas integradoras	-0.056	-0.073	-0.059	-0.084+	-0.059	-0.071	-0.044	-0.082+	-0.044	-0.074	-0.048	-0.089+
	(0.049)	(0.048)	(0.050)	(0.049)	(0.050)	(0.046)	(0.048)	(0.048)	(0.049)	(0.053)	(0.049)	(0.049)
De empresas privadas	0.115**	-0.108*	0.111**	-0.096+	0.108**	-0.109*	0.107**	-0.102*	0.111**	-0.130*	0.104**	-0.092+
	(0.037)	(0.048)	(0.040)	(0.050)	(0.041)	(0.046)	(0.038)	(0.049)	(0.039)	(0.063)	(0.040)	(0.051)
De ONG	0.082	0.359***	0.121	0.324***	0.133	0.369***	0.094	0.347***	0.065	0.302***	0.127	0.321***
	(0.217)	(0.081)	(0.222)	(0.083)	(0.226)	(0.080)	(0.207)	(0.082)	(0.226)	(0.089)	(0.212)	(0.085)
Cultivo convencional	0.021	-0.026	0.017	-0.029	0.016	-0.022	0.019	-0.025	0.024	-0.037+	0.016	-0.028
	(0.026)	(0.018)	(0.026)	(0.019)	(0.026)	(0.018)	(0.025)	(0.018)	(0.026)	(0.020)	(0.026)	(0.018)
Cultivo mínimo	0.014	-0.020	0.017	-0.028	0.017	-0.014	0.012	-0.018	0.011	-0.014	0.015	-0.027
	(0.029)	(0.027)	(0.030)	(0.028)	(0.031)	(0.027)	(0.028)	(0.027)	(0.029)	(0.030)	(0.029)	(0.027)
Plantio direto na palha	-0.083+	-0.032	-0.086+	-0.018	-0.085+	-0.039	-0.084+	-0.032	-0.083+	-0.069	-0.086+	-0.019
	(0.050)	(0.053)	(0.050)	(0.055)	(0.050)	(0.051)	(0.049)	(0.054)	(0.050)	(0.057)	(0.049)	(0.056)
Plantio em nível	0.007	0.007	0.009	0.003	0.009	0.007	0.008	0.006	0.006	0.016	0.009	0.003
	(0.014)	(0.012)	(0.014)	(0.012)	(0.014)	(0.011)	(0.014)	(0.012)	(0.014)	(0.013)	(0.014)	(0.012)
Pousio de solos	-0.006	-0.030	-0.010	-0.027	-0.011	-0.030	-0.004	-0.032	-0.000	-0.045	-0.008	-0.028
	(0.028)	(0.028)	(0.027)	(0.028)	(0.027)	(0.027)	(0.028)	(0.028)	(0.028)	(0.031)	(0.027)	(0.027)
Proteção de encostas	-0.003	0.021	-0.006	0.024	-0.008	0.019	-0.005	0.022	-0.005	0.011	-0.007	0.024
	(0.018)	(0.020)	(0.018)	(0.020)	(0.019)	(0.020)	(0.018)	(0.020)	(0.018)	(0.023)	(0.017)	(0.020)
Rotação de culturas	0.043	0.010	0.047	0.017	0.050	0.006	0.038	0.014	0.041	0.025	0.043	0.019

	(0.032)	(0.031)	(0.033)	(0.032)	(0.034)	(0.030)	(0.032)	(0.031)	(0.032)	(0.033)	(0.032)	(0.032)
Usam adubação	0.016	0.040	0.020	0.012	0.021	0.048+	0.010	0.046+	0.005	0.068*	0.014	0.017
	(0.031)	(0.028)	(0.032)	(0.031)	(0.032)	(0.027)	(0.031)	(0.027)	(0.033)	(0.031)	(0.032)	(0.030)
Usam agrotóxico	0.008	-0.059***	0.011	-0.068***	0.012	-0.053***	0.009	-0.060***	0.009	-0.079***	0.012	-0.069***
	(0.013)	(0.010)	(0.013)	(0.011)	(0.014)	(0.011)	(0.012)	(0.010)	(0.013)	(0.011)	(0.012)	(0.011)
Usam corretivo Ph do solo	0.128***	0.017	0.128***	0.028	0.127***	0.013	0.134***	0.012	0.137***	0.005	0.133***	0.025
	(0.037)	(0.028)	(0.038)	(0.027)	(0.038)	(0.027)	(0.037)	(0.027)	(0.037)	(0.028)	(0.037)	(0.027)
Número de empregados	-0.001	-0.007	-0.000	-0.006	-0.000	-0.007+	-0.001	-0.007	-0.001	-0.006	-0.000	-0.006
	(0.006)	(0.004)	(0.006)	(0.004)	(0.006)	(0.004)	(0.006)	(0.004)	(0.006)	(0.005)	(0.006)	(0.004)
Valor da prod agrícola	-0.009**	0.001	-0.009*	0.001	-0.008*	0.001	-0.009**	0.001	-0.009*	0.001	-0.009*	0.001
	(0.003)	(0.002)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.002)	(0.003)	(0.002)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.003)
Com financiamento	0.033	0.020	0.036	0.032	0.038	0.015	0.026	0.024	0.028	0.001	0.031	0.034
	(0.037)	(0.051)	(0.038)	(0.049)	(0.038)	(0.049)	(0.037)	(0.052)	(0.038)	(0.055)	(0.038)	(0.049)
Tratores	0.100*	0.087**	0.102*	0.087**	0.102*	0.083*	0.096*	0.091**	0.093*	0.104**	0.099*	0.089**
	(0.040)	(0.033)	(0.041)	(0.033)	(0.041)	(0.033)	(0.039)	(0.033)	(0.040)	(0.038)	(0.040)	(0.033)
Outra maquinaria	-0.006	-0.049+	-0.003	-0.037	-0.002	-0.051*	-0.003	-0.051+	-0.003	-0.054+	-0.001	-0.039
	(0.024)	(0.026)	(0.024)	(0.026)	(0.024)	(0.025)	(0.024)	(0.026)	(0.025)	(0.030)	(0.024)	(0.026)
Entre 5 e 50 hectares	0.052+	0.049*	0.049+	0.054*	0.048+	0.042*	0.050+	0.050*	0.052+	0.061**	0.049+	0.055*
	(0.027)	(0.020)	(0.027)	(0.024)	(0.028)	(0.020)	(0.026)	(0.021)	(0.027)	(0.023)	(0.027)	(0.024)
Entre 50 e 500 hectares	-0.058+	-0.056*	-0.061+	-0.069*	-0.062+	-0.052*	-0.043	-0.069**	-0.044	-0.081**	-0.048	-0.076**
	(0.032)	(0.025)	(0.033)	(0.027)	(0.034)	(0.025)	(0.032)	(0.027)	(0.033)	(0.029)	(0.033)	(0.028)
Mais de 500 hectares	0.040	0.059	0.039	0.041	0.037	0.060	0.043	0.056	0.046	0.080	0.042	0.042
	(0.073)	(0.074)	(0.076)	(0.076)	(0.078)	(0.071)	(0.072)	(0.074)	(0.074)	(0.084)	(0.075)	(0.076)
2017.v0	-0.036*	-0.004	-0.038*	0.015	-0.039*	-0.009	-0.036*	-0.004	-0.035*	0.009	-0.038*	0.014
	(0.017)	(0.017)	(0.018)	(0.021)	(0.019)	(0.015)	(0.017)	(0.017)	(0.017)	(0.018)	(0.018)	(0.021)

+ p < .10; * p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE J. Estimativas completas e robustez da decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos (Tecnologias de Irrigação).

