

Irrigação pública e fruticultura no Semiárido¹

Zenaide Rodrigues Ferreira²
José Eustáquio Ribeiro Vieira Filho³

Resumo – A irrigação pública no Brasil visa promover o desenvolvimento socioeconômico em regiões de vocação agrícola mas economicamente desfavorecidas. No Nordeste, que responde por 90% dos projetos públicos de irrigação no Brasil, a fruticultura tem papel de destaque na produção desses projetos. Tal atividade representa importante parcela da produção nacional, além de objeto essencial de distribuição de renda, especialmente para pequenos e médios produtores participantes. O objetivo deste estudo é avaliar o impacto de projetos públicos de irrigação no valor da produção da fruticultura dos principais polos de irrigação da atividade frutícola no semiárido do Ceará, de Pernambuco, da Bahia e de Minas Gerais. A metodologia adotada foi a de avaliação de política pelo método de Propensity Score Matching combinado com pesos de entropia, para tornar a amostra mais homogênea. Os dados utilizados são do Censo Agropecuário de 2017 (IBGE). Os resultados mostraram efeito positivo e estatisticamente significativo da presença institucional de perímetros irrigados sobre o valor produzido da fruticultura da região. Em uma análise de custo-benefício via educated guess, foi calculado que, para cada real investido pelo governo na política pública de irrigação no Nordeste, houve retorno de R\$ 12,88, o que justifica o gasto público. O direcionamento conclusivo foi de melhorar o aproveitamento de áreas irrigáveis ociosas de modo a criar oportunidades de desenvolvimento local, notadamente numa região historicamente vulnerável, tanto em recursos naturais quanto em condições econômicas de baixo emprego e renda.

Palavras-chave: agricultura, perímetro irrigado, Propensity Score Matching.

Public irrigation and fruit exploitation in the Brazilian Semi-arid

Abstract – Public irrigation policy in Brazil aims to promote socioeconomic development focusing on economically disadvantaged regions that have agricultural potential. In the Northeast region, comprising 90% of public irrigation projects in Brazil, fruit exploitation plays an important role in the production of these projects. Such activity corresponds to an important portion of national production and is essential tool for income distribution, especially considering small and medium producers participating in these projects. In this sense, the objective of the study is evaluates the impact of the institutional presence of public irrigation projects on the value of fruit production, located

¹ Original recebido em 10/6/2020 e aprovado em 21/7/2020.

² Doutoranda em Economia, pesquisadora do Núcleo de Estudos de Economia Agrícola do Ipea. E-mail: zenaide.r.ferreira@gmail.com

³ Técnico de planejamento e pesquisa da Diretoria de Estudos e Políticas Regionais, Urbanas e Ambientais (Dirur) do Ipea, diretor de programa da Secretaria Executiva do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Mapa), professor do Programa de Pós-Graduação em Agronegócio da Universidade de Brasília (Propaga/UnB) e do Programa de Pós-Graduação de Economia Aplicada do Departamento de Economia Rural da Universidade Federal de Viçosa (Ppgea/UFV). E-mail: jose.eustaquio@agricultura.gov.br

in the semiarid region of Ceará, Pernambuco, Bahia and Minas Gerais states. The methodology used was that of policy evaluation using the Propensity Score Matching method combined with entropy weights in order to make the sample more homogeneous. The data used are from the Census Agricultural of 2017 (IBGE). The results showed a positive and statistically significant effect of the institutional presence of irrigation projects on the value of fruit production in the studied region. The cost-benefit analysis via educated guess reported that, for each unit of Real invested by the government in public irrigation policy in the Northeast, there was a return of R\$ 12,88, which justifies public spending. The conclusive direction was to improve the use of idle irrigable areas in order to create opportunities for local development, notably in a historically vulnerable region, both in natural resources and in economic conditions of low employment and income.

Keywords: agriculture, irrigation projects, Propensity Score Matching.

Introdução

O Brasil está entre os dez países de maior área irrigada no mundo. De 1980 a 2017, a área irrigada do País cresceu exponencialmente, de 1,9 milhões de hectares para aproximadamente 6,7 milhões de hectares, conforme o Censo Agropecuário de 2017 (IBGE, 2020). O Sudeste respondeu por 40% da área total irrigada, seguido do Sul e Nordeste, com 25% e 19%, respectivamente. De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), o setor privado foi responsável pela quase totalidade da área irrigada brasileira, com 97% participação.

Os projetos públicos de irrigação, como política pública, têm o objetivo de promover o desenvolvimento socioeconômico de regiões desfavorecidas e de notória vocação agrícola. No País, são 79 projetos públicos de irrigação distribuídos em 88 municípios, com a grande maioria, 90% do total, nas bacias hidrográficas do São Francisco e do Atlântico Nordeste Oriental, parte semiárida do Nordeste. Segundo ANA (2017), de 2010 a 2017, a área irrigada desses perímetros cresceu de 33 mil hectares para cerca de 219 mil hectares.

Os programas do início da década de 1980 – Programa Nacional para Aproveitamento Racional de Várzeas Irrigáveis (Provárzeas), em 1981; Programa de Financiamento de Equipamentos de Irrigação (Profir), 1982; Programa Nacional de Irrigação (Proni), 1986; Programa de Irrigação do Nordeste (Proine), 1986 – promoveram os investimentos públicos

e privados fundamentais para a concepção e consolidação dos projetos públicos de irrigação do Nordeste (ANA, 2013; TCU, 2015).

A administração desses projetos fica a cargo do Departamento Nacional de Obras Contra as Secas (Dnocs) e da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (Codevasf), responsáveis por aproximadamente 80% dos perímetros públicos irrigados no Brasil, e da administração dos estados e do Ministério da Integração.

Apesar da baixa participação em termos de área irrigada total, os perímetros públicos têm sido dinâmicos em muitos aspectos. Na geração de empregos, estima-se que cada 100 hectares irrigados gera 116 empregos diretos e 172 indiretos, totalizando 630 mil empregos nos perímetros públicos. Em termos produtivos, dos 79 projetos com produção em 2015, 34 produziram acima de mil hectares, somando 201 mil hectares de produção, cerca de 92% da área total dos perímetros públicos irrigados (ANA, 2017).

