

A Agricultura Irrigada no Paraná: expansão de áreas e uso de recursos hídricos

Irrigated Agriculture in Paraná: expansion of areas and use of water resources

Agricultura de Regadío en Paraná: expansión de áreas y uso de los recursos hídricos

Angel dos Santos Fachinelli Ferrarini*

RESUMO

O objetivo geral do estudo é apresentar uma análise comparativa da evolução das áreas irrigadas e do uso de água na agricultura para os municípios paranaenses. Para que tal discussão seja possível, dados das áreas irrigadas e coeficiente técnico do uso de água são utilizados. Os resultados são apresentados, primeiramente, para áreas da agricultura irrigada municipal e, posteriormente, para o uso de água em metros cúbicos (m^3 /ano). Os resultados mostram que os municípios de maior avanço no uso consultivo de recursos hídricos para a agricultura irrigada seriam Rosário do Ivaí, em 153% adicionais; Wenceslau Braz, com expansão prevista de 140%; Peabiru, com expansão de 86%; e Quatro Pontes, com avanço de 108%. Outros municípios tenderiam a reduzir o uso consuntivo, como é o caso de Rebouças e Campina da Lagoa, mas a expectativa de avanço do uso de água se manteria em adicionais 18,9% no Estado, passando de pouco mais de 190 milhões de m^3 /ano em 2017 para mais de 226 milhões de m^3 /ano em 2030. Os dados também evidenciam a expansão da agricultura da soja, milho, trigo, cana-de-açúcar, e a produção de outras culturas irrigadas, como a uva e o tomate.

Palavras-chave: Irrigação. Culturas. Coeficiente técnico.

ABSTRACT

The general objective of the study is to present a comparative analysis of the evolution of irrigated areas and the use of water in agriculture for the municipalities of Paraná. For such discussion to be possible, data from irrigated areas and technical coefficient of water use are used. The results are presented, first, for areas of municipal irrigated agriculture and, later, for the use of water in cubic meters (m^3 /year). The results show that the municipalities with the greatest advance in the advisory use of water resources for irrigated agriculture would be Rosario do Ivaí, in an additional 153%; Wenceslau Braz, with expected expansion of 140%; Peabiru, with expansion of 86%; and Quatro Pontes, with an advance of 108%. Other municipalities would tend to reduce consuntive use, such as Rebouças and Campina

* Doutora em Economia Aplicada pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo, Piracicaba, São Paulo, Brasil. Docente do Curso de Ciências Econômicas na Universidade Federal de Rondonópolis, Mato Grosso, Brasil. E-mail: angel.ferrarini@ufr.edu.br

Artigo recebido em junho/2022 e aceito para publicação em agosto/2022.

da Lagoa, but the expectation of advancing water use would remain in an additional 18.9% in the State, from just over 190 million m³/year in 2017 to more than 226 million m³/year in 2030. The data also show the expansion of soybean, corn, wheat, sugarcane, and the production of other irrigated crops, such as grape and tomato.

Keywords: Irrigation. Cultures. Technical coefficient.

RESUMEN

El objetivo general del estudio es presentar un análisis comparativo de la evolución de las zonas de regadío y el uso del agua en la agricultura para los municipios de Paraná. Para que esta discusión sea posible, se utilizan datos de áreas irrigadas y coeficiente técnico de uso del agua. Los resultados se presentan, en primer lugar, para las zonas de agricultura municipal de regadío y, posteriormente, para el aprovechamiento del agua en metros cúbicos (m³/año). Los resultados muestran que los municipios con mayor avance en el uso consultivo de los recursos hídricos para la agricultura de regadío serían Rosario do Ivaí, en un 153% adicional; Wenceslau Braz, con una expansión esperada del 140%; Peabiru, con una expansión del 86%; y Quatro Pontes, con un avance del 108%. Otros municipios tenderían a reducir el uso consuntivo, como Rebouças y Campina da Lagoa, pero la expectativa de avanzar en el uso del agua se mantendría en un 18,9% adicional en el Estado, de poco más de 190 millones de m³ / año en 2017 a más de 226 millones de m³ / año en 2030. Los datos también muestran la expansión de la soja, el maíz, el trigo, la caña de azúcar y la producción de otros cultivos de regadío, como la uva y el tomate.

Palabras clave: Riego. Culturas. Coeficiente técnico.

INTRODUÇÃO

O conhecimento das áreas irrigadas é de fundamental importância para o planejamento estratégico da atividade agrícola do Estado brasileiro. Este planejamento envolve não só a agricultura, mas também toda a cadeia produtiva de fornecimento de recursos. Além disso, a atividade agrícola é intensiva no uso de recursos hídricos e a adequada gestão desses recursos é imprescindível para garantir o acesso a água de qualidade e em quantidade para as gerações futuras.

A água, na agricultura irrigada, é consumida, em sua maior parte, pela evapotranspiração das plantas e do solo, não retornando diretamente aos corpos hídricos de origem. Dentro do ciclo hidrológico das culturas, o consumo de água na irrigação implica a indisponibilidade desse recurso hídrico para outros usos naquela localidade e tempo. Ademais, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021a), a demanda hídrica da agricultura irrigada no País, em 2019¹, apresentou um uso de 965 metros cúbicos por segundo (m³/s), ou seja, cerca de 29,7 trilhões de litros por ano.

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2020), o Brasil ocupa a sexta posição em relação aos países de maior área irrigada, com aproximadamente 8,2 milhões de hectares (Mha), sendo que 2,0 Mha são fertirrigados² e 5,3 Mha irrigados. De acordo com a ANA (2021a), as atuais áreas irrigadas no País estão aquém do potencial, e isto não é diferente no Paraná. Ainda segundo relatório da Agência, o Estado apresentou 255.485 hectares irrigados e tem potencial para atingir até 2 milhões de hectares.

Diante disso, cabe destacar a relevância do Paraná para o avanço da agricultura e a ampliação da gestão dos recursos hídricos. O Estado concentra 5% da população nacional (é o sexto estado mais populoso), compreende 399 municípios e, apesar de apresentar um elevado quantitativo de águas superficiais (3,6 m³ por habitante), com adicionais de águas subterrâneas (690 m³ por habitante), esta distribuição não é igualitária entre as regiões do Estado. Segundo dados do Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO³), o Paraná se enquadrava na tipologia C, com balanços quali-quantitativos críticos em algumas bacias, usos concentrados e conflitos pelo uso da água com relevante abrangência, bem como necessidade de ampliação na gestão (ANA, 2021b), o que tem suscitado a ampliação no quantitativo de comitês de bacias hidrográficas.

¹ A ANA apresenta cenários climáticos diferentes. Neste estudo, o cenário climático apresentado é o de clima médio.

² A fertirrigação consiste na técnica de aplicar fertilizantes via água de irrigação. Para mais detalhes, ver Silva e Soares. (2009).

³ Programa de incentivo financeiro aos sistemas estaduais para o gerenciamento de recursos hídricos, conforme a tipologia quali-quantitativa das bacias hidrográficas das unidades de federação (ANA, 2021b).

Posto isso, o presente estudo busca identificar quais municípios paranaenses têm avançado na expansão das áreas irrigadas e quais culturas têm sido beneficiadas por essa expansão. O objetivo geral é apresentar uma análise comparativa da evolução das áreas irrigadas e do uso de água na agricultura para os municípios paranaenses. Para essa discussão, técnicas de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) são utilizadas. As informações são apresentadas, primeiramente, para áreas da agricultura irrigada municipal e, posteriormente, para o uso de água em metros cúbicos (m³/ano).