Variáveis Independentes	Resultados Principais α					Robustez ϕ				
	Aspersão	Localizada				Aspersão	Localizada			
	SDEM	SDM	Efeitos SDM			SDEM	SDM	Efeitos SDM		
			Direto	Indireto	Total			Direto	Indireto	Total
WI		0.424*** (0.042)					0.475*** (0.039)			
W (Resíduos)	0.180* (0.075)					0.153+ (0.083)				
W (Associação)	-0.081* (0.037)	0.068* (0.032)				-0.086* (0.035)	0.070* (0.032)			
Oferta hídrica	0.112** (0.035)	-0.006 (0.030)	-0.003 (0.030)	-0.001 (0.021)	-0.004 (0.051)	0.110** (0.035)	-0.006 (0.030)	-0.003 (0.031)	-0.002 (0.026)	-0.005 (0.056)
Índice Aridez - Estação seca	-0.045 (0.058)	0.006 (0.043)	0.008 (0.046)	0.006 (0.032)	0.014 (0.077)	-0.048 (0.059)	0.009 (0.044)	0.011 (0.047)	0.010 (0.040)	0.021 (0.086)
Índice Aridez - Estação chuvosa	-0.010 (0.055)	0.115* (0.051)	0.117* (0.052)	0.079* (0.037)	0.196* (0.088)	-0.003 (0.056)	0.101* (0.051)	0.103+ (0.053)	0.084+ (0.044)	0.187+ (0.095)
Cana de açúcar	-0.109*** (0.024)	-0.014 (0.025)	-0.015 (0.025)	-0.010 (0.018)	-0.025 (0.043)	-0.108*** (0.024)	-0.008 (0.025)	-0.008 (0.026)	-0.007 (0.021)	-0.015 (0.047)
Café	0.007 (0.040)	0.125+ (0.066)	0.134* (0.068)	0.090+ (0.047)	0.223* (0.113)	-0.001 (0.040)	0.160* (0.063)	0.172** (0.066)	0.142* (0.058)	0.314** (0.122)
Soja	0.060 (0.063)	-0.074 (0.051)	-0.078 (0.057)	-0.053 (0.040)	-0.131 (0.096)	0.048 (0.061)	-0.068 (0.050)	-0.072 (0.056)	-0.060 (0.048)	-0.132 (0.103)
Milho	0.017 (0.044)	0.013 (0.040)	0.014 (0.039)	0.010 (0.027)	0.025 (0.066)	0.017 (0.045)	0.012 (0.038)	0.013 (0.038)	0.012 (0.032)	0.025 (0.070)
Feijão	-0.031 (0.028)	0.000 (0.028)	0.002 (0.028)	0.002 (0.020)	0.004 (0.048)	-0.030 (0.027)	-0.001 (0.027)	0.001 (0.028)	0.001 (0.023)	0.001 (0.051)

Manga	0.275*	-0.522**	-0.530**	-0.360*	-0.891**	0.298*	-0.557**	-0.570**	-0.470**	-1.041**
	(0.126)	(0.191)	(0.192)	(0.142)	(0.327)	(0.122)	(0.200)	(0.202)	(0.182)	(0.377)
Banana	0.051	0.098+	0.099+	0.067+	0.165+	0.055	0.097+	0.099*	0.083+	0.182+
	(0.060)	(0.054)	(0.053)	(0.037)	(0.089)	(0.060)	(0.050)	(0.051)	(0.045)	(0.095)
Laranja	-0.028	-0.020	-0.018	-0.012	-0.029	-0.023	-0.024	-0.022	-0.018	-0.039
	(0.033)	(0.034)	(0.036)	(0.025)	(0.061)	(0.033)	(0.033)	(0.036)	(0.029)	(0.065)
Hortaliças	0.045	0.075*	0.076*	0.051*	0.127*	0.048	0.080*	0.083*	0.068*	0.150*
	(0.053)	(0.034)	(0.035)	(0.024)	(0.058)	(0.054)	(0.032)	(0.034)	(0.029)	(0.062)
Silvicultura	-0.007	0.033	0.036	0.025	0.061	-0.008	0.021	0.023	0.019	0.042
	(0.032)	(0.023)	(0.025)	(0.018)	(0.042)	(0.032)	(0.023)	(0.024)	(0.021)	(0.045)
Pelo menos com ensino médio	0.009	0.111**	0.115***	0.078**	0.192***	0.004	0.113***	0.118***	0.098**	0.215***
	(0.037)	(0.035)	(0.034)	(0.026)	(0.058)	(0.037)	(0.034)	(0.033)	(0.033)	(0.064)
Entre 25 e 45 anos	-0.020	0.075	0.080	0.055	0.135	-0.006	0.087+	0.094+	0.077	0.171
	(0.082)	(0.050)	(0.055)	(0.039)	(0.093)	(0.079)	(0.051)	(0.056)	(0.049)	(0.104)
Entre 45 e 65 anos	0.001	0.016	0.021	0.015	0.036	0.015	0.014	0.019	0.015	0.034
	(0.065)	(0.049)	(0.051)	(0.036)	(0.087)	(0.064)	(0.048)	(0.051)	(0.043)	(0.094)
Maior de 65 anos	-0.002	-0.011	-0.011	-0.007	-0.018	0.013	-0.004	-0.004	-0.002	-0.006
	(0.072)	(0.051)	(0.055)	(0.038)	(0.092)	(0.070)	(0.050)	(0.054)	(0.045)	(0.099)
Mulheres	-0.027	-0.076	-0.080	-0.054	-0.134	-0.024	-0.079	-0.084	-0.069	-0.154
	(0.065)	(0.052)	(0.057)	(0.039)	(0.095)	(0.066)	(0.050)	(0.054)	(0.046)	(0.099)
Dirigidos pelo próprio produtor	0.054+	-0.097**	-0.102**	-0.070*	-0.172**	0.051+	-0.102***	-0.107**	-0.088**	-0.196**
	(0.029)	(0.032)	(0.035)	(0.027)	(0.061)	(0.029)	(0.031)	(0.035)	(0.031)	(0.064)
Dirigidos por um administrador	0.035	-0.100**	-0.105**	-0.072*	-0.177*	0.028	-0.093*	-0.099*	-0.081*	-0.180*
	(0.036)	(0.037)	(0.040)	(0.030)	(0.069)	(0.035)	(0.037)	(0.040)	(0.034)	(0.073)
Prod reside no estabelecimento	0.031	0.053*	0.055*	0.038*	0.093*	0.030	0.047*	0.049*	0.041*	0.091*
	(0.024)	(0.022)	(0.022)	(0.016)	(0.037)	(0.024)	(0.021)	(0.021)	(0.020)	(0.040)
Tem agricultura familiar	-0.025	0.010	0.009	0.006	0.016	-0.030	0.016	0.015	0.012	0.027
	(0.027)	(0.024)	(0.025)	(0.018)	(0.043)	(0.027)	(0.023)	(0.025)	(0.021)	(0.046)

