

A agricultura irrigada no Rio São Francisco: Autocorrelação espacial e o gerenciamento de recursos hídricos

Irrigated agriculture on the São Francisco River: Spatial autocorrelation and the water resource management

Alice Spielmann

Universidade Federal de Rondonópolis

alice.spielmann@aluno.ufr.edu.br

Angel dos Santos Fachinelli Ferrarini

Universidade Federal de Rondonópolis

angel.ferrarini@ufr.edu.br / angel.fachinelli@gmail.com

GT07. Desenvolvimento rural, territorial e regional

Resumo

A agricultura irrigada vem crescendo constantemente no Brasil, sendo uma das atividades econômicas cuja demanda hídrica é intensa e carece de atenção no gerenciamento de recursos hídricos. Na Bacia hidrográfica do São Francisco, 90% do uso de água é referente a irrigação, atividade que vem se tornando uma eficiente alternativa para regiões áridas e semiáridas e pode contribuir para o desenvolvimento regional e territorial. Assim, o objetivo principal deste estudo é identificar possíveis padrões de autocorrelação espacial na agricultura irrigadas nos municípios abastecidos pelo Rio São Francisco. A Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE) é utilizada para visualizar dados estatísticos para o ano de 2019, referente ao último relatório da Agência Nacional de Águas e Saneamento sobre as áreas irrigadas. Além deste, dados de valor adicionado bruto da atividade agropecuária municipal é utilizado em conjunto com os dados de área irrigada para identificar padrões de autocorrelação espacial. Entre os resultados principais, identificou-se 21 municípios com autocorrelação espacial positiva localizados no Norte de Minas Gerais e Bahia, nas regiões fisiográficas do Alto São Francisco e Médio São Francisco, além de municípios do Submédio São Francisco, como é o caso de Casa Nova (BA), Juazeiro (BA) e Lagoa Grande (BA) e que apresentam potencial para avançar na irrigação.

Palavras-chave: Plano Nacional de irrigação, coeficientes técnicos, seca, localização regional.

Abstract

Irrigated agriculture has been constantly growing in Brazil, being one of the economic activities whose water demand is intense and needs attention in the management of water resources. In the São Francisco watershed, 90% of water use is related to irrigation, an activity that has become an efficient alternative for arid and semi-arid regions and can contribute to regional and territorial development. Thus, the main objective of this study is to identify possible patterns of spatial autocorrelation in irrigated agriculture in municipalities supplied by the São Francisco River. The Exploratory Analysis of Spatial Data (AEDE) is used to visualize statistical data for the year 2019, referring to the last report of the National Water and Sanitation Agency on irrigated areas. In addition, raw value-added data from municipal agricultural activity is used together with irrigated area data to identify spatial autocorrelation patterns. Among the main results, we identified 21 municipalities with positive spatial autocorrelation located in the north of Minas Gerais and Bahia, in the physiographic regions of the Upper São Francisco and Middle São Francisco, in addition to municipalities in the Lower Middle São Francisco, as is the case of Casa Nova (BA), Juazeiro (BA) and Lagoa Grande (BA) and that have the potential to advance in irrigation.

Key words: National Irrigation Plan, technical coefficients, drought, regional location.



1. Introdução

Discussões sobre a eficiência no gerenciamento de recursos hídricos tem suscitado uma revisão das políticas públicas nacionais e regionais para a avaliação dos gerenciamentos do uso de recursos hídricos (oferta e demanda hídrica). Em adição, segundo a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA, 2019a) há, na última década, uma elevação no quantitativo das outorgas de uso da água na agricultura, o que inclui regiões com problemas de déficit hídrico e longos períodos de secas, como é o caso da região do semiárido nordestino, que é predominantemente abastecido pela bacia do Rio São Francisco.

No Brasil, a agricultura irrigada vem crescendo constantemente nos últimos 35 anos. De acordo com o Censo Agropecuário Brasileiro, em 1985, o país registrou um total de 1,9 hectares irrigados e segundo estimativas mais recentes, as áreas irrigadas são de aproximadamente 8,2 milhões de hectares, expansão média de 9% ao ano (ANA, 2021). Entre os usos consultivos (agricultura, dessedentação animal, indústria, comércio e consumo das famílias), a agricultura irrigada é a atividade mais intensiva no uso da água, sendo um setor importante para a economia brasileira na geração de empregos diretos e indiretos, e que enfrenta desafios para o aumento da produtividade e da manutenção da segurança alimentar futura.

Em uma tentativa de melhorar a gestão da água, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco teve início em novembro de 2014 como parte da Política Nacional Brasileira e prevê objetivos, metas, atividades, ações, orçamentos e fontes de financiamento para orientar a gestão de recursos hídricos de 2016 até 2025 (CBHSF, 2016b). A bacia do Rio São Francisco é a principal bacia hidrográfica de abastecimento da região Nordeste do Brasil, o rio se inicia no Estado de Minas Gerais e segue um fluxo de desagua no oceano Atlântico ao longo da fronteira entre os Estados de Alagoas e Sergipe. Além dos aspectos de curso d'água, os dados da ANA (2016) evidenciam que a bacia do Rio São Francisco apresenta uma disponibilidade hídrica de 8% do total de abastecimento hídrico no Brasil, sendo que essa disponibilidade hídrica é de uso nos Estados de Minas Gerais, Bahia, Goiás, Pernambuco, Sergipe e Alagoas, cada qual com uma determinada parcela de utilização do recurso hídrico.

Dos 505 municípios abastecidos na bacia hidrográfica do São Francisco, 254 deles estão localizados no semiárido brasileiro, logo cerca de 54% da bacia está localizada no semiárido, ou seja, em municípios que apresentam graus de intensidade de irrigação diferentes entre si, bem como de precipitação reduzida e evaporação intensa (CBHSF, 2016a). Grande parte do semiárido nordestino convive com agricultura familiar e, devido às baixas taxas de chuva, muitas vezes não produzem alimentos suficientes para garantir segurança alimentar (CASTRO, 2011). Apesar de a literatura enfatizar que essa hidrografia é intermitente e irregular; em que muitos rios nesta região estão sujeitos a mudanças no clima semiárido e, em alguns casos o rio é sazonal (CAMPOS, 2014; BARBOSA; KUMAR, 2016), as áreas irrigadas ao longo da bacia de São Francisco aumentaram 559.249 hectares entre 2006 e 2017, uma quantidade média de 50.840 ha por ano (FERRARINI et al. 2020).

Diante do exposto, um dos instrumentos da Política Nacional de Recursos Hídricos, instituída Lei nº9.433/97, é a Cobrança pelo Uso dos Recursos Hídricos, que visa conscientizar o uso racional de água e usar a remuneração em projetos de revitalização, recuperação e preservação das bacias e mananciais. A cobrança acontece com base nos mecanismos e valores propostos pelos Comitês de Bacias Hidrográficas (os CBHs) que são aprovados pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), e cabe a Agência Nacional de Águas e Saneamento (ANA) implementar sua cobrança e distribuir seus recursos (CBHSF, 2016a).