O artigo estrutura-se em quatro seções, além desta Introdução. A primeira apresenta, brevemente, a agricultura no Paraná e as bacias hidrográficas que abastecem o Estado. A segunda parte descreve os bancos de dados utilizados, as limitações e ressalvas, bem como a metodologia de análise. A terceira seção mostra os resultados comparativos, e, por último, têm-se as considerações gerais e finais do estudo.

1 A AGRICULTURA NO PARANÁ E AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

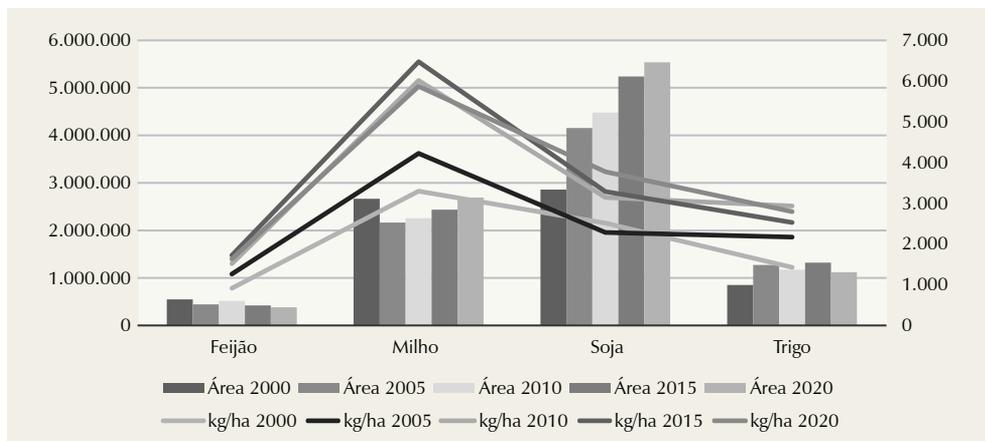
O Paraná está localizado na Região Sul do Brasil e ocupa 199.324 km², o equivalente a 2,3% do território brasileiro, tendo na agricultura uma das principais atividades econômicas. O desenvolvimento da atividade agrícola está diretamente associado à tipologia físico-climática da região e depende de vários fatores, os quais incluem a modernização da atividade na base técnica da produção e suas consequências econômicas.

O avanço e a modernização da agricultura permitem o cultivo de diversas culturas e a ampliação da relação rentabilidade por área produzida, conforme descreve Teixeira (2005). Segundo Campanhola e Graziano (2000), nesse processo de modernização as políticas públicas direcionadas à agricultura (crédito, pesquisa, extensão rural), bem como as iniciativas dos agentes privados, devem estar alicerçadas nas características da região, no zoneamento territorial dos recursos com respeito aos princípios do desenvolvimento sustentável.

De modo a visualizar as mudanças nas áreas das principais culturas produzidas no Paraná após os anos 2000, apresentam-se, no gráfico 1, a evolução da área plantada (em hectares) e o rendimento médio (kg/ha) para a soja, milho, trigo e feijão no Estado nos anos de 2000, 2005, 2010, 2015 e 2020. A área plantada da soja avançou 94%, enquanto a do milho avançou menos de 1% (milho em grão, considerando a primeira e a segunda safras). No entanto, o ganho de rendimento médio no cultivo do milho foi de 78%, enquanto no da soja foi de 50%. No caso do milho, a boa resposta para a segunda safra contribuiu para este avanço.

Para Freitas (2011), dentre os fatores que contribuíram para o avanço da soja no Paraná têm-se a semelhança do ecossistema da Região Sul do Brasil com o do Sul dos Estados Unidos, o qual favoreceu a adoção e adaptação de tecnologias; a expansão do mercado internacional; a substituição da gordura animal pela gordura vegetal; e a criação de agroindústrias para o processamento da soja. Situação semelhante pode ser identificada para o milho e o trigo.

GRÁFICO 1 - PRODUÇÃO (MIL HECTARES) E PRODUTIVIDADE (TON./HA) DA SOJA, MILHO, TRIGO E FEIJÃO - PARANÁ - 2000, 2005, 2010, 2015 E 2020



FONTES: IBGE (2021) - Produção Agrícola Municipal
 NOTA: Elaborado pela autora.

Essas mudanças na dinâmica da produção agrícola e suas implicações regionais têm sido motivo de vários estudos ao longo dos anos, como o de Godoy (2006); Melo e Parré (2007); Campos (2011); Felema *et al.* (2016), os quais, de um modo geral, destacam a fertilidade do solo, o clima paranaense, a aprendizagem coletiva e os avanços tecnológicos como elementos que contribuíram para a diversificação da produção agrícola regional.

Segundo levantamento realizado pelo Departamento de Economia Rural da Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento (SEAB, 2018), em 2017 o Valor Bruto da Produção Rural (VBP) foi de R\$ 85,31 bilhões, o que representa uma queda ante o de 2016, que foi de R\$ 87,47 bilhões.

No entanto, diante da desvalorização cambial, especialmente após 2016, as exportações do Paraná continuaram a avançar. Em 2017, a balança comercial paranaense atingiu US\$ 6,56 bilhões, ou seja, uma expansão de 61% em relação a 2016. Além disso, o aumento de 19% no valor exportado (US\$ 18,08 bilhões) foi acompanhado por um aumento de 4% no valor das importações (US\$ 11,52 bilhões), expansões estas que se mantiveram nos anos seguintes, parte delas impulsionada pelas boas safras e pela desvalorização cambial.

Nesse mesmo sentido, os dados do Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2020) mostram que o agronegócio representou 33,86% no total do Produto Interno Bruto (PIB) do Paraná em 2017. O relatório técnico aponta que o resultado positivo para 2017 advém de uma sequência de três anos de queda, tendo alcançado nesse ano 142 bilhões de reais (33% do PIB), o que representa um avanço real de 4,5% mantendo a importância relativa para as atividades.

Contudo, todo esse crescimento na produção envolve mudanças no uso do solo e dos recursos hídricos, suscitando o avanço na gestão dos recursos hídricos.

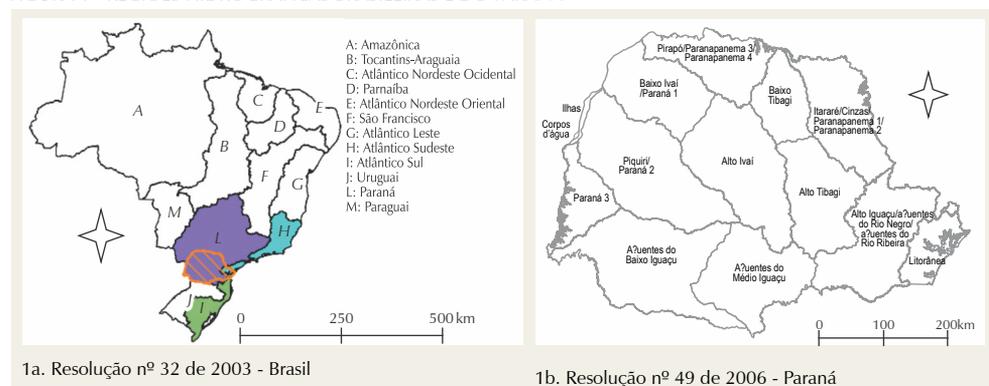
Assim, com a aprovação da Política Nacional de Recursos Hídricos, em 1997, foi possível instituir e promulgar a Lei Estadual de Recursos Hídricos nº 12.726, em 26 de novembro de 1999, importante legislação para construir uma agenda ambiental para o Paraná (IAT, 2021a).