Quanto ao perfil de produção, há predominância da fruticultura e de cultivos de lavouras temporárias, como cana-de-açúcar e arroz. No Nordeste, mais especificamente no Semiárido, a fruticultura tem papel de destaque na produção dos projetos públicos de irrigação. Para Souza et al. (2018), tal atividade corresponde a importante parcela da produção nacional e consiste em ferramenta essencial de captação e distribuição de renda, especialmente considerando pequenos e médios produtores participantes.

Assim, o planejamento público com o desenvolvimento de perímetros irrigados configura-se como importante vertente de crescimento das atividades irrigadas no Brasil, especialmente em regiões de agricultores mais vulneráveis. Os estudos que avaliam as contribuições dos perímetros irrigados no desenvolvimento regional, como Valdes et al. (2004), Buainain & Garcia (2015) e Alves & Vieira Filho (2019), usaram em grande medida informações qualitativas e indicadores socioeconômicos sem, contudo, isolar o real impacto desses projetos. Esses trabalhos compreendem diferentes aspectos que envolvem a caracterização dos polos de irrigação, em especial os do Nordeste.

Este estudo procurou avaliar o impacto da presença institucional de projetos públicos de irrigação sobre o valor da produção da atividade frutícola desenvolvida no Semiárido. A metodologia de avaliação pretende isolar o efeito causal da intervenção (ou da presença institucional da política de irrigação) na produção dos municípios compreendidos. Esse tipo de avaliação tem por objetivo subsidiar a formulação de políticas públicas que maximize os resultados positivos e minimize o desperdício de recursos.

Conforme Vieira Filho et al. (2005), Vieira Filho & Silveira (2016) e Vieira Filho & Fishlow (2017), o desenvolvimento agrícola dependerá cada vez mais das mudanças tecnológicas. Mas segundo Alves & Rocha (2010), Alves & Souza (2015) e Vieira Filho & Fornazier (2016), o acesso às tecnologias está relacionado à concentração produtiva, que limita a difusão de novos conhecimentos entre os estabelecimentos produtivos de menor escala. Com políticas que diminuem as imperfeições de mercado, estimula-se a inovação e a produção e, conseqüentemente, reduz-se a vulnerabilidade da produção de pequeno porte, especialmente no Semiárido.

Polos de irrigação e fruticultura no Semiárido

De acordo com Alves et al. (2017) e ANA (2017), os principais polos públicos de irrigação

da fruticultura estão no Ceará, em Pernambuco, na Bahia e no norte de Minas Gerais, todos dentro do Semiárido. Segundo Alves & Vieira Filho (2019), nessa região há concentração de fruticultura nos polos de Juazeiro e Petrolina (Bahia e Pernambuco), de Jaguaribe (Ceará) e no Jaíba (Minas Gerais). Nessas regiões, há grande uso de insumos modernos e elevada produtividade. Nelas, o investimento em infraestrutura hídrica viabiliza a operação dos projetos públicos de irrigação e faz esses aglomerados se destacarem nos cenários nordestino e nacional na produção de frutas tropicais (Buainain & Garcia, 2015).

Nos projetos públicos de irrigação, é maior a diversificação produtiva. A fruticultura, mesmo com uma escala de porte menor do que a de outros cultivos, como cana-de-açúcar e arroz, é uma das mais importantes atividades dos polos de irrigação do Nordeste, que oferecem vantagens em relação aos fruticultores de outras áreas do País, como o uso de insumos altamente tecnológicos e o clima quente e seco que favorece a produção de ciclos sucessivos em qualquer época do ano e acima da média nacional (Correia et al., 2001).

Mesmo fora dos polos de irrigação, o Nordeste desempenha papel de destaque na produção frutícola nacional. De acordo com Gerum et al. (2019), em 2017 a região respondeu por 27% da produção de frutas do País, sobretudo frutas tropicais e, em menor volume, subtropicais.

A maior parte da produção de frutas do Nordeste é destinada ao mercado doméstico. Mas segundo Souza et al. (2018), muitas culturas, como melão, limão, manga, mamão e melancia, são voltadas à exportação. No Nordeste, as fruteiras de maior destaque são produzidas quase que totalmente no Semiárido (Figura 1).

A laranja e o limão, mesmo sem participação representativa na produção total, são importantes cultivos dentro de projetos públicos de irrigação. De acordo com a Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados – Abrafrutas (2020), tais produtos

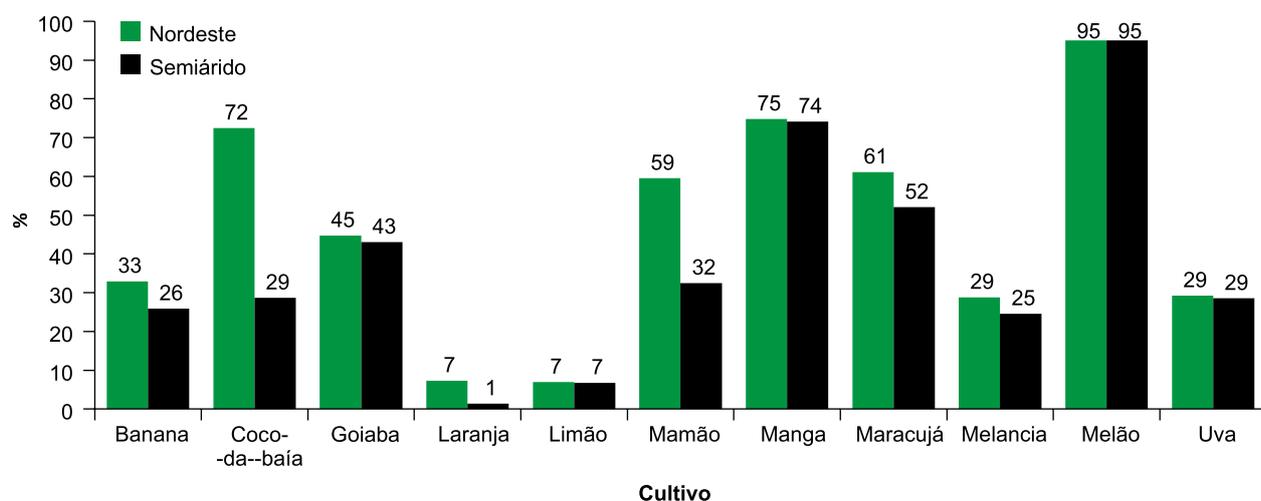


Figura 1. Participação (%) do Nordeste e do Semiárido na produção da fruticultura no Brasil.