Posto isso, este trabalho tem por problema de pesquisa a inquietação em saber quais os principais municípios com irrigação na bacia do São Francisco e se estes também apresentam



Valor Adicionado Bruto da Agricultura elevado podendo ser objeto de melhoria na gestão dos recursos hídricos? Assim, o objetivo do estudo é identificar possíveis padrões de autocorrelação espacial na agricultura irrigadas nos municípios abastecidos pelo Rio São Francisco. A identificação de um padrão de irrigação fornece indicações de influência de um determinado município sobre outro (os) município (s), estes padrões são frequentemente associados com a capacidade tecnológica, habilidades técnicas (mercado de trabalho favorável), disponibilidade hídrica e outros aspectos inerentes a atividade agrícola, e que podem contribuir para ampliar as discussões sobre políticas regionais de incentivo a irrigação e melhoria na qualidade das águas.

O artigo está estruturado em cinco seções, sendo esta a primeira seção. A segunda apresenta, brevemente, características regionais como: a distribuição populacional, economia e regiões fisiográficas da bacia hidrográfica do São Francisco. A terceira seção apresenta a metodologia e a base de dados utilizada. A quarta seção mostra os resultados da Análise Exploratória de Dados Espaciais. A quinta seção tem-se as considerações finais e gerais do estudo.

2. A Bacia Hidrográfica do São Francisco

Segundo relatório do Comitê de Bacia Hidrográfica do São Francisco (CBHSF, 2016a), a bacia do Rio São Francisco corresponde a 8% do território nacional, abrigando 505 municípios, se iniciando no estado de Minas Gerais, na região sudeste brasileira, e se estendendo até os estados de Goiás, Bahia, Pernambuco, nas divisas entre Alagoas e Sergipe e desagua no Oceano Atlântico. O Nordeste brasileiro é característico por suas adversidades climáticas e fisiográficas, tendo longos períodos de seca e índices pluviométricos muito baixos, irregularidade na distribuição de chuvas bem como temperaturas muito elevadas e alta taxa de evapotranspiração, conta com o abastecimento de seis regiões hidrográficas, sendo a Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco a principal delas, detendo cerca de 70% da disponibilidade hídrica da região.

A Bacia do Rio São Francisco insere-se na porção meridional e central do semiárido, sendo dividida em outras quatro divisões fisiográficas conhecidas como Alto São Francisco que representa 39% da bacia, Médio São Francisco que representa 39% da bacia, Submédio São Francisco que representa 17% da bacia e Baixo São Francisco que representa 5%, sendo 54% da bacia localizada no semiárido (ANA, 2016). A distribuição locacional das quatro divisões fisiográficas é ilustrada no Mapa 1.

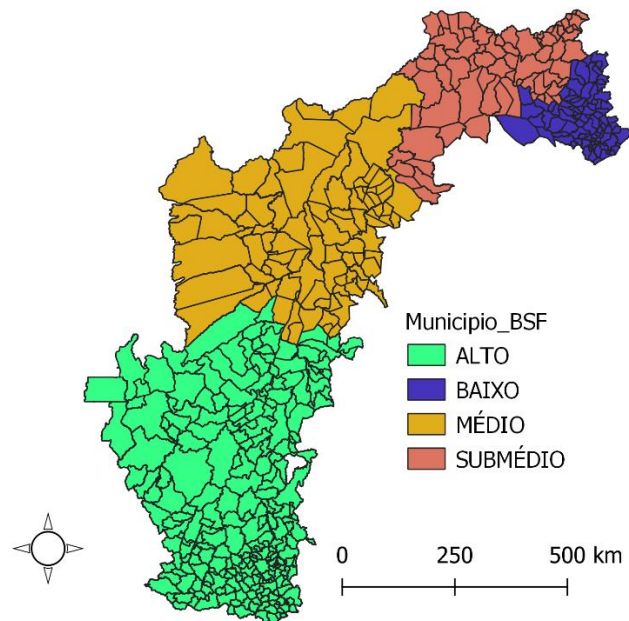
No ano de 2010, cerca de 94,8% da população do Alto São Francisco vivia em regiões mais urbanizadas, onde se localiza a área metropolitana de Belo Horizonte, a única capital estadual desse território, e somente 5,2% vivia em regiões rurais. Já a área menos populosa da bacia se encontra no Baixo São Francisco, esta comporta cerca de 5% da bacia hidrográfica e integra 90 municípios, 53,3% da sua população reside em áreas urbanas e 46,7% em regiões rurais CBHSF (2016a).

Diante da extensão territorial que a bacia do São Francisco percorre, a bacia contempla os biomas da Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, sendo que o Cerrado cobre os Estados de Minas Gerais ao oeste e sul da Bahia e a Caatinga é predominante no Nordeste da Bahia, o bioma da Mata Atlântica inserido no Alto São Francisco, região em que a agricultura é predominante e, no Alto, no Médio e no Baixo São Francisco há predominância de solos com aptidão para a agricultura irrigada (latossolos e podzólicos) (CASTRO; PEREIRA, 2017).

No entanto, com a seca no período de 2012 a 2016 impactos ambientais e econômicos foram observados no semiárido do Nordeste, com a redução da produção da atividade da agricultura e do nível dos reservatórios (DE NYS; ENGLE, 2014). Segundo informações do Ministério do Meio Ambiente (ANA, 2015) a região do Submédio São Francisco é uma região

de forte impacto das mudanças climáticas e está diretamente relacionada com a transposição do São Francisco, sendo uma região marcada pelo descaso em relação a regularização das propriedades rurais, região de alagamento oriundos de barragens irregulares, implantação de programas público-privado para a irrigação que passou a conviver com a agricultura tradicional de sequeiro, região em que se pode observar o contraste entre o mecanizado e o rudimentar, ilustrando o desafio para o desenvolvimento regional dos municípios ao longo da bacia.

Mapa 1. Distribuição das regiões fisiográficas da Bacia do São Francisco



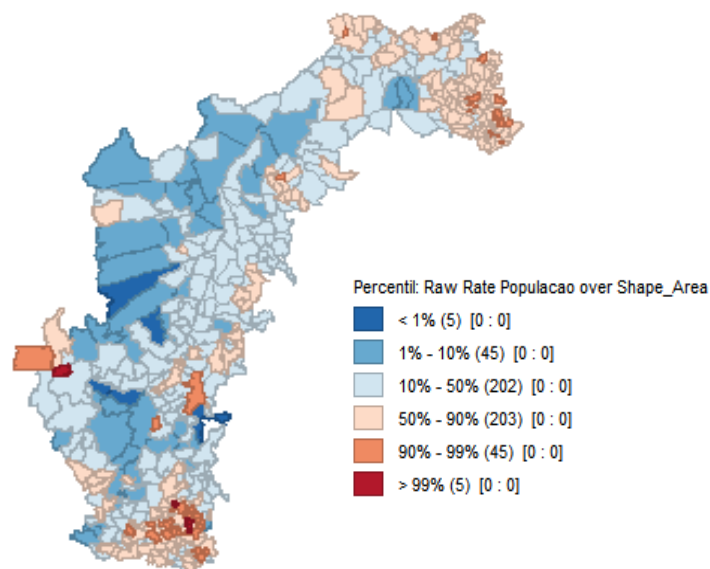
Fonte: Elaboração própria com base nos dados do CBHSF, 2022.