Essa legislação permitiu elencar a adoção da bacia hidrográfica como unidade de planejamento, dispondo sobre o Plano Estadual de Recursos Hídricos, os Planos de Bacia, a outorga de direito de uso dos recursos hídricos, a cobrança pelo uso da água, o enquadramento dos corpos d'água em classes de uso e o Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos, problemas identificados no PROGESTÃO.

Os problemas quanto à disponibilidade hídrica são associados às alterações climáticas e demográficas, sendo também analisados em termos qualitativos, dado que muitas vezes esses recursos apresentam elevadas cargas orgânicas, as quais são despejadas em rios, em decorrência dos diversos usos consuntivos (ANA, 2020). Em relação aos problemas climáticos, os dados do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2021) mostram que o mundo provavelmente terá um aumento de aquecimento de 1.5°C dentro das próximas duas décadas, e apenas reduções ambiciosas de emissões poderão limitar esse aumento de temperatura. Caso isto não ocorra, os impactos ambientais e de custos serão cada vez maiores.

A figura 1, a seguir, mostra que o Estado do Paraná é abastecido, em grande parte, pela bacia hidrográfica do Paraná (figura 1a) e parcialmente pela bacia hidrográfica do Atlântico Sudeste e Atlântico Sul. Esta classificação inicial segue as diretrizes definidas pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) na Resolução nº 32 de 2003. Além disso, as unidades hidrográficas do Paraná apresentam uma divisão descrita na Resolução nº 49 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos (CERH/PR), de 20 de dezembro de 2006, que dispõe as 16 Bacias Hidrográficas e define 12 unidades hidrográficas para a gestão, apresentadas na figura 1b.

FIGURA 1 - REGIÕES HIDROGRÁFICAS BRASILEIRAS E DO PARANÁ



FONTES: ANA (2021a), Instituto Água e Terra (IAT, 2021c)
 NOTA: Elaborada pela autora.

Segundo dados do IAT (2010), as bacias hidrográficas do Paraná, a do Iguaçu (nascente na região metropolitana de Curitiba) e a do Tibaji, concentram as maiores populações (Ponta Grossa e Londrina). Juntas, essas duas bacias concentram aproximadamente 50% dos habitantes, chamando atenção à expansão populacional urbana e aos possíveis conflitos no uso das águas.

Em face desse cenário, cabe destacar a relevância do gerenciamento dos usos consultivos pelos comitês de bacias hidrográficas, o que, segundo dados da Secretária do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo do Paraná (SEDEST-PR, 2021), reporta 11 comitês em atuação. Esta estratégia de incluir a sociedade civil nos processos de participação do gerenciamento de recursos naturais permite e a ampliação das discussões quanto as necessidades regionais direcionadas, bem como o adequado acompanhamento dos usos e no compartilhamento do poder de decisão.

Nesse ponto, conforme descrito nos cadernos de capacitação em recursos hídricos (ANA, 2011), a principal decisão a ser tomada pelo comitê é a aprovação do Plano de Recursos Hídricos da Bacia. Este instrumento constitui o plano diretor para os usos da água, sendo que o Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná é um dos instrumentos da Política Estadual de Recursos Hídricos iniciada em 2006.

Segundo dados do IAT (2021b), a elaboração do plano foi dividida em três etapas, a saber: i) diagnóstico, que envolveu diferentes setores públicos e privados; ii) processo participativo, com discussões junto à sociedade e aos setores, e realização de Encontros Regionais para a elaboração do Plano Estadual; iii) consolidação do Plano Estadual, com a integração dos estudos de diagnósticos e participação da sociedade civil, para a caracterização físico-climática de cada bacia hidrográfica, bem como de seus afluentes, e promoção de condições de zoneamento urbano e ambiental.

A disponibilidade hídrica paranaense de águas superficiais era de 3,6 mil m³ por ano para cada habitante, com adicionais 690 m³/ano por habitante dos aquíferos subterrâneos, disponibilidade esta que, em 2010, era superior à demanda de 157 m³ por habitante (IAT, 2010). No entanto, a disponibilidade hídrica mencionada não considera a qualidade das águas, e, ainda, há o problema da distribuição não igualitária dentro do Estado, o que, com a expansão das áreas agrícolas irrigadas, poderá intensificar a necessidade de melhorar a gestão das águas. Posto isso, a seção seguinte apresenta, brevemente, a metodologia e o banco de dados utilizado no estudo.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo utiliza-se dos dados de áreas irrigadas e coeficientes técnicos reportados em Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2011) para o ano de 2006; no Atlas da Irrigação da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021a) e nos Coeficientes Técnicos de Uso da Água para a Agricultura Irrigada em ANA (2019).

Este trabalho considera também os dados de área potencial efetiva municipal para projetos de ampliação da irrigação com base nos dados da ANA (2021a). As análises para o potencial de expansão da agricultura irrigada enfatizam os aspectos físico-ambientais e fornecem perspectivas e direcionamento tanto para o setor privado quanto para as políticas públicas.⁴

Os dados de área plantada foram coletados na Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2021) considerando todas as culturas, temporárias e permanentes, de cada município para identificar a relação área irrigada/plantada. Devido a diferenças na aplicação metodológica dos bancos de dados, alguns ajustes foram necessários. Há diferenças de área irrigada de MMA (2011) e do Censo Agropecuário em IBGE (2009). Apesar de MMA (2011) ter por base os dados de Censo, essas diferenças tornam-se mais evidentes ao nível de cultura.⁵ No entanto, como o estudo de MMA (2011) é um dos objetivos do Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) e apresenta informações quanto ao volume de uso e áreas irrigadas, considerou-se como válida a totalidade das áreas descritas em MMA (2011).

Em relação aos dados de coeficiente técnicos de uso de água, a matriz de MMA (2011) contou com informações para 57 culturas distribuídas por município, sendo que a base de dados original é extensa e complexa, tornando necessária a utilização de um sistema computacional específico⁶ para a contabilização dos dados municipais e o procedimento de transformação dos dados em litros por segundo por hectare em cada mês irrigado (l.s.ha.mês) para metros cúbicos por ano (m³/ano).

Os dados de área irrigada descritos no Atlas da Irrigação de 2021⁷ envolveram diferentes bancos de informações, que foram consolidados e divulgados na versão de 2021. Além disso, têm como base o Censo Agropecuário de 2017 e outras fontes de informações que remetem a outros períodos no tempo. Diante disso, para possibilitar o comparativo com as áreas plantadas, optou-se por uma *proxy* que representa a média de áreas plantadas de 2017 a 2019. Portanto, leia-se 2006 como os dados referentes a MMA (2011), e leia-se 2017 como os dados referentes a ANA (2021a).