Fonte: elaborado com base no Censo Agropecuário (IBGE, 2020).

respondem por importante parcela do volume de exportação da fruticultura brasileira. Em 2019, os volumes exportados de manga e melão cresceram 30% e 27%, respectivamente. Melancia, goiaba, banana, uva e limão também são destaques, e suas exportações exibiram crescimento considerável.

A Tabela 1 mostra um comparativo das estatísticas de área colhida, quantidade produzida e valor da produção dos principais cultivos da fruticultura da região de estudo em 1995, 2000, 2010 e 2018. São 41 projetos públicos de irrigação distribuídos em 51 municípios – 19 projetos estão sob a administração do Dnocs e 22 sob a da Codevasf.

Apesar da variação negativa de área colhida para o Brasil e o Nordeste em 1995–2018, nos municípios do Semiárido a variação foi positiva, chegando a 200% de aumento nos municípios com projeto público de irrigação (PPI). Em 2010–2018, no geral, houve queda da área colhida, sendo menos acentuada no Semiárido do que no Nordeste como um todo. Tal resultado se justifica pela variação positiva de 15,4% entre os municípios com projetos sob administração da Codevasf, especialmente os de Minas Gerais. Já para os municípios com projetos administrados

pelo Dnocs, cuja maior parte é do Semiárido do Ceará, houve queda expressiva da área colhida.

O comportamento da quantidade produzida em 1995–2018 foi semelhante ao da área colhida, mas com queda mais expressiva para o Brasil e o Nordeste. A queda na produção brasileira de alguns dos cultivos, em especial a goiaba, a laranja, o limão e a manga, foi significativa. Entretanto, destacaram-se os municípios do Semiárido, com variação positiva de aproximadamente 51% na quantidade produzida da fruticultura, resultado associado à variação excepcional nos municípios com PPI, em especial os administrados pela Codevasf, com variação positiva de mais de 400% na quantidade produzida.

Em 2010–2018, por um lado, prevaleceram-se variações negativas – a queda no Nordeste foi bem mais acentuada do que a média brasileira. Por outro, no Semiárido o resultado foi diferente, muito provavelmente em virtude dos resultados positivos dos PPI, especialmente os administrados pela Codevasf. A maior variação foi a do Semiárido de Pernambuco, com crescimento de 73%.

Destacam-se mais uma vez os resultados negativos entre os municípios com projetos

Tabela 1. Área colhida (ha), quantidade produzida (t) e valor da produção (R\$ mil de 2018) dos principais produtos da fruticultura do semiárido do Ceará, de Pernambuco, da Bahia e de Minas Gerais em 1995, 2000, 2010 e 2018.

Unidade territorial	1995	2000	2010	2018	Δ% 1995–2018	Δ% 2010–2018
Área colhida (ha)						
Brasil	1.938.668	2.002.746	1.981.204	1.646.820	-15,05	-16,88
Nordeste	633.223	646.177	748.205	618.950	-2,25	-17,28
Semiárido	269.934	275.492	384.605	348.402	29,07	-9,41
Municípios com PPI ⁽¹⁾	40.077	61.006	120.839	121.903	204,17	0,88
Municípios com PPI Denocs	9.848	13.625	37.422	25.677	160,73	-31,39
Municípios com PPI Codevasf	30.229	47.381	83.417	96.226	218,32	15,36
Semiárido do Ceará	84.586	87.525	109.456	87.213	3,11	-20,32
Semiárido de Pernambuco	30.601	29.457	51.489	50.127	63,81	-2,65
Semiárido da Bahia	68.027	76.352	134.916	114.482	68,29	-15,15
Semiárido de Minas Gerais	9.672	17.727	23.870	28.923	199,04	21,17
Quantidade produzida (t)						
Brasil	116.308.206	126.766.207	36.583.420	34.486.734	-70,35	-5,73
Nordeste	13.020.971	13.153.213	10.196.196	8.702.505	-33,17	-14,65
Semiárido	4.182.379	4.553.437	6.021.688	6.310.356	50,88	4,79
Municípios com PPI ⁽¹⁾	655.804	1.415.433	2.488.055	3.000.979	357,60	20,62
Municípios com PPI ⁽¹⁾ Denocs	158.449	273.913	558.476	382.332	141,30	-31,54
Municípios com PPI ⁽¹⁾ Codevasf	497.355	1.141.520	1.929.579	2.618.647	426,51	35,71
Semiárido do Ceará	644.842	764.298	1.215.565	1.016.518	57,64	-16,37
Semiárido de Pernambuco	702.228	762.734	907.566	1.569.582	123,51	72,94
Semiárido da Bahia	1.736.408	2.053.489	2.394.386	1.783.038	2,69	-25,53
Semiárido de Minas Gerais	196.013	265.606	502.138	597.004	204,57	18,89
Valor da produção (R\$ mil)⁽²⁾						
Brasil	21.950.269	16.398.409	27.267.313	27.538.175	25,46	0,99
Nordeste	7.393.088	5.097.854	9.091.887	8.095.769	9,50	-10,96
Semiárido	4.247.387	2.921.161	5.883.749	6.447.929	51,81	9,59
Municípios com PPI ⁽¹⁾	1.679.314	1.356.826	2.990.307	3.212.576	91,30	7,43
Municípios com PPI ⁽¹⁾ Denocs	197.657	164.602	524.177	381.174	92,85	-27,28
Municípios com PPI ⁽¹⁾ Codevasf	1.481.657	1.192.225	2.466.129	2.831.402	91,10	14,81
Semiárido do Ceará	640.404	499.692	1.011.620	1.221.353	90,72	20,73
Semiárido de Pernambuco	1.022.428	673.491	1.466.275	1.744.681	70,64	18,99
Semiárido da Bahia	1.124.569	945.875	2.176.982	1.709.845	52,04	-21,46
Semiárido de Minas Gerais	172.446	265.915	466.560	636.560	269,14	36,44

⁽¹⁾ Projeto Público de Irrigação. ⁽²⁾ Valor da produção deflacionado para valores correntes de 2018 com base do IGP-DI.