Próprias do produtor	-0.134**	-0.027	-0.030	-0.020	-0.050	-0.132**	-0.031	-0.035	-0.030	-0.065
	(0.042)	(0.035)	(0.035)	(0.025)	(0.060)	(0.042)	(0.034)	(0.035)	(0.030)	(0.064)
Alugadas	0.017	0.104*	0.106*	0.071*	0.177*	0.023	0.096*	0.098*	0.080*	0.177*
	(0.049)	(0.043)	(0.044)	(0.029)	(0.072)	(0.051)	(0.041)	(0.043)	(0.035)	(0.077)
Cedidas	-0.129**	-0.025	-0.028	-0.019	-0.047	-0.129**	-0.024	-0.027	-0.024	-0.051
	(0.049)	(0.048)	(0.050)	(0.035)	(0.086)	(0.049)	(0.047)	(0.049)	(0.043)	(0.092)
Ocupadas	-0.059	0.028	0.029	0.019	0.048	-0.054	0.017	0.017	0.013	0.030
	(0.043)	(0.038)	(0.039)	(0.027)	(0.066)	(0.043)	(0.038)	(0.040)	(0.032)	(0.072)
Do governo	-0.001	-0.009	-0.010	-0.007	-0.017	-0.003	-0.008	-0.009	-0.007	-0.017
	(0.018)	(0.016)	(0.016)	(0.011)	(0.028)	(0.017)	(0.015)	(0.016)	(0.013)	(0.028)
De empresas integradoras	-0.048	-0.082+	-0.086+	-0.060	-0.145+	-0.044	-0.090+	-0.095+	-0.079+	-0.174+
	(0.049)	(0.048)	(0.051)	(0.038)	(0.088)	(0.048)	(0.047)	(0.049)	(0.045)	(0.093)
De empresas privadas	0.104**	-0.102*	-0.101*	-0.069+	-0.170*	0.109**	-0.100*	-0.099+	-0.082+	-0.182+
	(0.040)	(0.049)	(0.049)	(0.037)	(0.085)	(0.039)	(0.051)	(0.052)	(0.045)	(0.096)
De ONG	0.127	0.347***	0.366***	0.250***	0.615***	0.111	0.340***	0.360***	0.297***	0.657***
	(0.212)	(0.082)	(0.087)	(0.073)	(0.153)	(0.221)	(0.082)	(0.087)	(0.083)	(0.164)
Cultivo convencional	0.016	-0.025	-0.025	-0.017	-0.042	0.020	-0.026	-0.026	-0.021	-0.048
	(0.026)	(0.018)	(0.018)	(0.012)	(0.030)	(0.026)	(0.018)	(0.018)	(0.015)	(0.033)
Cultivo mínimo	0.015	-0.018	-0.018	-0.011	-0.029	0.013	-0.018	-0.018	-0.015	-0.032
	(0.029)	(0.027)	(0.027)	(0.019)	(0.045)	(0.029)	(0.026)	(0.027)	(0.023)	(0.050)
Plantio direto na palha	-0.086+	-0.032	-0.034	-0.023	-0.057	-0.078	-0.031	-0.033	-0.027	-0.060
	(0.049)	(0.054)	(0.055)	(0.038)	(0.092)	(0.049)	(0.052)	(0.054)	(0.045)	(0.099)
Plantio em nível	0.009	0.006	0.006	0.004	0.010	0.008	0.007	0.007	0.006	0.013
	(0.014)	(0.012)	(0.012)	(0.008)	(0.021)	(0.014)	(0.011)	(0.012)	(0.010)	(0.022)
Pousio de solos	-0.008	-0.032	-0.034	-0.023	-0.057	-0.007	-0.035	-0.037	-0.030	-0.068
	(0.027)	(0.028)	(0.030)	(0.021)	(0.050)	(0.027)	(0.028)	(0.030)	(0.025)	(0.054)
Proteção de encostas	-0.007	0.022	0.021	0.014	0.035	-0.006	0.022	0.021	0.017	0.039
	(0.017)	(0.020)	(0.021)	(0.015)	(0.036)	(0.017)	(0.020)	(0.022)	(0.018)	(0.039)

Rotação de culturas	0.043 (0.032)	0.014 (0.031)	0.016 (0.033)	0.011 (0.023)	0.028 (0.055)	0.043 (0.033)	0.019 (0.030)	0.021 (0.031)	0.017 (0.026)	0.038 (0.057)
Usam adubação	0.014 (0.032)	0.046+ (0.027)	0.048+ (0.028)	0.033 (0.020)	0.081+ (0.048)	0.006 (0.032)	0.043 (0.027)	0.045 (0.028)	0.037 (0.024)	0.083 (0.051)
Usam agrotóxico	0.012 (0.012)	-0.060*** (0.010)	-0.063*** (0.011)	-0.043*** (0.009)	-0.106*** (0.019)	0.009 (0.013)	-0.057*** (0.010)	-0.060*** (0.011)	-0.049*** (0.011)	-0.109*** (0.020)
Usam corretivo Ph do solo	0.133*** (0.037)	0.012 (0.027)	0.009 (0.026)	0.006 (0.018)	0.016 (0.045)	0.137*** (0.037)	0.010 (0.026)	0.007 (0.026)	0.006 (0.022)	0.013 (0.048)
Número de empregados	-0.000 (0.006)	-0.007 (0.004)	-0.007 (0.004)	-0.005 (0.003)	-0.012 (0.007)	-0.001 (0.006)	-0.007+ (0.004)	-0.007+ (0.004)	-0.006 (0.004)	-0.013+ (0.008)
Valor da prod agricola	-0.009* (0.003)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.002)	0.001 (0.004)	-0.008* (0.003)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.002 (0.002)	0.003 (0.004)
Com financiamento	0.031 (0.038)	0.024 (0.052)	0.025 (0.051)	0.018 (0.035)	0.043 (0.086)	0.033 (0.039)	0.027 (0.051)	0.028 (0.051)	0.024 (0.043)	0.052 (0.093)
Tratores	0.099* (0.040)	0.091** (0.033)	0.094** (0.033)	0.064** (0.024)	0.159** (0.056)	0.098* (0.041)	0.095** (0.032)	0.100** (0.033)	0.082** (0.030)	0.182** (0.061)
Outra maquinaria	-0.001 (0.024)	-0.051+ (0.026)	-0.053+ (0.028)	-0.036+ (0.020)	-0.090+ (0.048)	-0.004 (0.025)	-0.051+ (0.026)	-0.053+ (0.028)	-0.044+ (0.024)	-0.097+ (0.051)
Entre 5 e 50 hectares	0.049+ (0.027)	0.050* (0.021)	0.050* (0.021)	0.034* (0.015)	0.084* (0.035)	0.052+ (0.028)	0.047* (0.020)	0.048* (0.021)	0.040* (0.018)	0.088* (0.038)
Entre 50 e 500 hectares	-0.048 (0.033)	-0.069** (0.027)	-0.071** (0.027)	-0.049* (0.020)	-0.120** (0.046)	-0.045 (0.032)	-0.063* (0.025)	-0.066* (0.026)	-0.055* (0.024)	-0.121* (0.049)
Mais de 500 hectares	0.042 (0.075)	0.056 (0.074)	0.060 (0.076)	0.041 (0.054)	0.102 (0.130)	0.051 (0.072)	0.069 (0.074)	0.075 (0.077)	0.062 (0.065)	0.137 (0.142)

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

⊠ Matriz de ponderação espacial de distância inversa com 5 vizinhos

φ Matriz de ponderação espacial de contiguidade – Torre

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE K. Correlação e score para o primeiro fator comum da ACP para práticas conservacionistas

Prática Conservacionista	Correlação com Fator 1	Score do Coeficiente
Plantio direto na palha	0.5058	0.3614
Cultivo mínimo	0.5673	0.4053
Plantio em nível	0.0744	0.0532
Pousio de solos	0.786	0.5616
Rotação de culturas	0.8706	0.622

Fonte: Elaborado pelos autores com base no CNA 2006/2017

APÊNDICE L. I de Moran e C de Geary para poços comuns ou convencionais, e poços tubulares ou artesianos.