Os coeficientes de água na agricultura irrigada reportados em ANA (2019) representam simulações para 61 culturas e foram calculados com base no clima médio local de estações hidrometeorológicas até 2017. Sendo assim, para os coeficientes técnicos o banco de dados de MMA (2011) contemplou 59 culturas por município, e

⁴ Expressa condições mais favoráveis de desenvolvimento. Esses potenciais descritos em ANA (2021) devem ser observados com cautela.

⁵ Estas diferenças estão explicadas em MMA (2011).

⁶ O *software* Visual Studio versão 2012 foi utilizado para a geração de dados por se tratar de um *software* de desenvolvimento de sistemas, capaz de elaborar dados de acordo com a necessidade do pesquisador. A matriz por cultura e estado final totalizou 832 dados para o uso da água.

⁷ Elaborado entre 2018 e 2020 a partir de etapas traçadas em 2017, divulgação de pivôs-centrais em ANA (2019), divulgação de áreas irrigadas e fertirrigadas para a cana-de-açúcar, mapeamento para o semiárido, Censo Agropecuários de 2017 são exemplos do conjunto de dados coletados (ANA, 2021a).

o banco de dados de ANA (2019) contemplou 61 culturas por município e por fase de crescimento da cultura. Ambos os bancos de dados foram agregados e denominados de agricultura irrigada.

Tendo a base de dados preparada, a análise estatística utilizada neste estudo compreende a espacialização das informações por meio de técnicas do AEDE, que é uma coleção de técnicas para descrever e visualizar distribuições espaciais. O presente estudo se utiliza do ferramental abordado em Almeida (2012) para, primeiramente, explorar os dados de área irrigada e de uso de água na agricultura irrigada por meio de figuras ilustradas na estatística descritiva em Percentil e Quantil.

Com base na espacialização dos dados (percentil e quantil) pretende-se descobrir se estes são distribuídos aleatoriamente⁸ ou seguem algum padrão sistemático que possa ser explorado por meio da análise de *cluster*. Para que tal análise seja possível, foi utilizada a estatística I de Moran univariada local. O I de Moran local tem a capacidade de capturar padrões locais de autocorrelação espacial, os chamados indicadores LISA (*Local Indicator of Spacial Association*). O coeficiente I de Moran local para uma variável y padronizada, observada na região i, z_i , pode ser expresso como:

$$I_i = Z_i \sum_{j=1}^j W_{ij} Z_j$$

O I_i só abrange os vizinhos da observação i, definidos conforme a matriz de pesos espaciais (w)⁹. Uma indicação de autocorrelação espacial positiva¹⁰ revela que há uma similaridade entre o valor do atributo estudado e o da sua localização espacial. Por outro lado, uma indicação de autocorrelação espacial negativa revela que existe uma dissimilaridade entre os valores do atributo estudado e da localização espacial do atributo (ALMEIDA, 2012, p.106).

3 RESULTADOS

O debate sobre as relações de consumo e eficiência técnica para um desenvolvimento econômico sustentável tem avançado ao longo das duas últimas décadas (anos 2000) no Brasil, mas ainda é incipiente. Nesse sentido, a ANA, juntamente com os demais órgãos responsáveis e comitês de bacias hidrográficas, entre outros, têm concentrado esforços para entender e preservar o ambiente para as futuras gerações. Sendo assim, os dados apresentados a seguir devem ser vistos com cautela.

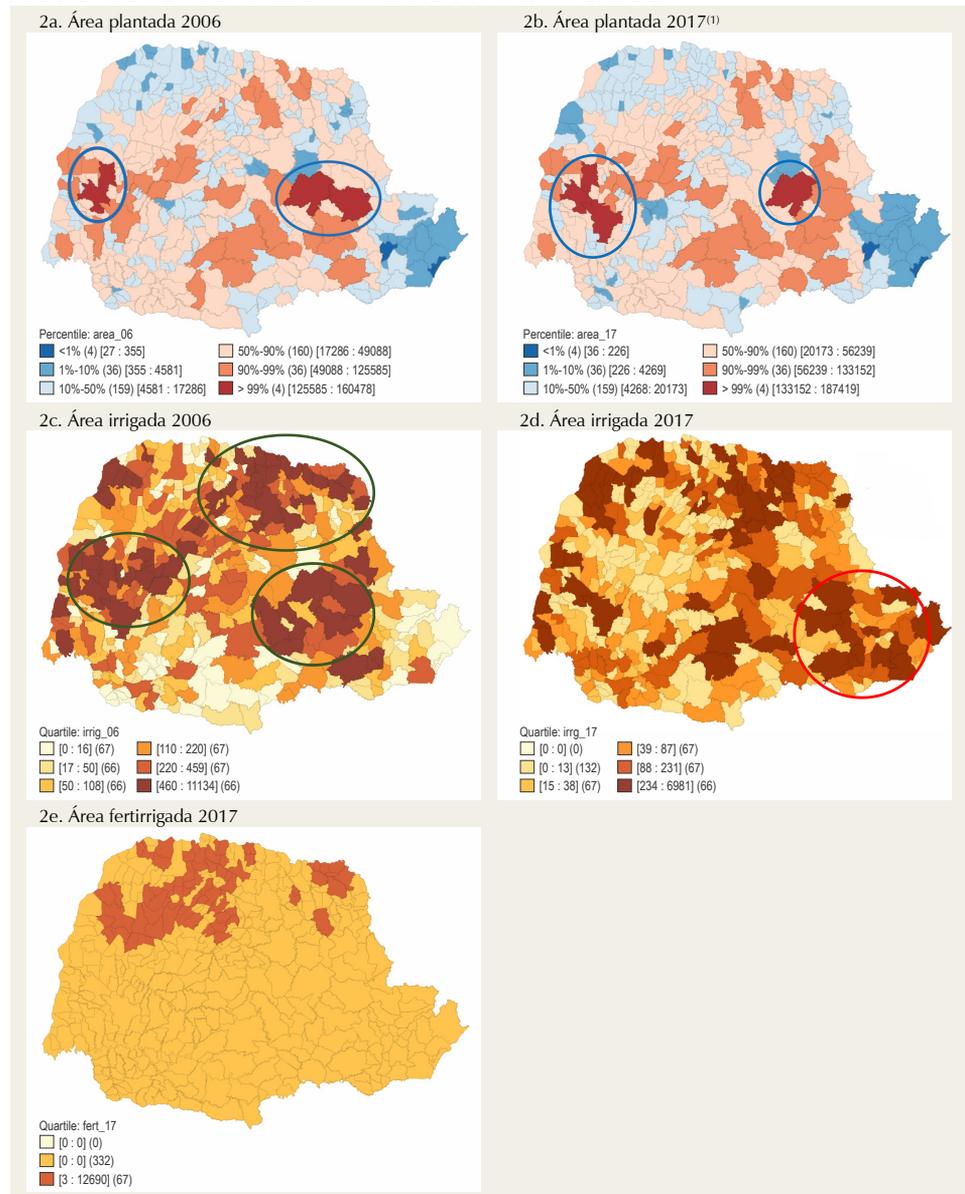
⁸ Aleatoriedade espacial significa que os valores de um tributo numa região não dependem dos valores desse tributo nas regiões vizinhas (ALMEIDA, 2012, p.104).

⁹ No presente estudo foram testadas algumas possibilidades de matrizes de pesos, sendo que a Matriz Rainha foi a que apresentou maior I de Moran. Sobre matrizes de pesos, verificar Almeida (2012).