Fonte: elaborado com dados da Produção Agrícola Municipal (PAM) (IBGE, 2019).

administrados pelo Dnocs. Em termos de quantidade produzida, a queda foi de 31%, aproximadamente, em 2010–2018. As sucessivas quedas, em área colhida e em quantidade produzida, podem estar estreitamente associadas ao período de seca entre os dois últimos censos agropecuários. A seca de 2012–2015 foi considerada a mais grave nas últimas décadas, com impactos em muitos distritos das regiões semiáridas, principalmente as do Nordeste (Marengo et al., 2016; Vidal & Ximenes, 2016).

Para Vidal & Ximenes (2016), nesse período, a área com fruticultura permanente na região de atuação do Banco do Nordeste sofreu redução de quase 218 mil hectares. O período de estiagem prejudicou o cultivo de sequeiro e também o irrigado, por causa da redução dos níveis dos reservatórios. O Ceará foi um dos estados mais afetados (Vidal & Ximenes, 2016).

Em termos de valor da produção da fruticultura, a variação em 1995–2018 foi positiva em todos os estratos, com o Semiárido e regiões com desempenho acima da média nacional. O valor da produção da fruticultura nos municípios com PPI analisados cresceu 91%, com destaque para o semiárido de Minas Gerais, com cresci-

mento de 269%. Em 2010–2018, o cenário geral foi positivo, exceto para o Nordeste como um todo, os PPI sob administração do Dnocs e o Semiárido da Bahia. Tais resultados merecem ser mais bem investigados, mesmo que possam estar diretamente associados à estiagem.

O desenvolvimento de um PPI é complexo e burocrático. De acordo com Alves & Vieira Filho (2019), as etapas principais são a construção, a implantação e a emancipação dos projetos. A etapa de construção, que compreende a aquisição de terras e a instalação da infraestrutura de irrigação, é a mais dispendiosa. Embora também seja oneroso assentar e emancipar famílias nos perímetros irrigados, etapa que também envolve muitos problemas, depois de efetuada a construção do perímetro, a manutenção e expansão de áreas implantadas são processos relativamente menos dispendiosos.

A Figura 2 mostra que no Brasil o gasto público em projetos de infraestrutura hídrica de irrigação corresponde a uma pequena parcela (menos de 7%) das despesas da agricultura em geral.

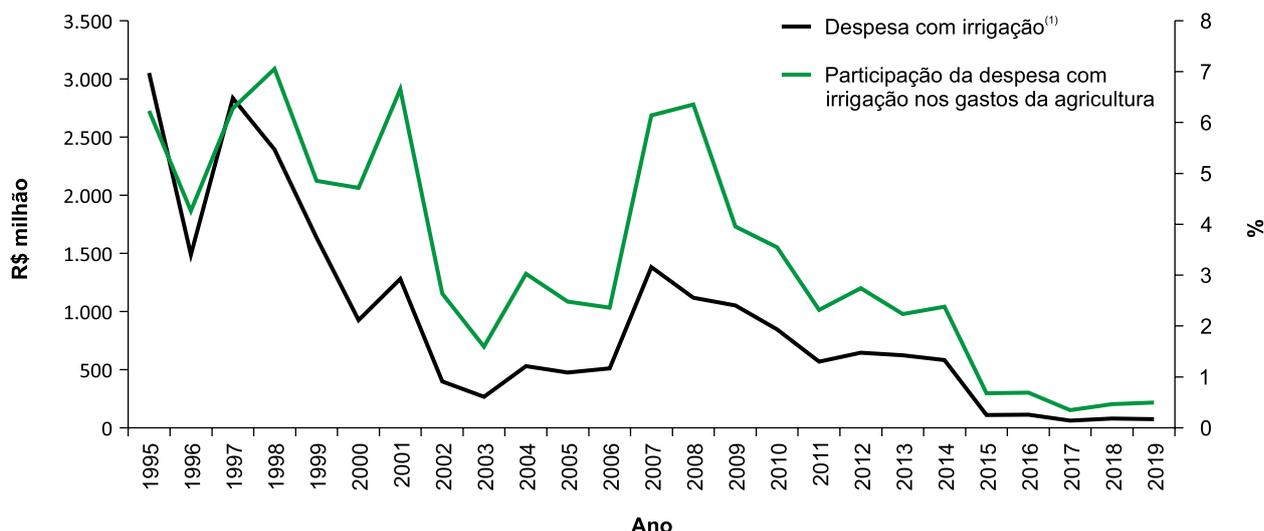


Figura 2. Participação (%) das despesas públicas com irrigação nos gastos da agricultura e valor das despesas a preços de 2019 (R\$ milhão).

⁽¹⁾ Valores deflacionados para 2019.

Fonte: elaborado com base nas informações do Tesouro Nacional (STN, 2020).

A queda expressiva da despesa pública com irrigação no País a partir da década de 1990 pode ser justificada não só pelo movimento de emancipação dos projetos públicos de irrigação sob administração da Codevasf no fim da década de 1980 e início da de 1990, mas também por ser um período que marca a conclusão de implantação de diversos PPI iniciados na década de 1980.

A partir de 2002, a despesa líquida com irrigação exibe tendência quase linear até o fim da série, com valores anuais abaixo de R\$ 2 milhões. Em 2019, tal despesa correspondeu a 0,007% do PIB do agronegócio, calculado pelo Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (Cepea, 2020). De acordo com os dados do Tesouro Nacional (STN, 2020), de 1995 a 2013, em média 79% da despesa pública com irrigação foi empenhada no Nordeste, região com maior concentração de PPI.