Tipos de Matrizes	Poço Comum ou Convencional				Poço Tubular ou Artesiano			
	I de Moran		C de Geary		I de Moran		C de Geary	
	2006	2017	2006	2017	2006	2017	2006	2017
Queen 1ª Ordem	0.545***	0.510***	0.449***	0.489***	0.773***	0.695***	0.224***	0.299***
Queen 2ª Ordem	0.540***	0.507***	0.454 ***	0.493***	0.771***	0.693***	0.227***	0.301***
Rook 1ª Ordem	0.546***	0.509***	0.449***	0.492**	0.774***	0.695***	0.225***	0.300***
Rook 2ª Ordem	0.542***	0.505***	0.453***	0.496***	0.771***	0.693***	0.227***	0.302***
Distância Inversa	0.134***	0.148***	0.872***	0.881***	0.304***	0.279***	0.733***	0.724***
Rook 1ª Ordem pond Dist Inv	0.559***	0.518***	0.433***	0.484***	0.783***	0.703***	0.218***	0.292***

*** p<0.001, ** p<0.01, * p<0.05, + p<0.1

APÊNDICE M. Testes Brausch-Pagan LM, Hausman e CD de Pesaran

Testes	Poços Comuns	Poços Tubulares
Breusch-Pagan (LM)	111.46***	140.53***
Hausman	203.73***	199.62***
CD de Pesaran	3.249**	2.756**

* p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE N. Estimativas completas de coeficientes para os modelos de efeitos fixos com dependência espacial (Poços Subterrâneos).

Variáveis Independentes	Não Espacial		SAR		SAC		SDM		GSM	
	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular
Var Aridez - Est Seca	-0.086** (0.025)	0.085*** (0.023)	-0.067** (0.024)	0.050* (0.022)	-0.097* (0.038)	0.076 (0.039)	-0.085 (0.072)	-0.045 (0.064)	-0.087 (0.066)	-0.031 (0.057)
Var Aridez - Est Chuvosa	0.099*** (0.019)	-0.093*** (0.017)	0.072** (0.019)	-0.059*** (0.017)	0.119*** (0.032)	-0.137*** (0.036)	0.018 (0.074)	-0.042 (0.066)	0.056 (0.068)	-0.090 (0.059)
Práticas Conservacionistas	-0.027* (0.012)	0.010 (0.011)	-0.028* (0.012)	0.007 (0.011)	-0.021 (0.012)	0.006 (0.010)	-0.027* (0.012)	0.006 (0.011)	-0.025* (0.012)	0.010 (0.011)
Floresta Nativa	0.026 (0.035)	0.015 (0.032)	0.021 (0.033)	0.016 (0.030)	0.012 (0.033)	0.007 (0.028)	0.016 (0.035)	0.013 (0.030)	0.022 (0.035)	0.009 (0.032)
w' P [ρ]			0.296*** (0.050)	0.393*** (0.047)	-0.295* (0.139)	-0.393** (0.018)	0.291*** (0.050)	0.389*** (0.047)	-0.309* (0.132)	-0.393*** (0.113)
w' ξ [λ]					0.571*** (0.097)	0.705*** (0.066)			0.576*** (0.092)	0.702*** (0.063)
w' x (Var Aridez - Est Seca)							0.028 (0.083)	0.119 (0.074)	-0.005 (0.082)	0.197** (0.074)
w' x (Var Aridez - Est Chuvosa)							0.062 (0.079)	-0.014 (0.070)	0.083 (0.077)	-0.054 (0.069)
w' x (Práticas Conservacionistas)							-0.009 (0.022)	0.010 (0.020)	-0.026 (0.027)	0.017 (0.026)
w' x (Floresta Nativa)							0.035 (0.058)	0.020 (0.052)	0.060 (0.070)	0.011 (0.066)
Oferta Hídrica	-0.000 (0.016)	0.013 (0.014)	-0.003 (0.015)	0.008 (0.014)	-0.122** (0.040)	0.011 (0.013)	-0.119 (0.073)	0.009 (0.014)	-0.114 (0.066)	0.001 (0.012)
Cisternas	-0.363***	-0.263***	-0.339***	-0.187**	0.071	-0.174**	-0.107	-0.179**	-0.043	-0.092

	(0.080)	(0.073)	(0.077)	(0.069)	(0.039)	(0.062)	(0.087)	(0.069)	(0.080)	(0.071)
Lavoura temporária	0.028	-0.022	-0.014	0.013	-0.023	-0.021	-0.030*	0.012	-0.027*	0.059
	(0.093)	(0.085)	(0.090)	(0.080)	(0.012)	(0.074)	(0.013)	(0.080)	(0.013)	(0.076)
Lavoura permanente	-0.132	-0.007	-0.153	-0.012	0.019	-0.031	0.025	-0.019	0.029	-0.021
	(0.083)	(0.076)	(0.080)	(0.071)	(0.033)	(0.065)	(0.034)	(0.072)	(0.035)	(0.071)
Pecuária	0.071	0.014	0.046	0.022	0.023	0.015	0.021	0.018	0.030	0.008
	(0.082)	(0.075)	(0.080)	(0.070)	(0.032)	(0.065)	(0.033)	(0.071)	(0.033)	(0.066)
Pelo menos com ensino médio	-0.112	0.001	-0.104	-0.002	0.092*	0.004	0.137*	0.002	0.116*	0.015
	(0.067)	(0.061)	(0.064)	(0.057)	(0.044)	(0.053)	(0.054)	(0.057)	(0.048)	(0.054)
Entre 25 e 45 anos	-0.182	0.036	-0.139	0.051	-0.009	0.086	-0.001	0.077	-0.006	-0.006
	(0.150)	(0.137)	(0.145)	(0.129)	(0.014)	(0.119)	(0.015)	(0.131)	(0.014)	(0.124)
Entre 45 e 65 anos	-0.299*	0.264	-0.242	0.245	-0.362***	0.295*	-0.334***	0.280*	-0.369***	0.142
	(0.152)	(0.138)	(0.147)	(0.130)	(0.081)	(0.122)	(0.078)	(0.132)	(0.081)	(0.122)
Maior de 65 anos	-0.271	0.143	-0.254	0.093	-0.044	0.142	-0.019	0.125	-0.046	0.033
	(0.157)	(0.143)	(0.151)	(0.134)	(0.089)	(0.124)	(0.091)	(0.136)	(0.090)	(0.129)
Homem	0.143	-0.073	0.166	-0.127	-0.150	-0.133	-0.148	-0.153	-0.146	-0.133
	(0.111)	(0.101)	(0.107)	(0.095)	(0.082)	(0.090)	(0.082)	(0.096)	(0.082)	(0.087)
Dirigidos pelo próprio produtor	0.121	-0.120*	0.110	-0.103	0.029	-0.098	0.052	-0.097	0.039	-0.087
	(0.064)	(0.058)	(0.061)	(0.054)	(0.077)	(0.050)	(0.080)	(0.055)	(0.077)	(0.051)
Dirigidos por um administrador	0.120	-0.091	0.118	-0.078	-0.083	-0.079	-0.093	-0.071	-0.075	-0.033
	(0.079)	(0.072)	(0.077)	(0.068)	(0.063)	(0.062)	(0.064)	(0.068)	(0.063)	(0.065)
Produtor reside no estabelecimento	0.098	0.015	0.095	0.033	-0.122	0.026	-0.112	0.043	-0.116	0.080
	(0.054)	(0.050)	(0.052)	(0.046)	(0.143)	(0.043)	(0.148)	(0.047)	(0.145)	(0.043)
Tem agricultura familiar	-0.018	0.036	-0.023	0.021	-0.176	0.027	-0.217	0.017	-0.168	0.008
	(0.055)	(0.050)	(0.053)	(0.047)	(0.142)	(0.044)	(0.149)	(0.047)	(0.143)	(0.043)
Tem agricultura orgânica	-0.028	-0.255**	-0.020	-0.243**	-0.204	-0.185*	-0.228	-0.265**	-0.199	-0.295***
	(0.101)	(0.092)	(0.098)	(0.086)	(0.149)	(0.083)	(0.153)	(0.089)	(0.151)	(0.084)
Tem energia elétrica	0.050	0.273***	0.060	0.214***	0.165	0.178***	0.153	0.201***	0.163	0.179**