¹⁰ O correto é considerar concentração espacial quando o sinal da estatística I for maior que seu valor esperado, que possui sinal negativo (ALMEIDA, 2012, p.108).

Como já citado, a atividade agrícola é intensiva em uso de água e, apesar do uso elevado, é preciso considerar o potencial de retorno do uso. No entanto, nada se poderá afirmar quanto à qualidade dos retornos dos recursos hídricos. Diante do exposto, os dados apresentados na figura 2 mostram a evolução da área plantada e irrigada no Paraná (percentil) no intuito de averiguar as principais alterações regionais.

FIGURA 2 - ÁREA PLANTADA IRRIGADA NA AGRICULTURA - PARANÁ - 2006 E 2017



FONTES: PAM (IBGE, 2021), MMA (2011), ANA (2021a)

NOTA: Elaborada pela autora.

(1) Representa a média do período, conforme descrito na base de dados.

Nas figuras 2a e 2b, os dados em círculo azul representam os quatro municípios de maior área plantada nos respectivos bancos de dados (período de 2006 e período considerado como 2017). Para 2006, os municípios de Tibagi (160.477 ha), Castro (129.086 ha), Toledo (127.408 ha) e Assis Chateaubriand (138.620 ha) representaram os maiores números de hectares plantados no Estado. Em 2017, identificaram-se os municípios de Tibaji (176.056 ha), Assis Chateaubriand (143.308 ha), Cascavel (187.418 ha), Toledo (137.091 ha), ou seja, houve uma alternância entre os municípios de Castro (primeiro período) com Cascavel (segundo período), tendo este último avançado também na agricultura irrigada.

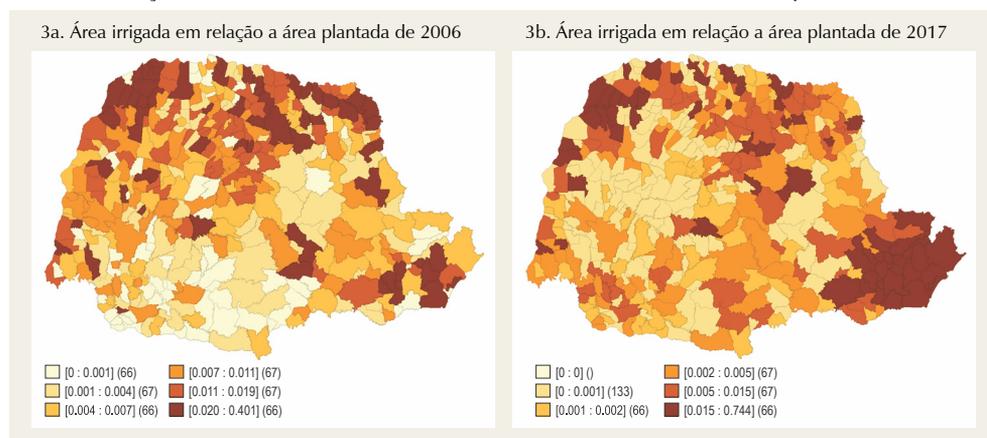
Os dados da figura 2, de um modo geral, permitem visualizar que a distribuição de áreas agrícolas não é uniforme no Estado, ou seja, os municípios com maiores percentis, maiores áreas plantadas e que representam o percentil acima de 90% estão localizados, predominantemente, nas regiões central e oeste do Estado (percentil de 90% a 99%), com um quantitativo em hectares plantados acima de 49 mil hectares em 2006 e 56 mil hectares em 2017, ou seja, houve incrementos nas áreas plantadas nessas regiões.

Em relação à evolução da área irrigada, os dados de fertirrigação fornecidos pelo Atlas da Irrigação em ANA (2021a) contemplaram área irrigada e fertirrigada para a cana-de-açúcar, especificamente em separado, o que não foi possível desagregar nos dados de MMA (2011) para o ano de 2006. Posto isso, é possível observar, pelos dados em quantil, nas figuras 2c e 2d, que o quantitativo de áreas irrigadas se alterou entre os dois períodos, sendo que a irrigação era mais concentrada nas regiões Nordeste, Oeste e Central do Estado (círculos verdes) em 2006 – figura 2c –, apresentando movimento de expansão para a região Leste (círculo vermelho) no período de 2017 – figura 2d. A irrigação se ampliou no Estado, passando de um total de 130.116 ha em 2006 (irrigados e fertirrigados) para 255.485 hectares irrigados (66.418 irrigados e 189.067 fertirrigada) em 2017.

Neste ponto cabe destacar que um elevado quantitativo de áreas irrigadas não representa, necessariamente, um elevado percentual de irrigação (áreas irrigadas em relação às áreas plantadas) na região de análise. A figura 3 mostra a relação das áreas irrigadas com os hectares plantados. Os dados são apresentados como taxas (decimais) da relação área irrigada¹¹ e plantada, sendo possível observar ampliação das áreas irrigadas sobre as áreas plantadas nas regiões Norte e Leste do Estado, sugerindo uma ampliação da tecnificação da irrigação nessas regiões, sendo a região Norte do Paraná fortemente puxada pela fertirrigação da cana-de-açúcar.

¹¹ Aqui não se fez a distinção entre irrigação e fertirrigação.

FIGURA 3 - RELAÇÃO PERCENTUAL ENTRE AS ÁREAS IRRIGADAS E PLANTADAS - DADOS EM QUANTIL - 2006 E 2017

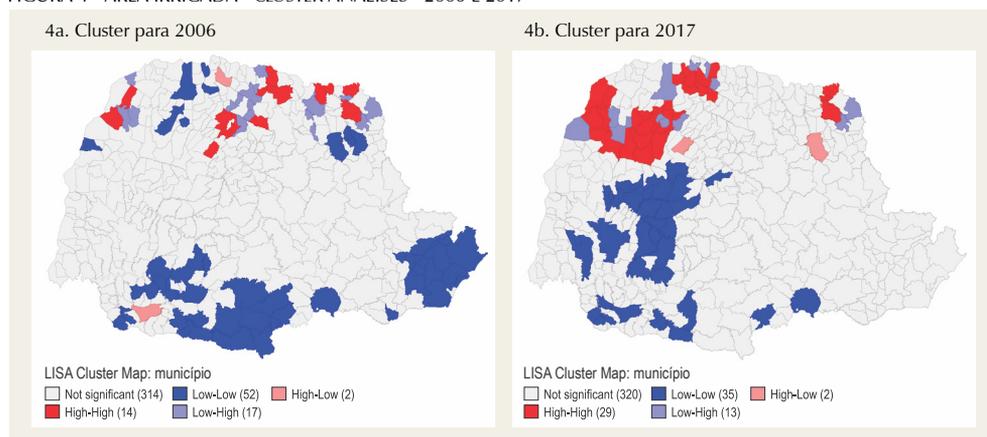


FONTES: PAM (IBGE, 2021), MMA (2011), ANA (2021a)

NOTA: Elaborado pela autora.

A fertirrigação, segundo os dados da ANA (2021a), representou 74% (189.067 de 255.485 hectares) das áreas irrigadas no Estado, predominantemente localizadas na região Norte. Para entender melhor a dinâmica da irrigação observe-se a figura 4, que mostra se municípios de elevada área irrigada podem apresentar proximidade com outros municípios de também elevada área irrigada (*clusters* do tipo alto-alto). Sendo assim, a análise realizada identificou que o I-Moran foi baixo no valor de 0.063 para o ano de 2006, com poucos municípios (14) que se enquadravam como *clusters* do tipo alto-alto localizados na região norte do Estado.