A despesa pública com irrigação certamente associa-se ao desempenho operacional e produtivo dos perímetros irrigados. Nesse sentido, é importante ressaltar a grande capacidade ociosa dos perímetros públicos em operação e em implantação no Brasil (Alves & Souza, 2015; Alves et al., 2017; Alves & Vieira Filho, 2019). Medida como a relação entre área em produção e área implantada, a capacidade ociosa dos PPI dos quatro estados considerados nesta análise foi de 49%, calculada com base nas informações de ANA (2017), Dnocs (2019) e Codevasf (2019). O melhor aproveitamento dessas áreas, com baixo investimento público, poderia retomar a expansão dos perímetros de irrigação.

Metodologia

Fonte e tratamento de dados

Os dados utilizados são do Censo Agropecuário de 2017, obtidos no Sistema

IBGE de Recuperação Automática – Sidra, (IBGE, 2020). A amostra, composta pelas informações dos estabelecimentos agregadas em nível municipal, possui três cortes principais. O primeiro é o recorte regional, que considera os estabelecimentos dos municípios do Semiárido nos estados onde estão os principais polos de fruticultura irrigada – Ceará, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais.

Com base nessa amostra, o segundo recorte excluiu os municípios cuja soma da área irrigada pelos métodos de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão e outros) e aspersão convencional tenha sido igual a zero. Esse recorte é importante, pois, segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), esses dois métodos de irrigação possuem maior correlação com o cultivo da fruticultura irrigada.

O terceiro recorte exclui os municípios cujo valor da produção para os 11 cultivos selecionados tenha sido igual a zero. Assim, a amostra é composta por estabelecimentos com área irrigada pelos métodos correlacionados com a atividade frutícola maior que zero e também com valor da produção maior que zero.

A amostra final é constituída de 567 observações. No grupo de tratados, estão os municípios (51) com presença de PPI, e no grupo de controle, os municípios (516) sem PPI. Os PPI que compõem este estudo somam 41, 46% sob a administração do Dnocs e 54%, da Codevasf (Figura 3).

Em todos os projetos, são produzidos pelo menos dois dos 11 principais cultivos da fruticultura irrigada do Semiárido: banana, coco-da-baía, goiaba, laranja, limão, manga, mamão, maracujá, uva (mesa, vinho e suco), melão e melancia.

A variável resultado do estudo de impacto aqui proposto⁴ foi o valor bruto da produção, para 2017, dos 11 cultivos selecionados. Já as

⁴ Não é objetivo deste estudo avaliar o benefício, em termos de valor da produção, da adoção da irrigação, e sim o benefício, nos mesmos termos, de a atividade frutícola ser desenvolvida em municípios com presença institucional de PPI. Para análises sobre o benefício da adoção da tecnologia de irrigação, ver Cunha (2011) e Morais (2019).

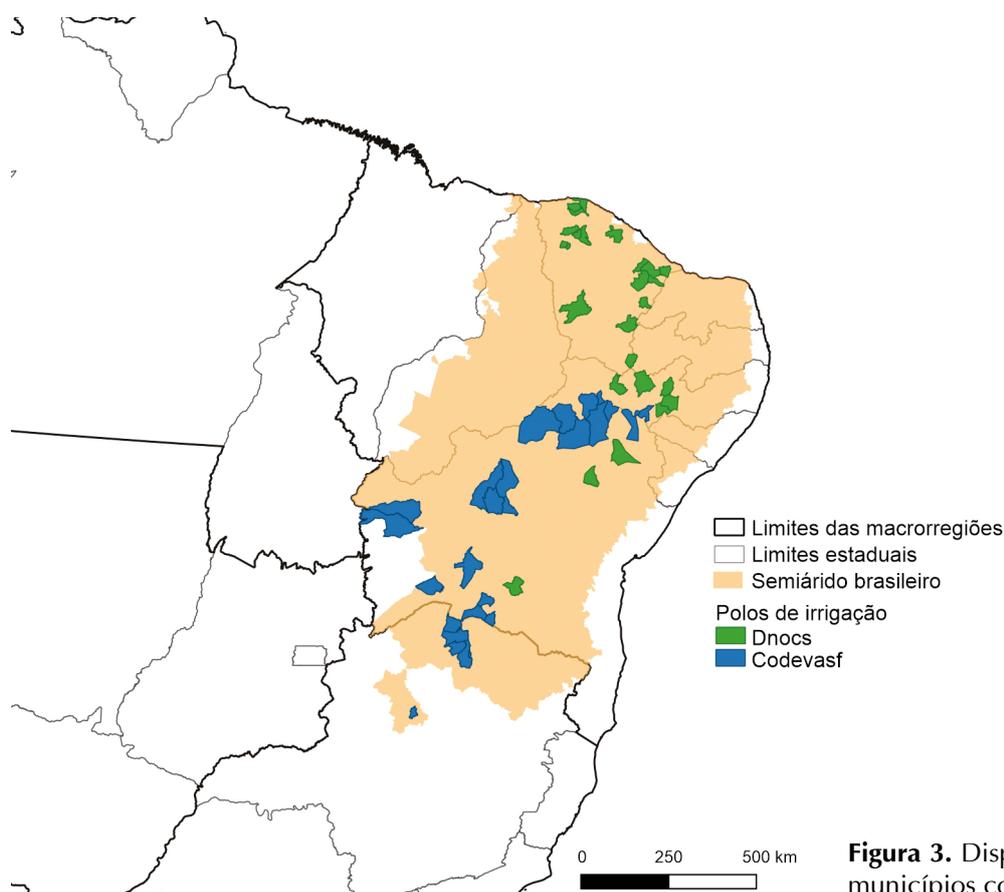


Figura 3. Disposição geográfica dos municípios com PPI analisados.

covariadas (Tabela 2) foram escolhidas com base em diversos estudos (Correia et al., 2001; Lima & Miranda, 2001; Ortega & Sobel, 2010; ANA, 2017; Souza et al., 2018; Alves & Vieira Filho, 2019) e buscaram refletir a caracterização geral dos PPI.

Modelo econométrico

As metodologias de avaliação de impacto tentam estabelecer uma relação causal, via experimentos controlados, entre a exposição a um determinado estímulo e a resposta decorrente de tal exposição. Nesse tipo de metodologia, o estímulo é considerado o tratamento e a resposta ao estímulo, o efeito, de modo que o cálculo do Efeito de Tratamento consiste em medir o impacto de determinada intervenção com relação a alguma resposta de interesse.