Tendo como partida a questão do uso e gerenciamento dos recursos hídricos, a bacia do São Francisco enfrenta desafios para a garantia de quantidade e qualidade aos múltiplos usuários. Assim, vale ressaltar que o fenômeno da seca no semiárido e as dificuldades enfrentadas na bacia orientou políticas intervencionistas sob a competência do Departamento Nacional de obras Contra Secas (DNOCS), instituído no início do século XX, para a construção de reservatórios de água e demais obras para melhorar a infraestrutura da região (GUIMARÃES, 2010). Segundo Castro (2018) intervenções e grandes projetos implementados pela Companhia do Desenvolvimento do Vale do São Francisco (Codevasf) contribuíram para o incentivo do aumento da área irrigada por meio da iniciativa privada e a redução gradativa da participação do Estado. Ainda segundo o autor, no entanto, apesar do avanço da irrigação e de infraestrutura, as ações, até então implementadas, não tem sido suficiente para a mudança no desenvolvimento regional e a sustentabilidade nos vales férteis.

Mesmo ocupando um território expressivo, a bacia do Rio São Francisco ainda é um território com baixa densidade demográfica, com cerca de 22,5 pessoas por km² (quilômetros quadrados) no total. Mesmo no Alto São Francisco, que se caracteriza pela região fisiográfica de maior densidade populacional conta com penas 71,7 pessoa por km² e a região fisiográfica do Baixo São Francisco é a menos povoada com 8,6 pessoas por km² (CBHSF, 2016a).

A Figura 1 ilustra essa informação (população estimada em relação ao tamanho da área em km²), através dos dados em percentil¹ calculados para o ano de 2019, demonstrando os municípios da bacia do Rio São Francisco distribuídos pela sua densidade demográfica, onde destacam-se os municípios de Cabeceira Grande (MG), Caetanópolis (MG), Contagem (MG), Ibitité (MG) e Ribeirão das Neves (MG) como sendo cinco dos municípios com maior densidade demográfica (>99%) da região.

Figura 1. Mapa percentil da densidade populacional municipal ao longo da Bacia do São Francisco em 2019.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE (2022).

Os resultados da Figura 1 mostram que o maior quantitativo populacional se enquadra nos percentis entre 10-50% da amostra e no percentil de 50-90%, com destaque para a região norte de Minas Gerais e região litorânea. As diferenças socioeconômicas das regiões fisiográficas do São Francisco são complexas, por um lado, apresenta-se o Alto São Francisco, que abriga a região metropolitana de Belo Horizonte e Distrito Federal com índices de desenvolvimento maiores do que as demais regiões fisiográficas, e por outro, o Baixo São Francisco que apresenta índices de desenvolvimento mais baixos (CASTRO; PEREIRA, 2018).

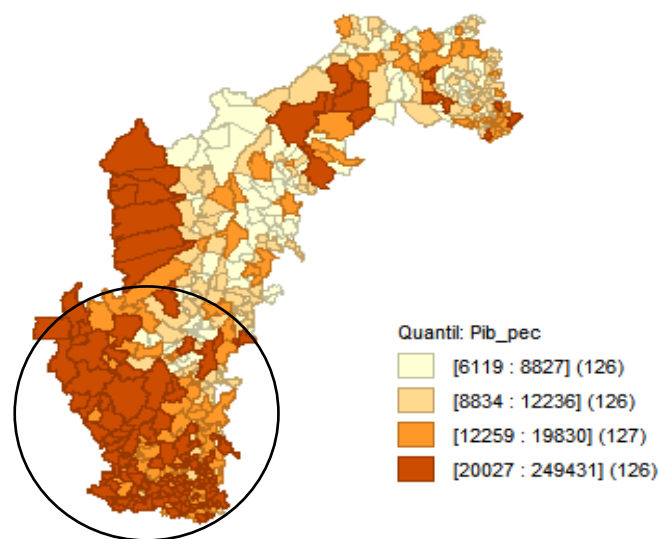
Os municípios do Alto São Francisco apresentaram índices Firjan² de Desenvolvimento Municipal moderado (0,6 a 0,8), enquanto municípios do Baixo São Francisco apresentam IFDM regular (FIRJAN, 2015). Segunda Musakwa e Niekerk (2015) os municípios são locais de crescimento econômico, com ênfase nas regiões urbanas, mas também são locais de pobreza, desigualdade social e degradação ambiental, que são desafios que a sociedade tem enfrentado cada vez mais e buscado soluções nas mudanças de paradigmas.

¹ Para dados categorizados como menor que 1 (<1%) municípios menores densidade populacional ao longo da bacia do São Francisco, e para dados acima de 99 (>99%) municípios de maior densidade populacional ao longo da bacia do São Francisco. Os demais intervalos representam densidades populacionais que estão entre os extremos.

² O índice FIRJAM é um estudo do Sistema FIRJAN que acompanha anualmente o desenvolvimento socioeconômico de todos os mais de 5 mil municípios brasileiros em três áreas de atuação: Emprego & renda, Educação e Saúde (FIRJAM, 2023).

Assim, apesar do Produto Interno Bruto (PIB) não ser um indicador de desenvolvimento econômico, mas de crescimento econômico, fornece informação sobre as economias regionais e contribui para a identificação de municípios de reduzido PIB e auxilia na identificação de demais características econômicas regionais, como os setores que mais contribuem para o crescimento do município. Assim, a Figura 2 apresenta os municípios da bacia do São Francisco distribuídos pelo PIB *per capita* municipal, divididos em quatro quantis (intervalos regulares de dimensão igual), sendo possível observar pelo círculo preto que nos municípios da região do Alto São Francisco há uma maior concentração da renda *per capita*, municípios localizados a norte de Minas Gerais e a Oeste da Bahia, parte de Pernambuco.

Figura 2. Mapa em quantil para o PIB *per capita* municipal para o ano de 2019.



Fonte: Elaboração própria com base nos dados do IBGE (2022).

Em 2010, cerca de um quinto da população da Bacia estava ocupada na agricultura, pecuária, produção florestal e na aquicultura, esta última é caracterizada pelo cultivo de organismos que tem seu ciclo de vida inteiro ou parcialmente em meio aquático, além disso, essa atividade vem sendo uma alternativa econômica para essas comunidades citadas acima, por meio de obtenção de crédito para o desenvolvimento dessa atividade. Dadas as caracterizações das atividades desenvolvidas na bacia o principal conflito registrado por elas, é a distribuição e uso divergente das águas da bacia (CBHSF, 2016a).

Com o aumento do número de conflitos causados pela problemática da escassez e distribuição dos recursos hídricos, foram colocadas em prática políticas públicas com o objetivo de minimizar os impactos causados pela limitação da disponibilidade dos recursos hídricos, bem como a preocupação com a crescente degradação ambiental e com a escassez dos recursos naturais. Instrumentos como o Plano Nacional de Recursos Hídricos e a Cobrança pelo uso de Recursos Hídricos foram utilizados como uma tentativa de minimizar conflitos e impactos, além de melhorar a gestão dos recursos na bacia do São Francisco (FERRARINI, et al. 2020).