FIGURA 4 - ÁREA IRRIGADA - CLUSTER ANÁLISES - 2006 E 2017



FONTES: MMA (2011), ANA (2021a)

NOTA: Elaborado pela autora.

No entanto, para o segundo período de análise notam-se incrementos na identificação de *clusters* do tipo alto-alto na região Norte do Paraná e no avanço do I-Moran para 0,309, indicando a ampliação da existência de autocorrelação espacial

positiva, muito provavelmente devido à expansão da atividade de açúcar e álcool (usinas) nessa região, com destaque para a Usina Santa Terezinha, que avançou de três plantas produtivas no início dos anos 2000 para 10 plantas produtivas em 2016.

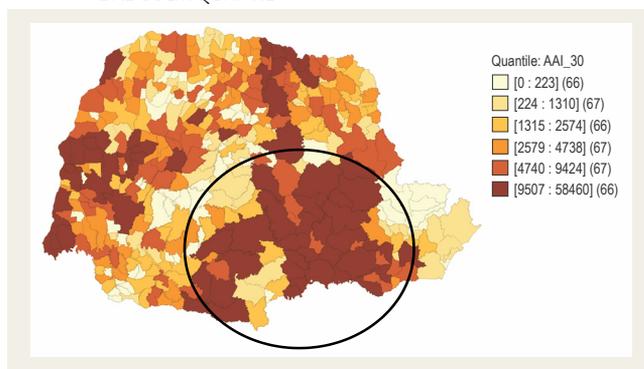
As figuras 4a e 4b evidenciam o avanço dos padrões de dependência espacial na irrigação. Verifica-se que boa parte dessa expansão se deu sobre a bacia hidrográfica do Paraná, com uma correlação espacial positiva (alto-alto) que avançou de 14 municípios, em 2006, para 29 em 2017.

Estímulos governamentais de desenvolvimento regional, como a série de ações executadas dentro do PNRH – cuja estrutura de programas e ações (PROGESTÃO) envolvia ações que vão desde a gestão integrada dos recursos hídricos, a articulação intersetorial, interinstitucional e intrainstitucional, programas regionais de recursos hídricos associadas ao avanço das políticas de crédito à atividade agrícola e de implementos –, podem ter contribuído para a expansão das atividades nessas regiões.

As figuras 2, 3 e 4 retratam momentos específicos do tempo passado, situações de agricultura em termos de área plantada, de áreas irrigadas e fertirrigadas e potenciais situações de autocorrelação espacial positiva, indicando que algumas regiões estão cercadas por outras de potencial avanço na irrigação e que merecem atenção. No entanto, segundo dados da ANA (2021a) há um potencial, ainda não explorado, para o avanço dessas áreas irrigadas nos municípios brasileiros, não sendo diferente o Paraná. A figura 5 mostra o incremento de áreas potencialmente irrigadas no Estado.

A figura 5 ilustra que os municípios de maior potencial de expansão da irrigação seriam aqueles de coloração mais escura, concentrados, em especial, na região do Centro para o Leste do Estado (círculo azul), alguns municípios na região Norte e outros na região Oeste do Estado, grande parte dessa expansão sobre a bacia hidrográfica do Paraná (Alto Tibaji, afluentes do Médio Iguçu).

FIGURA 5 - INCREMENTO DE ÁREA POTENCIALMENTE IRRIGÁVEL NO ESTADO - DADOS EM QUANTIL



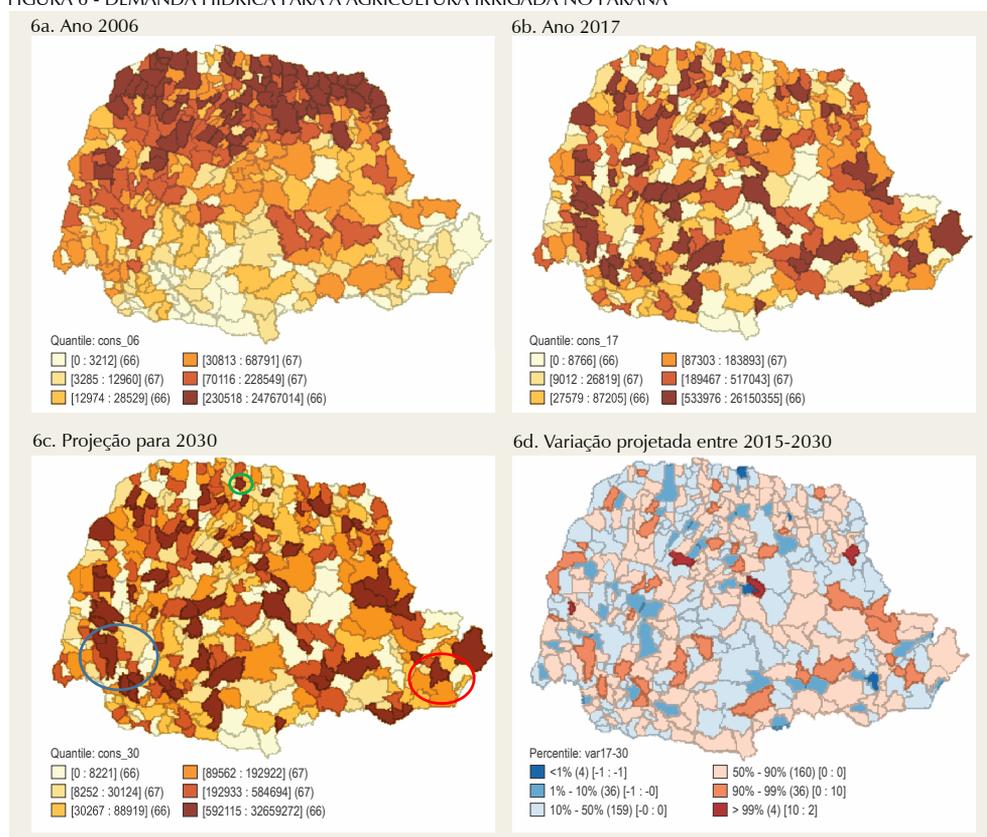
FONTE: ANA (2021a)

NOTA: Elaborado pela autora.

Cabe salientar que o estudo de áreas potencialmente irrigáveis compreende áreas equipadas para irrigação. No entanto, há carências de estudos quando aos impactos ambientais nos lençóis freáticos e demais fauna e flora desse avanço, além da necessidade de avaliação de impacto sobre a disponibilidade hídrica via balanço climatológico e as alterações climáticas futuras, variáveis condicionantes desse avanço.

Ainda em relação ao potencial de áreas para irrigação, notadamente, o impacto sobre o uso dos recursos hídricos será acompanhado de uma expansão na retirada e consumo de água. A figura 6 mostra o uso de água na agricultura irrigada, por município, no Paraná, nos períodos de análise com projeção para 2030. Os dados são apresentados em quantil, m³/ano, para melhor visualização das informações.

FIGURA 6 - DEMANDA HÍDRICA PARA A AGRICULTURA IRRIGADA NO PARANÁ



FONTE: ANA (2021a)

NOTA: Elaborado pela autora.