	(0.065)	(0.059)	(0.063)	(0.056)	(0.100)	(0.052)	(0.109)	(0.057)	(0.102)	(0.057)
Participa de cooperativa	-0.002	0.007	-0.003	0.015	0.099	0.009	0.101	0.011	0.091	0.030
	(0.056)	(0.052)	(0.055)	(0.048)	(0.060)	(0.043)	(0.062)	(0.048)	(0.060)	(0.048)
Participa de entidade de classe	-0.020	0.045	-0.044	0.054	0.106	0.049	0.105	0.058	0.100	0.072*
	(0.044)	(0.040)	(0.043)	(0.038)	(0.076)	(0.034)	(0.077)	(0.038)	(0.076)	(0.036)
Recebe assistência técnica	-0.001	0.038	0.001	0.035	0.079	0.033	0.102	0.038	0.083	0.023
	(0.036)	(0.033)	(0.034)	(0.031)	(0.050)	(0.028)	(0.053)	(0.031)	(0.051)	(0.029)
Próprias do produtor	0.214**	-0.065	0.175*	-0.020	-0.015	-0.041	-0.032	-0.034	-0.018	0.012
	(0.073)	(0.067)	(0.071)	(0.063)	(0.050)	(0.058)	(0.053)	(0.064)	(0.050)	(0.061)
Alugadas	-0.158	-0.058	-0.172*	-0.058	-0.039	-0.050	-0.026	-0.067	-0.032	-0.063
	(0.086)	(0.078)	(0.083)	(0.073)	(0.096)	(0.068)	(0.100)	(0.074)	(0.097)	(0.068)
Cedidas	0.269**	-0.134	0.250**	-0.136	0.124	-0.148	0.052	-0.150	0.120	-0.082
	(0.098)	(0.089)	(0.095)	(0.084)	(0.066)	(0.078)	(0.064)	(0.084)	(0.066)	(0.077)
Ocupadas	0.318***	-0.127	0.328***	-0.124	-0.031	-0.142	-0.010	-0.165	-0.036	-0.105
	(0.095)	(0.087)	(0.092)	(0.081)	(0.055)	(0.074)	(0.055)	(0.085)	(0.055)	(0.083)
Usam corretivo Ph do solo	0.011	0.005	-0.001	-0.015	-0.050	-0.020	-0.043	-0.015	-0.054	0.005
	(0.064)	(0.059)	(0.062)	(0.055)	(0.042)	(0.050)	(0.043)	(0.055)	(0.042)	(0.052)
Usam adubação	0.033	0.059	0.039	0.078	-0.005	0.060	-0.002	0.084	-0.004	0.056
	(0.063)	(0.058)	(0.061)	(0.054)	(0.034)	(0.051)	(0.035)	(0.055)	(0.034)	(0.051)
Usam agrotóxico	0.013	-0.017	0.014	-0.006	0.115	-0.003	0.178*	-0.005	0.121	-0.010
	(0.021)	(0.019)	(0.020)	(0.018)	(0.071)	(0.015)	(0.072)	(0.018)	(0.072)	(0.021)
Emprego lavoura Temporária	0.002	-0.003	0.003	-0.003	-0.166*	-0.002	-0.167*	-0.003	-0.166*	-0.003
	(0.004)	(0.004)	(0.004)	(0.004)	(0.081)	(0.004)	(0.083)	(0.004)	(0.081)	(0.003)
Emprego lavoura Permanente	0.007	-0.002	0.005	-0.000	0.200*	-0.001	0.256**	0.000	0.206*	0.001
	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)	(0.091)	(0.003)	(0.095)	(0.003)	(0.092)	(0.003)
Emprego Pecuária	-0.005	0.003	-0.005	0.004	0.300**	0.002	0.329***	0.003	0.314**	0.004
	(0.008)	(0.007)	(0.008)	(0.007)	(0.093)	(0.006)	(0.096)	(0.007)	(0.096)	(0.007)
Val Prod lav Temp - Ant	-0.001	0.002	-0.001	-0.000	-0.025	0.001	0.000	-0.000	-0.030	-0.003

	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.062)	(0.004)	(0.062)	(0.005)	(0.062)	(0.005)
Val Prod lav Perm - Ant	0.004	0.001	0.003	0.001	0.041	-0.000	0.045	0.001	0.048	0.002
	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)	(0.059)	(0.003)	(0.062)	(0.003)	(0.059)	(0.003)
Val Prod Pec - Ant	0.008	0.002	0.007	0.001	0.022	0.000	0.020	0.001	0.025	0.001
	(0.006)	(0.005)	(0.006)	(0.005)	(0.023)	(0.005)	(0.020)	(0.005)	(0.023)	(0.005)
Investimento	-0.099	-0.006	-0.088	-0.018	0.004	-0.005	0.003	-0.016	0.004	-0.025
	(0.122)	(0.111)	(0.118)	(0.104)	(0.004)	(0.096)	(0.004)	(0.104)	(0.004)	(0.096)
Custeio	0.224	-0.222*	0.203	-0.176	0.002	-0.140	0.005	-0.163	0.002	-0.108
	(0.117)	(0.106)	(0.113)	(0.100)	(0.004)	(0.093)	(0.004)	(0.100)	(0.004)	(0.094)
Comercialização	-1.183	0.844	-1.223	0.839	-0.010	0.618	-0.006	0.828	-0.011	0.608
	(1.075)	(0.981)	(1.038)	(0.919)	(0.008)	(0.870)	(0.008)	(0.920)	(0.008)	(0.824)
Manutenção	0.382	-0.411	0.246	-0.279	0.003	-0.245	-0.000	-0.332	0.003	-0.243
	(0.330)	(0.301)	(0.319)	(0.282)	(0.005)	(0.265)	(0.005)	(0.290)	(0.005)	(0.258)
Tratores	0.065	0.041	0.037	0.084	0.005	0.083	0.002	0.083	0.004	0.111
	(0.081)	(0.074)	(0.078)	(0.069)	(0.003)	(0.063)	(0.004)	(0.070)	(0.003)	(0.066)
Outra maquinaria	-0.053	0.079	-0.050	0.065	0.006	0.053	0.007	0.067	0.005	0.050
	(0.056)	(0.051)	(0.054)	(0.048)	(0.006)	(0.043)	(0.006)	(0.048)	(0.006)	(0.047)
Entre 50 e 500 hectares	0.072	0.036	0.072	0.024	-0.096	0.026	-0.084	0.018	-0.098	0.024
	(0.068)	(0.062)	(0.065)	(0.058)	(0.113)	(0.051)	(0.118)	(0.059)	(0.113)	(0.063)
Mais de 500 hectares	0.242	-0.129	0.258	-0.134	0.158	-0.150	0.198	-0.152	0.155	-0.146
	(0.186)	(0.169)	(0.179)	(0.159)	(0.111)	(0.145)	(0.113)	(0.161)	(0.111)	(0.153)
Binária 2017	-0.128***	0.200***	-0.080**	0.115***	-0.952	0.058*	-1.228	0.126***	-0.999	0.364***
	(0.026)	(0.023)	(0.026)	(0.024)	(0.970)	(0.026)	(1.038)	(0.026)	(0.970)	(0.049)
Constante	0.105***	0.096***	0.102***	0.090***	0.062	0.086***	0.313	0.090***	0.093	0.083***
	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.003)	(0.302)	(0.003)	(0.327)	(0.003)	(0.306)	(0.003)

* p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE O. Estimativas completas de efeitos heterogêneos para as variáveis relacionadas à difusão de poços de água subterrânea.