Nas ciências sociais aplicadas, a construção de experimentos controlados não é fácil. Os estudos se baseiam em dados observacionais, que dificultam o isolamento e a quantificação do efeito líquido do tratamento sobre a resposta desejada. Com os dados observados, os grupos de tratados e controle são diferentes, possuem características observáveis e não observáveis distintas. Portanto, o grande desafio da avaliação de impacto é encontrar um bom grupo de controle, já que não é possível observar as mesmas unidades observacionais com e sem o tratamento de forma simultânea.

A resposta para um tratado na ausência do tratamento é o seu contrafactual. O grupo de controle é quem determina o que teria acontecido com os tratados na ausência do tratamento e, por isso, a importância de encontrar um grupo

Tabela 2. Variáveis utilizadas no modelo.

Variável	Descrição
IRRIGMETDPRINCIPS	Proporção da área irrigada pelos métodos de irrigação localizada (gotejamento, microaspersão e outros) e aspersão convencional em relação à área total irrigada dos estabelecimentos, exceto área irrigada por molhação
IRRIGAGFAMILIAR	Proporção de estabelecimentos que usam os métodos de irrigação localizada e aspersão convencional em relação ao total de estabelecimentos irrigantes pertencentes à agricultura familiar
CONCESSOUASSENT	Proporção de estabelecimentos cujo produtor era concessionário ou assentado, aguardando titulação definitiva
IRGLAVTEMP	Proporção de estabelecimentos com irrigação de lavouras temporárias em relação ao total de estabelecimentos
IRGLAVPERMNT	Proporção de estabelecimentos com irrigação de lavouras permanentes em relação ao total de estabelecimentos
RECEBOT	Proporção de estabelecimentos que receberam algum tipo de orientação técnica, de origem governamental ou privada, ou ainda de cooperativas, empresas integradoras, empresas privadas de planejamento, ONGs, Sistema S e de outras fontes não especificadas
ASSOCIAD	Proporção de estabelecimentos que pertencem a algum tipo de associação ou entidade de classe
OBTFINAC	Proporção de estabelecimentos que obtiveram algum tipo de financiamento, independentemente da origem
PREPSOLO	Proporção de estabelecimentos que usou sistema convencional de preparo do solo, técnica tradicional baseada na remoção da vegetação nativa, aração, calagem, gradagem, semeadura, adubação mineral, capinas e aplicação de defensivos
ENERGELET	Despesa em mil reais com energia elétrica dos estabelecimentos
IMPLEMT&MAQUIN	Número de implementos e máquinas dos estabelecimentos
TRABLHTEMP	Proporção de estabelecimentos com trabalhador temporário sem laço familiar com o produtor em relação ao total de estabelecimentos com pessoal ocupado
DUMMEDSFANC	<i>Dummy</i> que recebe valor 1 se o município estiver localizado na Bacia do Médio São Francisco
DUMMSUBMEDSFANC	<i>Dummy</i> que recebe valor 1 se o município estiver localizado na Bacia do Sub-Médio São Francisco

de controle o mais semelhante possível do grupo de tratados. Assim, com a construção de um bom contrafactual, é possível mensurar causalidade e magnitude de impacto, comparando dois grupos estatisticamente idênticos, um sob tratamento.

Dessa forma, se houver alguma diferença em termos de resultados entre tratados e controle, ela será atribuída à exposição ao tratamento, a única variável que difere nos dois grupos. A incapacidade de estabelecer uma relação contrafactual adequada e identificar a verdadeira causalidade de mudança pode conduzir o pesquisador a estabelecer relações causais equi-

vocadas e, conseqüentemente, direcionamentos de política enganosos (Dantas & Tannuri-Pianto, 2013).

Considerando que tratados e controles possuem características observáveis diferentes e relevantes, obter um grupo de controle o mais semelhante possível ao de tratados envolve o uso de métodos de balanceamento. Hainmueller (2012) propôs o método do balanceamento por entropia, que compreende um esquema de reponderação multivariado e não paramétrico e que ajusta as distribuições da amostra pela atribuição de pesos ao conjunto de observações

do grupo de controle, ajustando as unidades ao grupo de tratados (Costa et al., 2018).

Admitindo o uso desse método, que permite construção de um bom contrafactual, o balanceamento por entropia é a primeira etapa da estratégia empírica aplicada para eliminar o viés originado pela ausência de atribuições aleatórias no tratamento. A segunda etapa é a combinação dos pesos encontrados no balanceamento por entropia com o método de Propensity Score Matching (PSM), com o propósito é estimar o efeito da presença institucional de PPI sobre o valor bruto da produção da fruticultura no Semiárido.

Balanceamento por entropia

O balanceamento por entropia proposto por Hainmueller (2012) é um método multivariado e não paramétrico de pré-processamento cujo esquema de reponderação incorpora diretamente o equilíbrio das covariáveis na função de peso aplicada às unidades da amostra. Esse método pondera um conjunto de dados de modo que a distribuição das variáveis nas observações reponderadas satisfaça um conjunto de restrições de equilíbrio, baseado no primeiro, no segundo e, possivelmente, nos maiores momentos das distribuições das covariáveis nos grupos de tratamento e de controle.

O balanceamento por entropia caracteriza-se por uma generalização da abordagem de ponderação por score de propensão que envolve a etapa de estimação de pesos dos scores de propensão via modelos paramétricos, como Logit ou Probit. Em seguida, no pareamento, verifica-se se os pesos estimados equilibram as distribuições das covariadas. Já o método de entropia ajusta diretamente os pesos aos momentos conhecidos da amostra, ao contrário dos métodos convencionais de ponderação (Hainmueller, 2012; Costa et al., 2018).

Segundo Braga et al. (2019), o balanceamento por entropia assegura equilíbrio e similaridade entre os grupos de controle e tratados, pela especificação de um nível de equilíbrio

desejável para as covariadas, usando um conjunto de restrições associadas aos momentos da distribuição de modo que os grupos ponderados tenham os mesmos momentos especificados, tornando-os tão idênticos quanto possível.