É importante destacar que os resultados estão diretamente relacionados ao tipo de cultura, clima, necessidade hídrica da planta, condição de manejo do solo e técnicas de irrigação, e que em regiões afetadas por escassez e períodos específicos a irrigação é suplementar. Embora o crescimento da atividade resulte na elevação

do uso de água, são observados benefícios, como ganhos de produtividade, redução de custos e mitigação de riscos climáticos, além da contribuição para a segurança alimentar da sociedade.

A figura 6a indica que o maior volume de demanda hídrica esteve concentrado na região Norte do Paraná, reflexo do uso da irrigação e da fertirrigação (cana-de-açúcar) naquele momento. Contudo, as figuras 6b e 6c evidenciam um movimento mais heterogêneo no uso da água para o período de 2017 e projeção para 2030.

Relativamente ao período de 2017, é possível observar que o uso da água se dispersou em relação à concentração anterior da região Norte no ano de 2006, o que não parece ser diferente para as projeções de 2030, com algumas ressalvas.

A primeira consideração a ser feita diz respeito ao volume de água, que será intensificado ao longo dos anos, passando de pouco mais de 190 milhões de m³/ano em 2017 para mais de 226 milhões de m³/ano em 2030. Ao analisar os municípios de maior volume em 2030 (figura 6c), observa-se que a expansão da irrigação seria intensificada nos municípios de Nossa Senhora das Graças, de 26 milhões de m³/ano para 31 milhões de m³/ano (círculo verde); município de Céu Azul, de 17 milhões de m³/ano para 21 milhões de m³/ano (círculo azul); e município de Morretes, passando de 14 milhões de m³/ano para 18 milhões de m³/ano (círculo vermelho).

Outros municípios apresentariam reduções no uso de água, como é o caso do município de Rebouças (-1,7 milhão de m³/ano), e de Campina da Lagoa (-725 mil m³/ano). Entretanto, apesar da redução do volume de água em algumas regiões, o avanço da irrigação projetada elevaria o uso de água no Estado em 18,9% entre os anos de 2017 e 2030, não se podendo afirmar o mesmo em relação à disponibilidade hídrica do Estado.

A segunda consideração está ligada à variação no uso de água entre 2017 e 2030, ilustrada na figura 6d. Os dados em percentil mostram que as faixas municipais que vão do azul escuro ao azul claro (percentil <1% até percentil 50%) representam municípios de redução no uso de água para a irrigação e/ou manutenção dos valores de 2017.

No entanto, as demais faixas mostram os municípios de maior expansão percentual do uso de água,¹² como é o caso dos quatro municípios de maior variação percentual (>99%), a saber: Rosário do Ivaí (1.2 milhão m³/ano para 3.1 milhões m³/ano) avançaria em 153% o volume consumido; Wenceslau Braz (273 mil m³/ano para 656 mil m³/ano) teria expansão prevista de 140%; Peabiru (875 mil m³/ano para 1,6 milhão m³/ano) teria expansão de 86%; e Quatro Pontes (454 mil m³/ano para 945 mil m³/ano) teria avanço de 108%.

Em relação às principais culturas produzidas nesses municípios têm-se a soja, milho, trigo, cana-de-açúcar, uva e feijão. No entanto, a cana-de-açúcar é pouco plantada em Quatro Pontes; as culturas da uva e feijão são cultivadas em Rosário do

¹² Um elevado percentual na mudança no uso de água não reflete, necessariamente, um maior volume.

Sul; e as culturas da aveia e tomate são amplamente plantadas em Wenceslau Braz, sendo este último município o de maior diversidade na produção agrícola entre os quatro listados.

A terceira consideração é a de que as expansões das áreas irrigadas no País promovem o aumento da produção de alimentos, uma vez que o aumento de produtividade da área irrigada é maior que o do sequeiro, gerando impactos positivos na renda do agricultor e movimentando a cadeia produtiva agrícola, de máquinas e equipamentos, bem como fazendo surgir a necessidade de mão de obra técnica, conforme destacado em Cristofidis (2013). No entanto, o uso dos recursos hídricos se eleva à medida que mais áreas passam a ser irrigadas, o que pode comprometer o abastecimento de outras regiões, e não necessariamente o da região de retirada de água. Trata-se de um problema de difícil mensuração, o qual pode ser visualizado nas figuras 1a e 1b, em que o limite geográfico do município não é o mesmo da bacia hidrográfica.

Esse problema ocorre ao se estabelecer uma unidade que fosse uma mescla entre os limites das bacias e dos estados (o mesmo vale para municípios), o que torna impossível precisar o volume de água gerado nas regiões. Assim, conhecer o fluxo fluvial das bacias hidrográficas que abastecem os municípios torna-se imprescindível para o avanço das discussões de expansão de área irrigada bem como para a gestão da qualidade¹³ e quantidade da água. Este fluxo é essencial para estimar o abastecimento municipal/regional e comparar com as projeções de demanda.

Algumas bacias hidrográficas recebem água de outras bacias hidrográficas que são áreas de captação em outras regiões (municípios/estados), o que eleva o volume de água na região seguinte via excedente hídrico¹⁴ da bacia anterior. Em outros casos, a bacia hidrográfica pode apresentar rios pequenos e a área de captação de água pode ser a mesma do fornecimento (capta e fornece no mesmo curso d'água regional), o que reduz a disponibilidade hídrica na bacia. A variabilidade climática de um município (microrregião ou mesorregião) exerce importante influência nas atividades/culturas agrícolas desenvolvidas, o que vai ao encontro das mudanças, expansão e redução de áreas irrigadas nos municípios paranaenses, tendo a precipitação um papel essencial nessas mudanças. Vale ressaltar que o clima de qualquer região não apresenta as mesmas características a cada ano, o que reforça a necessidade do acompanhamento das mudanças climáticas nas atividades agrícolas, bem como dos impactos dessas em cada região.

¹³ Em relação à qualidade das águas, a literatura aponta controvérsia no uso da irrigação devido à possibilidade de contaminação dos lençóis freáticos via o uso descontrolado de agrotóxicos, fertilizantes e outros.

¹⁴ Disponibilidade hídrica da bacia menos o consumo de água (usos consultivos) na mesma bacia.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Paraná é um estado que apresenta condições adequadas de solo e clima para o desenvolvimento da agricultura (sequeiro e irrigada) em praticamente toda a sua extensão territorial, destacando-se como um importante produtor e exportador de diversos produtos agrícolas. Em face disso, o presente estudo procurou identificar quais municípios paranaenses têm avançado na implementação de áreas irrigadas e quais culturas têm sido beneficiadas por essa expansão. Buscou-se, aqui, apresentar a evolução das áreas irrigadas e do consumo de água da agricultura como o resultado do avanço da irrigação, bem como o potencial previsto para a região paranaense.

Para possibilitar essa discussão, foram utilizados dados de evolução das áreas irrigadas e coeficiente técnico do uso de água, por cultura e município, bem como as projeções quanto às áreas potencialmente irrigadas. Os resultados ilustrados por meio da espacialização das informações mostraram que os municípios de Nossa Senhora das Graças e Morretes são destaques no quantitativo de áreas irrigadas em relação aos demais municípios e merecem atenção quanto às possibilidades de expansão e à dinâmica do balanço hídrico regional. Os municípios de Rebouças e Campina da Lagoa destacaram-se em termos de redução das áreas irrigadas, o que pode implicar alterações importantes na dinâmica desses municípios em relação à possibilidade de perdas de rentabilidade nas atividades agrícolas. Os municípios de Quatro Pontes, Rosário do Sul, Wenceslau Braz e Peabiru foram destaque na variação elevada de áreas irrigadas ao longo dos períodos analisados, sendo que o município de Wenceslau Braz também apresentou maior diversidade da agricultura no comparativo.