Variáveis Independentes	SAR		SAR	
	Poço Comum	Poço Tubular	Poço Comum	Poço Tubular
Var Aridez - Est Seca	-0.070** (0.025)	0.058** (0.022)	-0.058 (0.043)	0.078* (0.038)
Var Aridez - Est Chuvosa	0.071*** (0.020)	-0.045* (0.018)	0.049 (0.026)	-0.024 (0.023)
Práticas Conservacionistas	-0.030* (0.013)	0.008 (0.011)	-0.027* (0.012)	0.006 (0.010)
Floresta Nativa	0.020 (0.033)	0.018 (0.029)	0.029 (0.034)	0.012 (0.030)
Var Aridez - Est Seca # Práticas Conservacionistas	0.025 (0.031)	-0.058* (0.028)		
Var Aridez - Est Chuvosa # Práticas Conservacionistas	0.001 (0.029)	-0.041 (0.026)		
Var Aridez - Est Seca # Floresta Nativa			-0.018 (0.032)	-0.013 (0.029)
Var Aridez - Est Chuvosa # Floresta Nativa			0.051 (0.041)	-0.081* (0.036)
w' P [p]	0.294*** (0.050)	0.391*** (0.046)	0.293*** (0.050)	0.388*** (0.046)
Oferta Hídrica	-0.003 (0.015)	0.007 (0.014)	-0.004 (0.015)	0.009 (0.014)
Cisternas	-0.328*** (0.077)	-0.195** (0.069)	-0.339*** (0.077)	-0.188** (0.069)
Lavoura temporária	-0.021 (0.091)	0.017 (0.08)	-0.005 (0.09)	-0.001 (0.08)
Lavoura permanente	-0.15 (0.081)	-0.012 (0.071)	-0.141 (0.079)	-0.035 (0.07)
Pecuária	0.047 (0.08)	0.025 (0.071)	0.048 (0.08)	0.017 (0.071)
Pelo menos com ensino médio	-0.102 (0.065)	-0.005 (0.057)	-0.101 (0.065)	0.001 (0.057)
Entre 25 e 45 anos	-0.115 (0.146)	0.008 (0.129)	-0.144 (0.145)	0.073 (0.129)
Entre 45 e 65 anos	-0.204 (0.146)	0.185 (0.129)	-0.25 (0.146)	0.27* (0.13)
Maior de 65 anos	-0.217 (0.151)	0.039 (0.133)	-0.263 (0.151)	0.107 (0.134)
Homem	0.151	-0.111	0.165	-0.127

	(0.107)	(0.095)	(0.107)	(0.095)
Dirigidos pelo próprio produtor	0.099	-0.08	0.114	-0.112*
	(0.062)	(0.055)	(0.061)	(0.054)
Dirigidos por um administrador	0.111	-0.068	0.124	-0.082
	(0.077)	(0.068)	(0.077)	(0.068)
Produtor reside no estabelecimento	0.096	0.032	0.093	0.042
	(0.053)	(0.047)	(0.052)	(0.047)
Tem agricultura familiar	-0.027	0.022	-0.019	0.017
	(0.053)	(0.047)	(0.053)	(0.047)
Tem agricultura orgânica	-0.025	-0.249**	-0.025	-0.241**
	(0.098)	(0.087)	(0.098)	(0.087)
Tem energia elétrica	0.048	0.224***	0.07	0.205***
	(0.063)	(0.056)	(0.063)	(0.056)
Participa de cooperativa	-0.004	0.014	-0.001	0.017
	(0.055)	(0.048)	(0.055)	(0.049)
Participa de entidade de classe	-0.04	0.05	-0.044	0.055
	(0.043)	(0.038)	(0.043)	(0.038)
Recebe assistência técnica	-0.002	0.036	-0.001	0.034
	(0.035)	(0.031)	(0.035)	(0.031)
Próprias do produtor	0.193**	-0.031	0.169*	-0.03
	(0.071)	(0.063)	(0.072)	(0.064)
Alugadas	-0.162	-0.06	-0.17*	-0.071
	(0.083)	(0.074)	(0.083)	(0.074)
Cedidas	0.265**	-0.141	0.246*	-0.141
	(0.095)	(0.084)	(0.095)	(0.084)
Ocupadas	0.338***	-0.134	0.336***	-0.15
	(0.092)	(0.081)	(0.091)	(0.081)
Usam corretivo Ph do solo	0.009	-0.027	0.003	-0.011
	(0.062)	(0.055)	(0.063)	(0.056)
Usam adubação	0.033	0.089	0.038	0.073
	(0.061)	(0.054)	(0.061)	(0.055)
Usam agrotóxico	0.021	-0.017	0.017	-0.015
	(0.02)	(0.018)	(0.02)	(0.018)
Emprego lavoura Temporária	0.003	-0.003	0.003	-0.002
	(0.004)	(0.004)	(0.004)	(0.004)
Emprego lavoura Permanente	0.005	0	0.005	-0.001
	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)
Emprego Pecuária	-0.006	0.005	-0.006	0.004
	(0.008)	(0.007)	(0.008)	(0.007)
Val Prod lav Temp - Ant	-0.001	-0.001	-0.001	0
	(0.005)	(0.005)	(0.005)	(0.005)
Val Prod lav Perm - Ant	0.003	0	0.003	0.001
	(0.004)	(0.003)	(0.004)	(0.003)
Val Prod Pec - Ant	0.006	0.001	0.007	0.001

	(0.006)	(0.005)	(0.006)	(0.005)
Investimento	-0.089	-0.023	-0.08	-0.022
	(0.118)	(0.104)	(0.118)	(0.105)
Custeio	0.201	-0.166	0.195	-0.162
	(0.113)	(0.1)	(0.113)	(0.1)
Comercialização	-1.149	0.83	-1.252	0.965
	(1.042)	(0.921)	(1.037)	(0.921)
Manutenção	0.22	-0.251	0.254	-0.291
	(0.32)	(0.282)	(0.319)	(0.283)
Tratores	0.038	0.086	0.037	0.078
	(0.079)	(0.069)	(0.078)	(0.07)
Outra maquinaria	-0.053	0.063	-0.048	0.067
	(0.054)	(0.048)	(0.054)	(0.048)
Entre 50 e 500 hectares	0.086	0.003	0.07	0.029
	(0.065)	(0.058)	(0.065)	(0.058)
Mais de 500 hectares	0.287	-0.177	0.248	-0.116
	(0.179)	(0.158)	(0.179)	(0.159)
Binária 2017	-0.078**	0.114***	-0.074**	0.124***
	(0.026)	(0.024)	(0.029)	(0.026)
Wald [ρ]	34.73***	71.33***	34.64***	69.52***
R ² - Within	0.4345	0.6990	0.4371***	0.6995***
Número de Observações	1290	1290	1290	1290

* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$

Fonte: Resultados da pesquisa

APÊNDICE P. Estimativas completas e robustez da decomposição do efeito espacial total dos modelos escolhidos (Poços subterrâneos).