Seja uma amostra aleatória com $n = n_1 + n_0$ unidades, com n_1 observações pertencentes ao grupo de tratados e n_0 observações pertencentes ao grupo de controle, extraídas de uma população de tamanho $N = N_1 + N_0$. Como indicativo de tratamento, seja $D_i \in \{1,0\}$, com $D_i = 1$, se a unidade i recebeu o tratamento; e $D_i = 0$, caso contrário. Seja a matriz X composta por X_{ij} componentes referentes às características de cada unidade i , que vetorialmente é representada por $X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}]$. Sejam $f_{X|D=1}$ e $f_{X|D=0}$ as densidades de covariáveis nas observações de tratamento e de controle, respectivamente. Por fim, seja $Y_i(D_i)$ o par de resultado potencial para cada unidade observacional i , dadas as condições de tratamento e controle. Os resultados observados para cada unidade são realizados como $Y_i = Y_i(1)D_i + (1 - D_i)Y_i(0)$.

O efeito médio do tratamento sobre os tratados (ATT) é dado por $\tau = E[Y(1)|D = 1] - E[Y(0)|D = 1]$, em que a primeira média é diretamente identificada no grupo de tratados, mas a segunda corresponde ao contrafactual, o qual não é observado. No esquema de balanceamento por entropia, o contrafactual médio pode ser estimado por

$$E[Y(0)|D = 1] = \frac{\sum_{\{i|D=0\}} Y_i w_i}{\sum_{\{i|D=0\}} w_i} \quad (1)$$

em que w_i é o peso do balanceamento por entropia escolhido para cada unidade de controle e determinado pelo seguinte esquema de reponderação que minimiza a distância métrica da entropia:

$$\min_{w_i} H(w) = \sum_{\{i|D=0\}} w_i \log(w_i/q_i) \quad (2)$$

com (restrições de equilíbrio e normalização)

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i c_{ri}(X_i), \text{ com } r \in 1, \dots, R$$

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i = 0$$

$$w_1 \geq \text{para todo } i, \text{ tal que } D = 0$$

Na equação, $h(\cdot)$ é a distância métrica, e $c_{ri}(X_i)$ descreve o conjunto de restrições impostas sobre os momentos das covariadas do grupo de controle reponderado. O peso base é dado por $q_i = 1/n_0$, em que n é o tamanho da amostra das unidades de controle. Segundo Hainmueller (2012), inicialmente escolhe-se a covariada que será incluída na reponderação. Para cada covariada, especifica-se um conjunto de restrições de balanceamento para equiparar os momentos das distribuições das covariadas dos grupos de tratado e de controle reponderados. As restrições de momentos podem ser a média (primeiro momento), a variância (segundo momento) e a assimetria (terceiro momento). Uma típica restrição de balanceamento é formulada com $m_{r,j}$ contendo a r ordem de momento de uma dada variável X_j do grupo de tratados, em que a função de momento para o grupo de controle é especificada como $C_{ri}(X_{ij}) = X_{ij}^r$ ou $C_{ri}(X_{ij}) = (X_{ij} - \mu_j)^r$, com média μ_j .

Assim, o balanceamento por entropia procura, para um dado conjunto de unidades, pesos $W = [w_1, \dots, w_{n_0}]$ que minimizem a distância de entropia entre W e o vetor base de pesos $Q = [q_1, \dots, q_{n_0}]$, sujeito às restrições de equilíbrio e normalização.

A imposição feita à restrição de momentos considera que seja ajustado o primeiro momento das covariadas. Assim, dado o conjunto de covariadas que determinam a presença institucional de projetos públicos de irrigação, o método calculará as médias no grupo de tratados, buscando um conjunto de pesos de entropia de forma que as médias ponderadas do grupo de controle sejam similares (Braga et al., 2019).

O método de entropia pode ser combinado com outros métodos de pareamento, como em Costa et al. (2018). Aqui, os pesos encontrados pelo balanceamento por entropia serão combi-

nados com o Propensity Score Matching (PSM) para equilibrar com maior robustez as covariadas e obter o efeito causal da presença de projetos públicos de irrigação sobre o valor da produção da fruticultura nos municípios amostrados.

Propensity Score Matching

A causalidade e magnitude do efeito da presença institucional de PPI sobre o valor da produção dos principais cultivos da fruticultura irrigada podem ser avaliadas pela comparação dos resultados de dois grupos: o de municípios com PPI (tratados) e o grupo de controle, os municípios que não incluem PPI.

A ausência de atribuições aleatórias no tratamento implica viés de seleção entre os grupos analisados. Para obter o efeito da presença institucional da política pública estabelecida pela implantação de perímetros irrigados, optou-se por minimizar o viés por intermédio da aplicação do PSM, desenvolvido por Rosenbaum & Rubin (1983).

A análise de PSM é um procedimento de estimação que torna possível construir um grupo de contrafactual que reúne características semelhantes às do grupo tratado em todas as dimensões. A correspondência por meio do escore de propensão é uma maneira de reduzir o viés quando a comparação dos resultados usar grupos de tratados e controle tão semelhantes quanto possível. Assim, unidades observacionais com os respectivos escores seriam comparáveis, já que possuiriam probabilidades similares de serem tratados (Becker & Ichino, 2002).

O método consiste em trabalhar com resultados potenciais. Para tratados e não tratados, para qualquer indivíduo i existirão apenas dois resultados possíveis, que são os resultados potenciais:

$$\text{Resultado potencial} = \begin{cases} Y_{1i}, & \text{se } D_i = 1 \\ Y_{0i}, & \text{se } D_i = 0 \end{cases} \quad (3)$$

em que D_i é a *dummy* que identifica se a unidade observacional i participa do tratamento – assume valor 1, quando tratado; e 0, caso contrário. Já Y_{1i} e Y_{0i} são os resultados potenciais para a unidade observacional i tratada e não tratada, respectivamente.