Entretanto, apesar da redução do volume de água em alguns municípios, o avanço da irrigação projetada elevaria o uso de água no Estado em 18% no período de 2017 a 2030, não se podendo afirmar o mesmo em relação à disponibilidade hídrica do Estado. O avanço da irrigação no Paraná ocorre mediante mudanças nas áreas cultivadas e nos tipos de cultura produzidos, com destaque para a soja, milho, trigo, aveia, cana-de-açúcar, uva e tomate. Contudo, o Estado apresenta diversidade de culturas agrícolas e, apesar do elevado quantitativo de áreas plantadas na soja, milho, trigo e cana-de-açúcar, as áreas irrigadas nessas culturas representam um percentual reduzido no comparativo com as áreas plantadas, inferior a 15%, sendo a irrigação realizada em grande parte de forma suplementar.

É importante ressaltar que a apresentação e discussão das informações ao longo do texto baseiam-se em diferentes bancos de dados e metodologias. Assim, não traduzem um resultado preciso, mas representam um diagnóstico viável da situação da agricultura irrigada no Paraná. Ressalte-se, também, que outros problemas, que vão além da expansão da irrigação e seu impacto na demanda hídrica, não foram discutidos neste trabalho, podendo ser amplamente abordados em estudos futuros a partir dos dados aqui apresentados. A título de exemplo para futura abordagem têm-se os possíveis impactos ambientais diante das mudanças climáticas. Sugere-se, também, a ampliação da discussão via impactos econômicos nos investimentos e na geração de renda com o avanço da irrigação.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, Eduardo. **Econometria espacial**. Campinas: Alínea, 2012.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas da irrigação**. 2.ed. Brasília: ANA, 2021a [recurso eletrônico]. Disponível em: ATLAS IRRIGAÇÃO (snirh.gov.br). Acesso em: 10 maio 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Coefficientes técnicos de uso da água para a agricultura irrigada**. Brasília: ANA, 2019. Disponível em: Catálogo de Metadados da ANA (snirh.gov.br). Acesso em: 10 maio de 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2020**: informe anual. Brasília ANA, 2020. 119 p. Disponível em: conjuntura-completo.23309814.pdf (ana.gov.br). Acesso em: 29 out. 2021.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **O comitê de bacia hidrográfica: o que é e o que faz?** Volume 1. Brasília: SAG, 2011. V.1. Disponível em: CadernosDeCapacitacao1.pdf (ana.gov.br). Acesso em: 12 nov. 2020.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas (PROGESTÃO)**. 2021b. Portal inicial. Disponível em: Progestão 2017 - Programa de Consolidação do Pacto Nacional pela Gestão das Águas PROGESTÃO (ana.gov.br). Acesso em: 10 ago. 2021.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA). **Desenvolvimento de matriz de coeficientes técnicos para recursos hídricos no Brasil**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2011.
- CAMPANHOLA, C.; GRAZIANO DA SILVA, J. (ed.). **O novo rural brasileiro**: políticas públicas. Jaguariúna: EMBRAPA, 2000.
- CAMPOS, M. C. Modernização da agricultura, expansão da soja no Brasil e as transformações socioespaciais no Paraná. **Revista Geografar**, v.6, n.1, 2011.
- FAO. Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura. **Information system onwaterandagriculture** - AQUASTAT. Disponível em: AQUASTAT - FAO's Global Information System onWaterandAgriculture. Acesso em: 10 dez. 2020.
- FELEMA, J. et al. Um estudo da produtividade do feijão, do milho e da soja na agricultura paranaense, nos anos de 2000 e 2010: uma análise espacial. **Ensaios Fee**, v.36, n.4, p.817-842, 2016.
- FREITAS, M. A cultura da soja no Brasil: o crescimento da produção brasileira e o surgimento de uma nova fronteira agrícola. **Enciclopédia Biosfera**, v.7, n.12, 2011.
- GODOY, A. M. G. Aprendizagem coletiva e avanços tecnológicos e ambientais na agricultura paranaense. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba: IPARDESD, n.110, p.69-90, 2006.
- IAT. Instituto Água e Terra. **Mapas e dados espaciais**. Portal 2021c. Disponível em: Mapas e Dados Espaciais | Instituto Água e Terra (iat.pr.gov.br). Acesso em: 06 nov. 2021.

IAT. Instituto Água e Terra. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná**. Portal 2021b. Disponível em: Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná - PLERH/PR | Instituto Água e Terra (iat.pr.gov.br). Acesso em: 20 nov. 2021.

IAT. Instituto Água e Terra. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná**: resumo executivo. 2010. Disponível em: resumo_executivo_plerh.pdf (iat.pr.gov.br). Acesso em: 13 ago. 2021.

IAT. Instituto Água e Terra. **Política estadual de recursos hídricos**. Portal 2021a. Disponível em: Política Estadual de Recursos Hídricos | Instituto Água e Terra (iat.pr.gov.br). Acesso em: 17 nov. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo agropecuário 2006**. Rio de Janeiro, 2009. 777p. Disponível em: sidra.ibge.gov.br. Acesso em: 15 set. 2021.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/ppm/quadros/brasil/2015>. Acesso em: 10 ago. 2021.

IPARDES. Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. PIB do agronegócio no Paraná. **Nota Técnica**, Curitiba: IPARDES, n.25, 2020. Disponível em: Microsoft Word - Nota_Tecnica_25 (ipardes.pr.gov.br). Acesso em: 10 set. 2021.

IPCC. Climate Change 2021: the physical science basis, the working group I contribution to the sixth assessment report. Disponível em: Climate Change 2021: the Physical Science Basis, the Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report | UNEP - UN Environment Programme. Acesso em: 21 nov. 2021.

MELO, C. O. de; PARRÉ, J. L. Índice de desenvolvimento rural dos municípios paranaenses: determinantes e hierarquização. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.45, n.2, p.329-365, 2007.

PARANÁ. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento (SEAB). **Valor bruto da produção rural paranaense em 2017**. Documento online 2018. Disponível em: vbp2017analisecompletavd.pdf (agricultura.pr.gov.br). Acesso em: 20 jul. 2020.

PARANÁ. Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (SEDEST-PR). **Comitês de bacias hidrográficas**. Portal 2021. Disponível em: Comitês de Bacias Hidrográficas | Secretaria do Desenvolvimento Sustentável e do Turismo (sedest.pr.gov.br). Acesso em: 12 nov. 2021.

SILVA, D. J.; SOARES, J. M. **Fertirrigação**. Embrapa Semiárido-Capítulo em livro técnico (INFOTECA-E), 2009.

TEIXEIRA, J. C. Modernização da agricultura no Brasil: impactos econômicos, sociais e ambientais. **Revista Eletrônica da Associação dos Geógrafos Brasileiros, Seção Três Lagoas**, v.1, n.2, p.21-42, set. 2005