A melhoria no gerenciamento dos recursos hídricos é importante, especialmente, na bacia do Rio São Francisco, que abrange muitos rios e afluentes perenes e intermitentes. Com



isso, no Plano de Recursos foi estimado uma vazão³ média de 2769 m³/s uma vazão de permanência de 800 m³/s e uma vazão Q_{7,10} de 670 m³/s (CBHSF, 2016a). Dentro das atividades de uso dos recursos hídricos do São Francisco, é possível destacar o uso industrial, irrigação, geração de energia, atividade minerária, pesca, entre outros, onde se destaca aqui cerca de 5100 outorgas distribuídas de origem superficial, dentre as quais, 3765 foram para o uso principal de irrigação, totalizando 424,1 m³/s de vazão outorgada, sendo que a cultura da soja, que representa cerca de 46,7% de toda a área colhida de lavoura temporária (ANA, 2015). A demanda total de recursos hídricos na Bacia do Rio São aumenta com a expansão de atividades pecuárias (dessedentação animal) aumento populacional, e facilmente explicado pela expansão das atividades da agricultura irrigadas nas regiões da bacia, com destaque para as culturas que usam o sistema de Pivô Central.

O debate sobre a resolução do déficit hídrico nas regiões nordestinas assoladas por períodos de seca severos, levantaram a questão sobre o Projeto de Integração da Bacia do Rio São Francisco (PISF) com as bacias hidrográficas do Nordeste Setentrional, conhecido como PISF e conta com a maior obra de infraestrutura hídrica do Brasil. As discussões para a transposição das águas do rio São Francisco são antigas, porém foram nos governos de Itamar Franco e posteriormente no governo de Fernando Henrique Cardoso que começaram a surgir projetos que debatiam a execução dessa ideia, projetos estes que sofreram com rejeições e arquivamentos (PIRES, 2019).

A sinalização de Luiz Inácio Lula da Silva, que assumiu o Poder Executivo em 2003, de que havia uma preocupação com a seca na região nordeste do Brasil e no abastecimento hídrico da mesma pôs em discussão um novo projeto, que se propôs a analisar a viabilidade da transposição das águas do rio São Francisco e sua integração a bacias hidrográficas do nordeste setentrional. Suas obras tiveram início oficialmente no ano de 2007, sofrendo com paradas e retornando com folego renovado em 2011, sendo dividido em dois eixos, o Eixo Norte e o Eixo Leste, o projeto teria o objetivo de garantir a segurança hídrica a 390 municípios (MI, 2015).

O Eixo Norte contém três metas que projetam abastecer os municípios de Cabrobó (PE), Jati (CE), Brejo Santo (CE), Cajazeira (PB) entre outros municípios nordestinos, este eixo corresponde a 500 km de extensão territorial e operará com vazão contínua de 16,4 m³/s, que serão destinadas ao consumo humano (CASTRO, 2011; MI, 2015). Ainda segundo os autores, a Eixo Leste, que compreende cerca de 225 km de extensão territorial, projeta aumentar a disponibilidade hídrica de municípios pernambucanos como Floresta, Custódia e outros, até Monteiro no estado da Paraíba (MI, 2015), além disso, o Eixo Leste funcionará com uma vazão contínua de 10 m³/s destinados para consumo humano (CASTRO, 2011; MI, 2015).

A revisão das outorgas previsto pelo Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica é importante para que se possa gerenciar os recursos hídricos da bacia do rio São Francisco, para que a vazão retirada desta seja satisfatória para as bacias receptoras, porém que não causem impactos nas atividades econômicas que são desenvolvidas na região, como por exemplo a prática da agricultura irrigada. Neste sentido, Martins e Magalhães (2015) destacam que com o aumento da agricultura irrigada e a redução da disponibilidade hídrica o aumento nos conflitos pelo uso de água poderá aumentar, com possíveis desvios de recursos hídricos para a irrigação, não regularização dos direitos de outorgas e outras razões, o que exigirá maior esforço no gerenciamento dos recursos hídricos. Posto isso, a seção seguinte apresenta a metodologia de análise proposta e a principal base de informações.

³ A vazão de referência é o estabelecimento de um valor de vazão que passa a representar o limite superior de utilização da água em um curso d'água e é, também, um dos entraves à implementação de um sistema de outorga (SILVA ET AL. 2006).



3. Metodologia

O presente estudo se caracteriza como pesquisa de natureza básica, exploratória de dados e de análises bibliográficas que se utiliza dos dados de áreas irrigadas reportados no Atlas da Irrigação da Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico (ANA, 2021). Os dados de Valor Adicionado Bruto (VAB) da produção agropecuária municipal foram extraídos do Sistema de Contas Regionais do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) para o ano de 2019. Os dados de área plantada são fornecidos na Produção Agrícola Municipal (IBGE, 2022) para verificar a relação entre áreas irrigadas e plantadas nas quatro regiões hidrográficas dentro do São Francisco. Uma elevada relação de área irrigada/plantada no município não implica, necessariamente, um elevado uso de água e que o uso seja intenso na região, pois um elevado percentual pode estar associado a uma reduzida área em hectares e ou diferenças metodológicas de levantamento de informação e/ou periodicidade. A relação entre áreas irrigadas e plantadas deve estar entre 0 e 1, sendo que zero implica que não há área irrigada no município e 1 que toda a área plantada é irrigada.

O presente estudo se utiliza do ferramental abordado em Almeida (2012) de Análise Exploratória de Dados Espaciais (AEDE), análise estatística, para, primeiramente, explorar os dados de área irrigada e plantada por meio de figuras ilustradas na estatística descritiva em Percentil e Quantil. Com base na espacialização dos dados (percentil e quantil) se pretende descobrir se estes são distribuídos aleatoriamente (se os valores de um atributo numa região não dependem dos valores desse atributo nas regiões vizinhas) ou seguem algum padrão sistemático que possa ser explorado por meio da análise de *cluster*.

Para que a análise seja possível, a estatística I de Moran bivariada local é utilizada. A ideia intuitiva é descobrir se os valores de uma variável observada numa dada região (Exemplo: área irrigada) guarda uma relação sistemática com os valores de uma outra variável observada em regiões vizinhas (Exemplo: valor adicionado bruto da agricultura). Portanto, a fórmula do I de Moran utilizado é:

$$I_k^i = Z_k^i w_{ij} Z_l^i$$

Sendo que w_{ij} é o peso espacial para o par de unidades espaciais i e j , medindo o grau de interação entre elas. A interpretação intuitiva para o I de Moran multivariado positivo (bivariado no estudo) é a seguinte: as cidades que apresentam grandes áreas irrigadas tendem a estar cercadas por municípios com elevado valor adicionado bruto da agricultura. A escolha de área irrigada como variável de interesse, em detrimento da área plantada, implica que, os municípios que apresentam maior área irrigada são municípios em que há um maior produtividade da agricultura em detrimento as plantações de sequeiro, o que pode contribuir para a dinâmica regional (renda e emprego) no município de origem e nos municípios vizinhos.