Variáveis Independentes	Poço Convencional						Poço Tubular					
	Estimativas Principais ϕ			Estimativas de Robustez α			Estimativas Principais ϕ			Estimativas de Robustez α		
	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total	Direto	Indireto	Total
Var Aridez - Est Seca	-0.083** (0.026)	-0.032** (0.012)	-0.115** (0.035)	-0.084** (0.026)	-0.038** (0.014)	-0.123** (0.037)	0.073** (0.023)	0.042** (0.014)	0.114** (0.036)	0.069** (0.023)	0.049** (0.018)	0.118** (0.039)
Var Aridez - Est Chuvosa	0.044* (0.024)	0.017* (0.01)	0.061* (0.034)	0.040* (0.025)	0.018* (0.011)	0.058* (0.035)	-0.027 (0.022)	-0.015 (0.013)	-0.042 (0.034)	-0.022 (0.022)	-0.016 (0.016)	-0.038 (0.037)
Prática Conservação	-0.03* (0.012)	-0.011* (0.005)	-0.041* (0.017)	-0.03* (0.012)	-0.014* (0.007)	-0.044* (0.018)	0.012 (0.011)	0.007 (0.007)	0.018 (0.018)	0.013 (0.011)	0.009 (0.008)	0.022 (0.019)
Floresta Nativa	0.026 (0.034)	0.01 (0.013)	0.036 (0.047)	0.027 (0.034)	0.012 (0.016)	0.04 (0.05)	0.012 (0.031)	0.007 (0.018)	0.019 (0.048)	0.015 (0.031)	0.01 (0.022)	0.025 (0.052)
Var Aridez - Est Seca	0.023 (0.032)	0.009 (0.012)	0.032 (0.044)	0.026 (0.031)	0.012 (0.015)	0.038 (0.046)	-0.064* (0.028)	-0.037* (0.018)	-0.1* (0.045)	-0.067* (0.028)	-0.048* (0.022)	-0.115* (0.05)
# Prática Conservação	0.065 (0.035)	0.025 (0.015)	0.09 (0.049)	0.066 (0.035)	0.03 (0.017)	0.096 (0.051)	-0.071* (0.031)	-0.041* (0.019)	-0.112* (0.05)	-0.068* (0.031)	-0.049* (0.024)	-0.117* (0.054)
Var Aridez - Est Chuvosa	0.065 (0.035)	0.025 (0.015)	0.09 (0.049)	0.066 (0.035)	0.03 (0.017)	0.096 (0.051)	-0.071* (0.031)	-0.041* (0.019)	-0.112* (0.05)	-0.068* (0.031)	-0.049* (0.024)	-0.117* (0.054)
# Floresta Nativa	0.065 (0.035)	0.025 (0.015)	0.09 (0.049)	0.066 (0.035)	0.03 (0.017)	0.096 (0.051)	-0.071* (0.031)	-0.041* (0.019)	-0.112* (0.05)	-0.068* (0.031)	-0.049* (0.024)	-0.117* (0.054)
Oferta Hídrica	-0.003 (0.016)	-0.001 (0.006)	-0.005 (0.022)	-0.004 (0.016)	-0.002 (0.007)	-0.006 (0.023)	0.008 (0.014)	0.005 (0.008)	0.013 (0.022)	0.008 (0.014)	0.006 (0.01)	0.014 (0.024)
Cisternas	-0.346*** (0.079)	-0.133** (0.042)	-0.479*** (0.113)	-0.345*** (0.079)	-0.158** (0.051)	-0.503*** (0.12)	-0.194** (0.071)	-0.112* (0.044)	-0.306** (0.112)	-0.181* (0.071)	-0.129* (0.054)	-0.31* (0.122)
Lavoura temporária	-0.014 (0.092)	-0.006 (0.036)	-0.02 (0.128)	-0.014 (0.092)	-0.006 (0.042)	-0.02 (0.135)	0.014 (0.083)	0.008 (0.048)	0.022 (0.131)	0.017 (0.083)	0.012 (0.059)	0.03 (0.142)
Lavoura permanente	-0.156 (0.082)	-0.06 (0.035)	-0.216 (0.115)	-0.156 (0.082)	-0.071 (0.042)	-0.227 (0.121)	-0.012 (0.074)	-0.007 (0.042)	-0.019 (0.116)	-0.008 (0.073)	-0.005 (0.053)	-0.013 (0.126)
Pecuária	0.047 (0.081)	0.018 (0.031)	0.065 (0.113)	0.045 (0.081)	0.021 (0.037)	0.066 (0.118)	0.023 (0.073)	0.013 (0.042)	0.037 (0.115)	0.024 (0.073)	0.017 (0.052)	0.041 (0.125)
Pelo menos ensino médio	-0.106 (0.066)	-0.041 (0.027)	-0.147 (0.091)	-0.101 (0.066)	-0.046 (0.032)	-0.148 (0.096)	-0.002 (0.059)	-0.001 (0.034)	-0.003 (0.093)	0 (0.059)	0 (0.042)	0 (0.101)
Entre 25 e 45 anos	-0.142 (0.148)	-0.055 (0.058)	-0.197 (0.206)	-0.137 (0.148)	-0.063 (0.069)	-0.199 (0.216)	0.053 (0.133)	0.03 (0.077)	0.083 (0.21)	0.037 (0.133)	0.026 (0.095)	0.063 (0.228)
Entre 45 e 65 anos	-0.247 (0.15)	-0.096 (0.061)	-0.343 (0.207)	-0.237 (0.15)	-0.108 (0.071)	-0.345 (0.218)	0.254 (0.135)	0.146 (0.082)	0.4 (0.214)	0.238 (0.134)	0.17 (0.101)	0.408 (0.232)
Maior de 65 anos	-0.26	-0.1	-0.36	-0.252	-0.115	-0.367	0.096	0.055	0.151	0.101	0.072	0.172

	(0.154)	(0.064)	(0.215)	(0.154)	(0.075)	(0.226)	(0.139)	(0.08)	(0.219)	(0.139)	(0.1)	(0.238)
Homem	0.17	0.065	0.235	0.178	0.081	0.26	-0.132	-0.076	-0.208	-0.136	-0.097	-0.233
	(0.109)	(0.045)	(0.153)	(0.109)	(0.054)	(0.161)	(0.099)	(0.059)	(0.157)	(0.098)	(0.074)	(0.171)
Dirigidos produtor	0.112	0.043	0.156	0.106	0.049	0.155	-0.107	-0.061	-0.168	-0.098	-0.07	-0.167
	(0.063)	(0.026)	(0.087)	(0.063)	(0.03)	(0.092)	(0.056)	(0.034)	(0.089)	(0.056)	(0.042)	(0.097)
Dirigidos administrador	0.121	0.047	0.167	0.118	0.054	0.172	-0.081	-0.046	-0.127	-0.073	-0.052	-0.125
	(0.078)	(0.032)	(0.109)	(0.078)	(0.038)	(0.114)	(0.07)	(0.041)	(0.111)	(0.07)	(0.051)	(0.12)
Produtor reside no estabelecimento	0.097	0.037	0.134	0.1	0.046	0.146	0.034	0.02	0.054	0.037	0.027	0.064
	(0.054)	(0.022)	(0.075)	(0.054)	(0.027)	(0.079)	(0.048)	(0.028)	(0.076)	(0.048)	(0.035)	(0.083)
Tem agricultura familiar	-0.023	-0.009	-0.032	-0.018	-0.008	-0.026	0.022	0.013	0.034	0.023	0.016	0.039
	(0.054)	(0.021)	(0.075)	(0.054)	(0.025)	(0.079)	(0.049)	(0.028)	(0.077)	(0.049)	(0.035)	(0.083)
Tem agricultura orgânica	-0.02	-0.008	-0.028	-0.037	-0.017	-0.053	-0.252**	-0.145*	-0.397**	-0.244**	-0.174*	-0.418**
	(0.1)	(0.038)	(0.138)	(0.099)	(0.046)	(0.145)	(0.09)	(0.058)	(0.144)	(0.089)	(0.072)	(0.157)
Tem energia elétrica	0.062	0.024	0.085	0.067	0.031	0.098	0.223**	*	0.128**	0.35***	0.216***	0.155**
	(0.064)	(0.026)	(0.089)	(0.064)	(0.03)	(0.094)	(0.058)	(0.039)	(0.092)	(0.058)	(0.048)	(0.1)
Participa de cooperativa	-0.003	-0.001	-0.004	-0.007	-0.003	-0.01	0.016	0.009	0.025	0.019	0.013	0.032
	(0.056)	(0.021)	(0.077)	(0.056)	(0.025)	(0.081)	(0.05)	(0.029)	(0.079)	(0.05)	(0.036)	(0.086)
Participa entidade classe	-0.045	-0.017	-0.062	-0.046	-0.021	-0.067	0.057	0.033	0.089	0.059	0.042	0.101
	(0.044)	(0.018)	(0.061)	(0.044)	(0.021)	(0.065)	(0.039)	(0.024)	(0.063)	(0.039)	(0.03)	(0.068)
Recebe assistência técnica	0.001	0	0.001	0.001	0	0.001	0.036	0.021	0.056	0.038	0.027	0.065
	(0.035)	(0.014)	(0.049)	(0.035)	(0.016)	(0.051)	(0.032)	(0.019)	(0.05)	(0.032)	(0.023)	(0.054)
Próprias do produtor	0.178*	0.069*	0.247*	0.173*	0.079*	0.251*	-0.02	-0.012	-0.032	-0.019	-0.014	-0.033
	(0.072)	(0.031)	(0.1)	(0.072)	(0.036)	(0.106)	(0.065)	(0.037)	(0.103)	(0.065)	(0.046)	(0.111)
Alugadas	-0.176*	-0.068	-0.244*	-0.172*	-0.079	-0.251*	-0.06	-0.034	-0.094	-0.068	-0.048	-0.116
	(0.085)	(0.037)	(0.119)	(0.085)	(0.043)	(0.125)	(0.076)	(0.044)	(0.12)	(0.076)	(0.055)	(0.131)
Cedidas	0.255**	0.098*	0.353**	0.248*	0.113*	0.361*	-0.141	-0.081	-0.222	-0.14	-0.1	-0.24
	(0.097)	(0.043)	(0.135)	(0.097)	(0.051)	(0.142)	(0.087)	(0.052)	(0.138)	(0.087)	(0.065)	(0.15)
Ocupadas	0.334***	0.129**	0.464**	0.329***	0.15**	0.479**	-0.129	-0.074	-0.203	-0.14	-0.1	-0.24
	(0.094)	(0.048)	(0.135)	(0.094)	(0.056)	(0.142)	(0.085)	(0.051)	(0.134)	(0.084)	(0.064)	(0.146)
Usam corretivo Ph	-0.001	0	-0.001	-0.001	-0.001	-0.002	-0.016	-0.009	-0.025	-0.017	-0.012	-0.029
	(0.064)	(0.025)	(0.088)	(0.064)	(0.029)	(0.093)	(0.057)	(0.033)	(0.09)	(0.057)	(0.041)	(0.098)
Usam adubação	0.04	0.015	0.056	0.045	0.021	0.066	0.081	0.047	0.128	0.079	0.057	0.136
	(0.062)	(0.024)	(0.087)	(0.062)	(0.029)	(0.091)	(0.056)	(0.034)	(0.09)	(0.056)	(0.042)	(0.097)