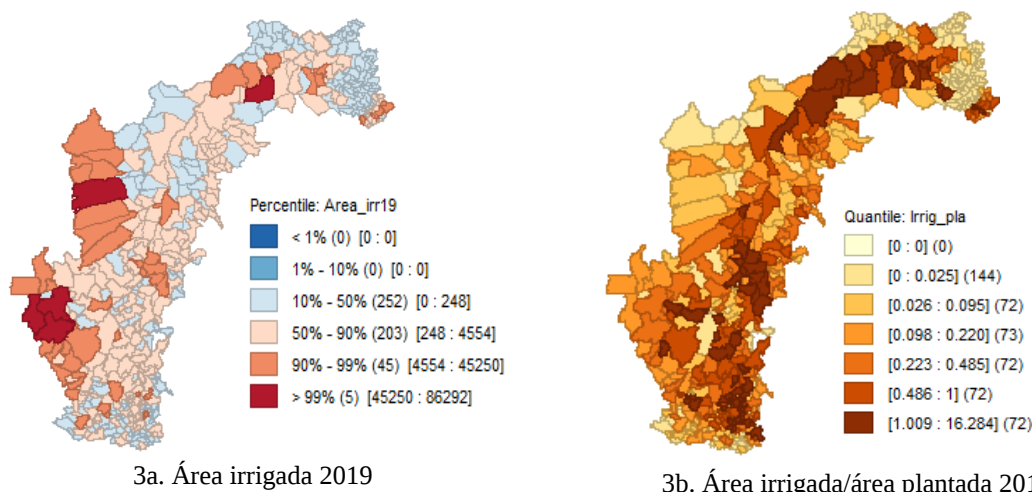
Uma abordagem alternativa para visualizar é a associação espacial é baseada no diagrama de dispersão de Moran (ALMEIDA, 2012). O diagrama de dispersão de Moran é dividido em quatro quadrantes que correspondem aos padrões de associação espacial entre os municípios e os vizinhos. Para o presente estudo, o quadrante de interesse é o primeiro quadrante localizado na parte superior direita do gráfico de dispersão de Moran e que mostra as regiões (municípios) de altos valores para a variável de análise (irrigação acima da média) cercado por municípios que apresentam também valores acima da média (VBA da atividade agrícola), este quadrante é denominado de alto-alto. Todos os dados foram coletados e trabalhados no software estatístico livre Geoda.

4. Resultados e discussões

Os resultados apresentados nesta seção visam explorar a mais atual (2019) informação sobre as áreas irrigadas nos municípios do São Francisco e a relação destas áreas com o faturamento bruto dos estabelecimentos rurais representado pela variável do VBA. Segundo o CBHSF (2016), a irrigação é uma das principais atividades que apresentam uma alta demanda hídrica na região da bacia, bem como as atividades industriais e a geração de energia. A Figura 3a, apresenta os municípios que compõem a bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, distribuídos por área irrigada para o ano de 2019 e a Figura 3b, mostra a relação entre áreas irrigadas e plantadas. Os resultados da Figura 3a destacam cinco municípios que apresentam área irrigada com percentuais mais elevados (percentil >99%) que são: Juazeiro (BA), São Desidério (BA), Paracatu (MG), Unaí (MG) e Cristalina (GO) e os resultados da Figura 3b mostram, em quantil, as regiões de menor relação de área irrigada e plantada até as regiões de maior relação contabilizada.

Segundo o ANA (2021), o município de Juazeiro, na Bahia, tem uma área irrigada de cana-de-açúcar de cerca de 20.213 hectares, além de outras culturas e sistemas, sendo o sistema de irrigação localizada o predominante no município. Ainda em relação a Juazeiro (BA) é classificado como polo de irrigação⁴. Já os municípios de São Desidério, Paracatu, Unaí e Cristalina, há predominância do sistema de pivô central na irrigação por aspersão (ANA, 2021).

Figura 3. Mapa de percentil para a área irrigada de 2019



3a. Área irrigada 2019

3b. Área irrigada/área plantada 2019

Fonte: Elaboração própria com base nos dados de ANA (2021).

A Figura 3b mostra que 72 municípios apresentaram relação área irrigada/plantada superior a 1, indicado no último quantil. Esta situação ocorre por divergências de bases de dados, uma vez que a área irrigada de 2019 é uma estimativa⁵ da Agência Nacional de Águas e Saneamento e os dados de área plantada para 2019 são coletados com base na Produção Agrícola Municipal⁶, que investiga um conjunto de lavouras temporárias e permanentes por

⁴ A definição de polos de irrigação, implementada pela portaria MDR nº 1.082, de 25 de abril de 2019 (BRASIL, 2019).

⁵ Realizada com base em uma série de levantamentos sistemáticos sobre sistemas de irrigação, geoprocessamento e outros que podem ser consultados em ANA (2021).

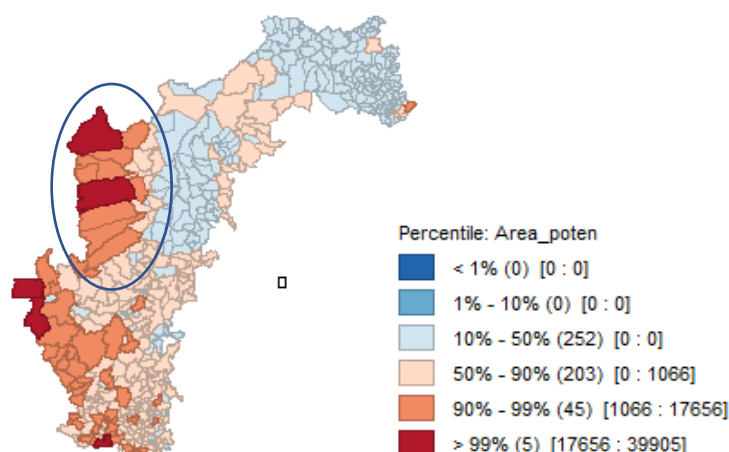
⁶ Teve início no Ministério da Agricultura em 1938 e tem periodicidade anual.

meio da aplicação de questionários, o que pode gerar viés nas respostas, além do período de substituição de culturas (temporárias como soja, milho, trigo, por exemplo). A problemática da divergência informacional fornece um diagnóstico da importância da padronização e sistematização das metodologias aplicadas para o levantamento dos dados, uma vez que a relação apresentada (irrigada/plantada) é somente um indicador de evolução das áreas e das principais culturas produzidas no país. Para além disso, pode-se citar o caso do município de Embu-Guaçu que apresentou área plantada de somente 9 hectares e área irrigada de 702 hectares, o que gerou uma relação de área irrigada/plantada de 78.

Além disso, ao tratar a natureza diversificada das problemáticas relacionadas aos recursos hídricos se faz necessário a criação de projetos e leis regionais para a melhor gestão e análise de cada caso, além da separação em nível geográfico que cada lei abrange, como os direitos de outorga, cobrança pelos usos de água, reforçando a atual legislação. Com isso, cabe destacar que a Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei Federal nº 12.787/2013) se fundamenta que a água é um recurso natural limitado, sendo um bem de domínio público e que sua gestão deve ser descentralizada. No entanto, os dados apresentados, até então, reforçam a necessidade de se ampliar o acompanhamento da evolução das áreas irrigadas.

Diante das atuais características de áreas irrigadas, a Figura 4 apresenta os municípios que constituem a bacia do São Francisco distribuídos por área potencial efetiva (área adicional para a irrigação). A área definida como potencial efetivo de irrigação, segundo a ANA (2021), considera o potencial físico hídrico total e o potencial em termos área agricultável⁷, demanda hídrica e disponibilidade hídrica. Assim, pela Figura 4 é possível observar que municípios com elevado percentual de áreas potencialmente aptas para a expansão da irrigação como Cristalina (GO) e São Desidério (BA), apresentam-se entre os cinco municípios com a maior quantidade de áreas potencialmente irrigáveis, além destes, destacam-se Formosa do Rio Preto (BA), Formiga (MG), e Brasília (DF), este último tendo uma área irrigada total de cerca de 33.358 hectares (ANA, 2021).

Figura 4. Mapa dos municípios da Bacia do São Francisco distribuídos por área potencial



Fonte: Elaboração própria com base nos dados de ANA (2021).

⁷ Área Agricultável: áreas com agricultura e pastagem consolidadas, removidos os locais com restrições do meio físico (áreas de muito baixa aptidão do meio físico) e ambientais (Áreas de Preservação Permanente - APP com ou sem vegetação nativa, áreas acima de 25º de declividade, Unidades de Conservação de Proteção Integral, Terras Indígenas e Quilombolas).



A região da Bacia do São Francisco abriga municípios considerados polos municipais de irrigação, como por exemplo Paracatu (MG), Unaí (MG), Cristalina (GO), São Desidério (BA) e Barreiras (BA), que detém uma área irrigada por pivôs centrais considerável. O município de Paracatu (MG), possui áreas expressivas em mais de um polo nacional de irrigação (Alto Paracatu/ entre Ribeiros e São Marcos), por exemplo (ANA, 2021).

As discussões pautadas em relação a expansão da irrigação demonstram como a agricultura irrigada, em termos de atividade econômica, pode ter importante influência também nos indicadores macroeconômicos, como no PIB *per capita* ilustrado na Figura 2 e os que estão localizados no Médio São Francisco (Figura 1) e que compreende parte do Oeste da Bahia, onde atualmente tem soja como a principal cultura irrigada na região, são os de maior PIB per capita.

Assim, a expansão da atividade agrícola pode possibilitar estabilidade na produção de alimentos e consequentemente na segurança alimentar de regiões de climas tão adversos como a região da bacia do Rio São Francisco, bem como a possibilidade da expansão do cultivo de culturas de milho, soja, arroz, cana-de-açúcar e café, dentre outros, até mesmo a possibilidade da expansão de novas culturas, que anteriormente não tinham seu cultivo como sendo possível dadas as características fisiográficas e climáticas singulares da bacia. Além disso, a geração de empregos, tanto diretos como indiretos advindos da expansão da agricultura irrigada pode contribuir para o crescimento econômico do valor adicionado bruto da agropecuária de regiões irrigadas propícias para plantio. No entanto, a expansão da irrigação ocorre pelo meio da expansão do uso de recursos hídricos e em uma região de condição climática adversa exigirá ampliação das políticas públicas regionais.

A Figura 5 apresenta os resultados para a análise de cluster bivariada para a área irrigada (ha) e valor bruto adicionado (VBA) da agricultura para o ano de 2019, onde a matriz de peso foi criada para o tipo rainha⁸ com ordem de contiguidade 1 e apresenta o *I* de Moran elevado (0,359). Os dados do cluster bivariado local, demonstram uma autocorrelação espacial positiva para municípios do Norte de Minas Gerais e Bahia, no Alto São Francisco e Médio São Francisco, respectivamente, além de municípios do Submédio São Francisco, como é o caso de Casa Nova (BA), Juazeiro (BA) e Lagoa Grande (BA).

Os agrupamentos alto-alto que abrigam 21 municípios, indicam que municípios com área irrigada elevada são circundados por municípios com um valor adicionado bruto para a agricultura elevado e nesse sentido sofrem influência e influenciam municípios, ou seja, a localização importa.

Segundo o CBHSF (2016a), o Médio São Francisco concentrava 55% da produção da bacia, e a distribuição do valor adicionado bruto da agropecuária evidenciava sua importância nesse quesito, seguido pelo Alto São Francisco que detinha cerca de 29% da produção agropecuária da bacia. Além disso, são as regiões fisiográficas que apresentam as maiores áreas irrigadas e municípios com maiores áreas potenciais irrigáveis. Os municípios de Luís Eduardo Magalhães (BA), Barreiras (BA) e Riachão das Neves (BA), que possuem significância estatística elevada, são exemplos de municípios que estão circundados por municípios com áreas irrigadas superiores a 99%, e estão circundados por municípios com valor adicionado bruto da agropecuária elevado.

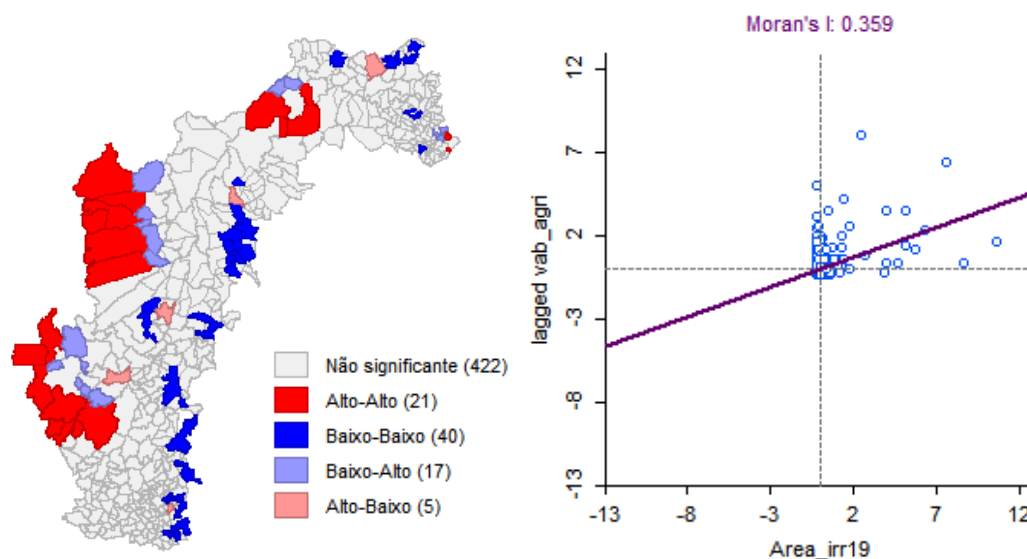
Há de se constatar que os municípios de Barreiras (BA) e Juazeiro (BA) fazem parte de polos de irrigação, sendo que Barreiras tem produção concentrada em soja (70%) seguida pela produção de algodão (12%); o município de Juazeiro apresenta produção da fruticultura como produção irrigada predominante como a manga, mamão, uva, laranja. O potencial para avançar

⁸ O resultado da matriz de peso foi confrontado com o tipo Torre e 2 vizinhos, sendo que o tipo rainha apresentou maior *I* de Moran.

na irrigação nestes municípios segundo a ANA (2021) é de 32.383 hectares em Barreiras e 61.988 em Correntina.

Segundo a Portaria do Ministério do Desenvolvimento Regional (MDR nº 2.154), é considerado polo de agricultura irrigada aglomerados agrícolas irrigados onde a agricultura irrigada está presente e que tenha potencial de expansão, e, especialmente, disponibilidade de água e de solo, sendo que o MDR visa adicionar nas ações a dimensão da irrigação como visão de desenvolvimento regional, uma vez que, a agricultura irrigada demanda agentes econômicos de diversos outros setores e mobiliza uma mão-de-obra de melhor capacitação técnica, sendo portanto, parte integrante da Política Nacional de Irrigação.

Figura 5. I de Moran bivariado para a área irrigada e o VBA da agricultura.



Fonte: Resultados da pesquisa.