Usam agrotóxico	0.015 (0.021)	0.006 (0.008)	0.02 (0.029)	0.014 (0.021)	0.006 (0.01)	0.02 (0.03)	-0.007 (0.019)	-0.004 (0.011)	-0.011 (0.029)	-0.005 (0.018)	-0.003 (0.013)	-0.008 (0.032)
Emprego lavoura Temporaria	0.003 (0.004)	0.001 (0.002)	0.005 (0.006)	0.003 (0.004)	0.001 (0.002)	0.005 (0.006)	-0.003 (0.004)	-0.002 (0.002)	-0.004 (0.006)	-0.003 (0.004)	-0.002 (0.003)	-0.005 (0.007)
Emprego lavoura Permanente	0.005 (0.004)	0.002 (0.001)	0.007 (0.005)	0.005 (0.004)	0.002 (0.002)	0.007 (0.005)	0 (0.003)	0 (0.002)	0 (0.005)	0 (0.003)	0 (0.002)	-0.001 (0.006)
Emprego Pecuária	-0.006 (0.008)	-0.002 (0.003)	-0.008 (0.011)	-0.005 (0.008)	-0.002 (0.004)	-0.007 (0.012)	0.004 (0.007)	0.002 (0.004)	0.007 (0.011)	0.004 (0.007)	0.003 (0.005)	0.007 (0.012)
Val Prod lav Temp - Ant	-0.001 (0.005)	0 (0.002)	-0.002 (0.007)	0 (0.005)	0 (0.002)	-0.001 (0.008)	0 (0.005)	0 (0.003)	-0.001 (0.007)	0 (0.005)	0 (0.003)	-0.001 (0.008)
Val Prod lav Perm - Ant	0.003 (0.004)	0.001 (0.001)	0.004 (0.005)	0.003 (0.004)	0.001 (0.002)	0.004 (0.005)	0.001 (0.003)	0 (0.002)	0.001 (0.005)	0.001 (0.003)	0 (0.002)	0.001 (0.005)
Val Prod Pec - Ant	0.007 (0.006)	0.003 (0.002)	0.01 (0.008)	0.007 (0.006)	0.003 (0.003)	0.01 (0.009)	0.001 (0.005)	0 (0.003)	0.001 (0.008)	0.001 (0.005)	0.001 (0.004)	0.002 (0.009)
Investimento	-0.089 (0.12)	-0.035 (0.047)	-0.124 (0.166)	-0.092 (0.12)	-0.042 (0.056)	-0.135 (0.175)	-0.019 (0.108)	-0.011 (0.062)	-0.029 (0.17)	-0.008 (0.108)	-0.005 (0.077)	-0.013 (0.185)
Custeio	0.207 (0.115)	0.08 (0.048)	0.287 (0.16)	0.202 (0.115)	0.092 (0.056)	0.294 (0.168)	-0.182 (0.104)	-0.105 (0.062)	-0.287 (0.164)	-0.178 (0.103)	-0.127 (0.077)	-0.305 (0.178)
Comercialização	-1.248 (1.06)	-0.482 (0.425)	-1.729 (1.475)	-1.242 (1.059)	-0.568 (0.503)	-1.809 (1.55)	0.871 (0.954)	0.501 (0.556)	1.371 (1.506)	0.899 (0.951)	0.643 (0.692)	1.542 (1.637)
Manutenção	0.251 (0.326)	0.097 (0.126)	0.348 (0.45)	0.273 (0.325)	0.125 (0.15)	0.397 (0.473)	-0.29 (0.293)	-0.166 (0.17)	-0.456 (0.461)	-0.307 (0.292)	-0.22 (0.211)	-0.527 (0.5)
Tratores	0.037 (0.08)	0.014 (0.031)	0.052 (0.111)	0.028 (0.08)	0.013 (0.036)	0.041 (0.116)	0.088 (0.072)	0.05 (0.043)	0.138 (0.115)	0.101 (0.072)	0.073 (0.055)	0.174 (0.126)
Outra maquinaria	-0.051 (0.055)	-0.02 (0.022)	-0.07 (0.077)	-0.048 (0.055)	-0.022 (0.026)	-0.071 (0.081)	0.067 (0.05)	0.039 (0.029)	0.106 (0.078)	0.059 (0.05)	0.042 (0.036)	0.101 (0.085)
Entre 50 e 500 hectares	0.074 (0.067)	0.028 (0.027)	0.102 (0.093)	0.071 (0.067)	0.032 (0.031)	0.103 (0.097)	0.025 (0.06)	0.015 (0.035)	0.04 (0.094)	0.026 (0.06)	0.019 (0.043)	0.045 (0.103)
Mais de 500 hectares	0.264 (0.183)	0.102 (0.075)	0.365 (0.255)	0.266 (0.183)	0.122 (0.089)	0.388 (0.269)	-0.139 (0.165)	-0.08 (0.096)	-0.219 (0.26)	-0.164 (0.164)	-0.117 (0.12)	-0.281 (0.283)

* p < .05; ** p < .01; *** p < .001

Fonte: Resultados da pesquisa