Dos 21 municípios do agrupamento alto-alto, em 12 deles há predominância de sistema de pivôs centrais na irrigação por aspersão (ANA, 2021). Dentre todos os municípios do agrupamento, Paracatu (MG) destaca-se com a maior área irrigada total, com cerca de 86.291 hectares, onde há prevalência da cultura de cana-de-açúcar irrigada, além de outras culturas predominantes em pivôs centrais (ANA, 2021). Segundo os dados do IBGE (2019), São Desidério (BA), Formosa do Rio Preto (BA), Brasília (DF), Cristalina (GO) e Barreiras (BA), são as 5 cidades com os maiores valores adicionados brutos dentre os 21 municípios do agrupamento. O sistema de pivôs centrais na irrigação por aspersão é identificado como predominante dentre esses 5 municípios, com exceção de Brasília, que apresenta predominância de outros sistemas de irrigação e outras culturas (ANA, 2021).

O Brasil apresenta potencial para avançar na agricultura irrigada. Os critérios para melhor definição, adequação e uso dos métodos e equipamentos de irrigação devem ser aprimorados para minimizar as perdas e otimizar o manejo da água considerando o ambiente de produção, como o solo, a cultura e clima, com o intuito de maximizar a eficiência do uso de água e, por conseguinte, o meio ambiente como um todo. No entanto, a sustentabilidade é relacionada tanto aos aspectos ambientais quanto econômicos sobre o desenvolvimento sustentável de uma região.

A agricultura possui expressiva representatividade na economia brasileira com a geração de emprego e renda, não é diferente na agricultura irrigada em que, segundo a ANA

(2019) a irrigação pode ampliar a produtividade em duas a três vezes mais no comparativo a atividade de sequeiro e isso resulta em elevação da renda ao agricultor e mudanças na economia regional (comércio, mão-de-obra, indústria, logística, etc.) e pode ser visto na autocorrelação com o VBA da Figura 5. Entretanto, e ao mesmo tempo, é o setor que mais demanda uso de água, exigindo efetividade no gerenciamento dos recursos públicos por parte dos órgãos competentes. Os resultados quanto ao uso efetivo de água na agricultura irrigada ainda são estimados em termos de vazão de demanda regional, o que dificulta a previsibilidade quanto a sustentabilidade da expansão da agricultura irrigada concomitantemente ao avanço dos demais usuários.

Segundo Enríquez (2003) a gestão sustentável da água, mesmo sendo renovável, até certo ponto, deve buscar o equilíbrio entre sua taxa de recomposição e a de exploração para atender aos diversos usos, o que vai ao encontro da necessidade de cobrança pelo uso da água (sustentabilidade ambiental), mas que, ao mesmo tempo, possa ser capaz de não onerar o agricultor na tomada de decisão de irrigar e não irrigar (sustentabilidade econômica).

Notadamente, a expansão da irrigação no Brasil é associada a um conjunto de políticas de incentivo ao setor e nem sempre, as políticas de incentivos estavam associadas aos possíveis impactos ambientais. Neste sentido, Schmidt (2007) ressalta que a irrigação pode impactar à montante como sistema de barramento, canais de derivação e outros e, no perímetro irrigado, os efeitos associados ao escoamento superficial, degradação do solo e outros em função do material geológico do solo, acúmulo de resíduos que podem impactar à jusante.

Em relação ao principal sistema de irrigação utilizado nos municípios ao longo da bacia do São Francisco, Testezlaf (2017) destaca que no sistema por pivô central há desvantagens em relação as perdas do sistema, água e econômicas, condições ambientais quanto ao vento, seleção de tipo de culturas a serem irrigadas e a seleção realizada de forma inadequada, problemas com orientação técnica e manutenção dos equipamentos, tempo de uso, o que pode tornar mais dispendioso ao agricultor e ao meio ambiente.

Assim, os resultados indicam pontos positivos em relação a agricultura irrigada e ao potencial existente para avançar ao longo da bacia do São Francisco, os dados fornecidos pela no Atlas da Irrigação da Agência Nacional de Águas e Saneamento mostram características quanto ao sistema de irrigação utilizado, principais culturas irrigadas, bem como a possibilidade de verificar que a irrigação pode impactar positivamente para ampliar o valor da produção na região e em consequência, se espera, a melhoria na renda e no desenvolvimento da cadeia produtiva regional. No entanto, ainda há carência de estudos para avaliar os potenciais impactos no avanço da irrigação sobre o volume de água e mais, na qualidade das águas, visto que o gerenciamento de recursos hídricos é essencial para garantir a sustentabilidade para a geração atual e futura, bem como a avaliação efetiva das políticas de gerenciamento de recursos hídricos, uma vez que a irrigação continua a avançar ao longo da bacia, direitos de outorgas são emitidos e há potencial para avançar.

5. Conclusão

A agricultura irrigada é uma das atividades econômicas cuja demanda hídrica é intensa, e apresenta-se como uma alternativa eficiente para a estabilização e aumento na produção de alimentos e expansão de novas culturas que beneficiem o mercado interno. Nas regiões semiáridas, caracterizadas por serem uma regiões pobres em escoamento de águas superficiais, devido a sua estrutura geológica onde se encontram solos mais rochosos, e suas situações climáticas como é o caso de determinadas áreas da bacia hidrográfica do São Francisco, a

irrigação é uma alternativa capaz de minimizar os efeitos adversos que o clima seco e a distribuição irregular de chuvas têm sobre a agricultura.

Esta prática permite reduzir o impacto climático das regiões mais áridas sobre a produção, além de viabilizar a diversidade na cultura como por exemplo, a fruticultura que se tornou viável na bacia, visto seu potencial hídrico favorável para a irrigação dessas culturas, culturas de cana-de-açúcar irrigada, café, arroz, dentre outros, além de garantir a sustentabilidade da produção agrícola da bacia. Assim como as demais atividades econômicas, a irrigação também gera externalidades negativas para os agentes econômicos. Por se tratar de uma atividade que demanda um grande volume de águas, o manejo inadequado da irrigação pode resultar em um desperdício de água significativo, além disso, os produtores necessitam de conhecimento sobre esse manejo, para que não haja comprometimento dos recursos atuais e para as demais gerações futuras.

Ademais, outras preocupações com impactos ambientais consequentes da irrigação, como a salinização dos solos e da água, a degradação ambiental e exploração excessiva de recursos hídricos sugerem a criação de políticas para uma tentativa de melhor gerenciamento dos recursos hídricos como é o caso do Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do São Francisco que teve início em novembro de 2014 como parte da Política Nacional Brasileira.

No entanto, apesar da existência dos comitês de bacia hidrográfica que são parte integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), os resultados da pesquisa mostram ao responder a indagação sobre quais os principais municípios com irrigação na bacia do São Francisco e se estes também apresentam Valor Adicionado Bruto da Agricultura elevado podendo ser objeto de melhoria na gestão dos recursos hídricos? Que os municípios considerados como polos de irrigação como Barreiras, Correntina, Juazeiro são municípios que apresentaram área irrigada elevada e com potencial de expansão, além dos municípios localizados a Oeste da Bahia e Norte de Minas Gerais com forte correlação entre a irrigação e o Valor Adicionado Bruto da atividade agropecuária, indicando potencial de influência regional e que devem ser foco de atenção no gerenciamento dos recursos hídricos.

Nesse sentido, segundo os dados divulgados no Atlas de Irrigação, com o recorte para os municípios integrantes da bacia do São Francisco, ainda há potencial para avançar na irrigação, considerando a disponibilidade hídrica regional. No entanto, sugere-se para estudos futuros avaliar o real potencial hídrico regional e os possíveis impactos socioambientais da expansão, considerando diferentes cenários de mudanças climáticas, uma vez que, aparentemente, as atuais políticas nacionais de irrigação ainda não consideram, em sua totalidade, a força das mudanças no uso do solo e clima ao longo do tempo nos municípios ao longo da bacia.

6. Referências Bibliográficas

ALMEIDA, E. **Econometria espacial**. Campinas–SP. Alínea, 2012.

ANA. Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil: Regiões hidrográficas brasileiras: Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília-DF, 2015. Disponível em:> [CONJUNTURA EDICAO ESPECIAL.indd \(snirh.gov.br\)](#)> Acesso em 12 de fevereiro de 2023.

ANA. Plano de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco 2016–2025: Resumo executivo do plano de recursos hídricos da bacia hidrográfica do Rio São Francisco. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco, Alagoas, p. 300. 2016. Disponível em:> [6 \(cbhsaofrancisco.org.br\)](#)> Acesso em 10 de abril de 2022.

ANA. Outorgas emitidas. Brasília: ANA, 2019b. Disponível em:> [Outorgas - Conjuntos de dados - Portal Brasileiro de Dados Abertos](#) > Acesso em 10 de Abril de 2021.

ANA. Atlas da irrigação. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília-Distrito Federal, 2021. Disponível em:> [História sem título \(snirh.gov.br\)](#)> Acesso em 10 de maio de 2022.

ANA. Coeficientes Técnicos de Uso da Água para a Agricultura Irrigada. Superintendência de Planejamento de Recursos Hídricos. Brasília-Distrito Federal, 2019b. Disponível em:> [Catálogo de Metadados da ANA \(snirh.gov.br\)](#)> Acesso em 10 de maio de 2021.

ANA. Plano Nacional de Recursos Hídricos: Da conjuntura ao plano de ações. 2022. Disponível em:> [ANA \(webflow.io\)](#)> Acesso em 20 de abril de 2022.

BARBOSA, H. A.; KUMAR, T.V. L. Influence of rainfall variability on the vegetation dynamics over Northeastern Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 124, p. 377-387, 2016.

CASTRO, C. N. Transposição do Rio São Francisco: Análise de oportunidade do projeto. Texto para Discussão 1577. 2011. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em:> [Transposição do Rio São Francisco: Análise de Oportunidade do Projeto \(repec.org\)](#) > Acesso em 15 de abril de 2022.

CASTRO, C. N.; PEREIRA, C. Revitalização do Rio São Francisco. 2017. Texto para Discussão 8157. 2017. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Disponível em: [BRU_n17_Revitalização.pdf \(ipea.gov.br\)](#)> Acesso em 12 de dezembro de 2022.

CASTRO, C. N. Sobre a agricultura irrigada no semiárido: uma análise histórica e atual de diferentes opções de política. Texto para Discussão 2369, 2018. Disponível em:> [EconStor: Sobre a agricultura irrigada no semiárido: Uma análise histórica e atual de diferentes opções de política](#)> Acesso em 10 de janeiro de 2023.

CAMPOS, J. N. B. Secas e políticas públicas no semiárido: ideias, pensadores e períodos. **Estudos avançados**, v. 28, n. 82, p. 65-88, 2014.

CBHSF. Plano de Recursos Hídricos 2016/2025: Diagnósticos e cenários. 2016. Disponível em:> [Plano de Recursos Hídricos 2016/2025 - CBHSF : CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco \(cbhsaofrancisco.org.br\)](#)> Acesso em 12 de novembro de 2022.

CBHSF. Plano de Recursos Hídricos 2016/2025: Eixos de atuação, planos de metas e de ações. 2016b. Disponível em:> Disponível em:> [Plano de Recursos Hídricos 2016/2025 - CBHSF : CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco \(cbhsaofrancisco.org.br\)](#)> Acesso em 15 de dezembro de 2022.

CBHSF. Municípios da bacia do São Francisco. Dispositivo online. 2022. Disponível em:> [A Bacia - CBHSF : CBHSF – Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco \(cbhsaofrancisco.org.br\)](#)> Acesso em 20 de novembro de 2022.

DE NYS, E; ENGLE, N. L. **Convivência com o Semiárido e Gestão proativa da seca no Nordeste do Brasil: Uma nova Perspectiva**. The World Bank, 2014.

ENRÍQUEZ, M. A. R. S. Economia dos recursos naturais. In: MAY, P. H.; LUSTOSA, M. C.; VINHA, V. **Economia do meio ambiente: Teoria e Prática**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

FERRARINI, D. S. F., Ferreira Filho, J. B. D. S., Cuadra, S. V., & Victoria, D. D. C. Water demand prospects for irrigation in the São Francisco River: Brazilian public policy. **Water Policy**, v. 22, n. 3, p. 449-467, 2020.

GUIMARÃES, A. Antecedentes e evolução do planejamento territorial no Brasil. In: GUIMARÃES, L.; BACELAR, T. (Eds.). **Políticas de desenvolvimento territorial rural no Brasil: avanços e desafios. Série Desenvolvimento rural sustentável**. Brasília: Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura-IICA, Representação do IICA no Brasil, 2010. p. 46–80.

IBGE. Produção Agrícola Municipal. 2022. Disponível em:> [Culturas temporárias e permanentes | IBGE](#)> Acesso em 10 de abril de 2022.

IBGE. Contas regionais do Brasil. Disponível em:> [Contas Regionais do Brasil | IBGE](#)> Acesso em 13 de novembro de 2022.

MARTINS, E. S. P. R.; MAGALHÃES, A. R. A seca de 2012-2015 no Nordeste e seus impactos. **Parcerias Estratégicas**, v. 20, n. 41, p. 107-128, 2016.

MI. Ministério da Integração Nacional (2014b). Projeto de Integração do Rio São Francisco. **Série de Vídeos**. Disponível em:< <http://www.mi.gov.br/web/projeto-sao-francisco>> Acesso em 2016.

MUSAKWA, W.; VAN NIEKERK, A. Earth observation for sustainable urban planning in developing countries: Needs, trends, and future directions. **Journal of Planning Literature**, v. 30, n. 2, p. 149-160, 2015.

PIRES, A. P. N. Estrutura e objetivos da transposição do rio São Francisco: versões de uma mesma história. Geosp, **Espaço e Tempo (Online)**, v. 23, n. 1, p. 182-197, abr. 2019.

SCHMIDT, W. Agricultura irrigada e o licenciamento ambiental. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

SILVA, A. M.; OLIVEIRA, P. M.; MELLO, C. R.; PIERANGELI, C (2006). Vazões mínimas e de referência para outorga na região do Alto Rio Grande, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.2, p.374–380.

SILVA, V. P.; FRANÇA, G. L.S. Percepções de mudanças do clima, impactos e adaptação para sertanejos do semiárido. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 22, 2018.

TESTEZLAF, R. **Irrigação:métodos, sistemas e aplicações**. Campinas: UNICAMP, 2017.