Para eliminar o viés de seleção decorrente de modelos que usam variáveis conhecidas e observáveis para selecionar o contrafactual, é necessário supor independência condicional (unconfoundedness). Essa hipótese admite que os resultados potenciais serão independentes de variáveis binárias de tratamento quando o resultado potencial for condicionado às variáveis observáveis X_i . Formalmente, a hipótese de independência condicional é dada por

$$(Y_{0i}, Y_{1i}) \perp D_i | X_i, \forall X_i \quad (4)$$

Outra suposição necessária é o critério de balanceamento. Tal critério será satisfeito quando, para cada valor de X_i , houver uma distribuição similar de probabilidade de tratamento entre os dois grupos, ou seja, $D_i \perp X_i | P(X_i)$. Uma vez que apenas as unidades com idêntico escore de propensão sejam comparáveis entre si, então é necessário incluir uma hipótese auxiliar importante para a identificação do efeito do tratamento, que é a condição de suporte comum. Tal condição assegurará que tratados e controles tenham observações comparáveis quanto às características X_i , já que é apenas na área com suporte comum que se torna possível fazer inferências causais (Dantas & Tannuri-Pianto, 2013).

Formalmente, a condição de suporte comum é dada por

$$0 < P(D_i = 1 | X_i) < 1 \quad (5)$$

Com as hipóteses acima satisfeitas, pode-se escrever o efeito médio de tratamento sobre os tratados como

$$ATT = E[Y_{1i} - Y_{0i} | D_i = 1] = E\{E[Y_{1i} | D_i = 1, P(X_i)] - E[Y_{0i} | D_i = 0, P(X_i)]\} \quad (6)$$

O estimador de PSM é, então, a média da diferença entre resultados de tratados e controles sobre o suporte comum, dentro de um determinado estrato de escore de propensão, ou entre unidade de tratados e controles com $P(X)$ muito parecido (Caliendo & Kopeinig, 2008).

Os métodos para combinar unidades de tratamento e de controle são os mais variados possíveis: pareamento por vizinho mais próximo (*Nearest Neighbor Matching*), pareamento estratificado (*Stratification Matching*), pareamento por kernel (*Kernel Matching*) e pareamento por alcance (*Radius Matching*), entre outros. Esses procedimentos diferem entre si quanto à definição de pesos para cada observação e quanto à maneira como o suporte comum é determinado para a estimação do ATT. Para o pareamento dos escores de propensão, foi utilizado o procedimento que reportou o menor pseudo R^2 (Becker & Ichino, 2002).

Para avaliar a qualidade das estimativas do PSM, foi realizado o teste de redução do viés padronizado, sugerido por Rosenbaum & Rubin (1983). Tal método avalia, por meio de comparação, antes e depois do pareamento, a existência de diferenças sistemáticas depois do uso do escore de propensão verificando se o pareamento obtido foi satisfatório. Foi aplicado também o teste de igualdade de médias nos grupos de controle e tratamento antes e depois do pareamento estabelecido pelo PSM.

Depois da aplicação do PSM, fez-se uma análise elementar, via educated guess, comparando a despesa pública com irrigação e o benefício, em termos do valor da produção da fruticultura, de modo a avaliar sucintamente se os ganhos produtivos obtidos nos municípios com PPI compensaram os gastos do governo.

Resultados e discussão

Efeito médio do tratamento – presença institucional dos PPI nos municípios

A Tabela 3 mostra a análise descritiva dos dados em termos médios.

A despesa de energia (ENERGELET), em média, é praticamente quatro vezes maior nos estabelecimentos com PPI do que a da amostra total e a do grupo de municípios sem PPI – o uso de energia elétrica está relacionado ao uso mais intensivo de motores e bombas de equipamentos de irrigação. Como o custo de energia é subsidiado nos perímetros públicos irrigados, isso potencializa o efeito desses percentuais numa análise de impacto da política de irrigação.

Quanto às *dummies*, é maior a proporção de estabelecimentos nos municípios com PPI das duas principais sub-bacias do Rio São Francisco, regiões que concentram 70% da demanda de

água para a irrigação, em relação à bacia como um todo (CBHSF, 2020).

Como esperado, o valor da produção da fruticultura passa por grande discrepância entre as médias dos dois primeiros estratos em relação ao grupo de municípios com polos de irrigação especializados em fruticultura. Em média, o valor total da produção da fruticultura alcançado nos municípios com PPI é oito vezes maior do que a amostra total, atingindo R\$ 42,9 milhões em 2017.

A primeira etapa da aplicação empírica foi o balanceamento das covariadas utilizadas no modelo de avaliação de impacto. A Tabela 4 mostra os resultados do balanceamento pelo método de entropia para o primeiro momento da amostra, ou seja, para a média das covariadas.

Os resultados mostram que as médias entre os grupos de tratados e controle apresentavam diferenças significativas antes do pareamento. Depois do ajustamento pelo método de entropia, percebe-se uma harmonização entre

Tabela 3. Média e unidade de medida das variáveis utilizadas para amostra total e por grupos de tratados e controles.

Variável	Unidade de medida	Amostra total	Municípios sem PPI	Municípios com PPI
IRRIGMETDPRINCIPS	Proporção	0,6668	0,6592	0,7437
IRRIGAGFAMILIAR	Proporção	0,0778	0,0609	0,2490
CONCESSOUASSENT	Proporção	0,0351	0,0321	0,0655
IRGLAVTEMP	Proporção	0,4007	0,4192	0,2133
IRGLAVPERMNT	Proporção	0,1960	0,1844	0,3132
RECEBOT	Proporção	0,0997	0,0947	0,1509
ASSOCIAD	Proporção	0,2434	0,2470	0,2069
OBTFINAC	Proporção	0,1379	0,1385	0,1320
PREPSOLO	Proporção	0,5342	0,5366	0,5101
TRABLHTEMP	Proporção	0,1322	0,1297	0,1568
ENERGELET	R\$ mil	1.935,95	1.575,60	5.581,84
IMPLEMT&MAQUIN	Número	107,90	95,64	231,96
DUMMEDSFRANC	-	0,1481	0,1395	0,2353
DUMMSUBMEDSFRANC	-	0,1464	0,1357	0,2549
VALOR DA PROD DA FRUTICULTURA	R\$ mil	5.467,51	1.763,58	42.942,55
Número de observações		567	516	51

Tabela 4. Resultados do balanceamento pelo método de entropia para as covariadas do modelo considerando o primeiro momento da amostra.

Variável	Amostra não pareada		Amostra pareada	
	Municípios com PPI	Municípios sem PPI	Municípios com PPI	Municípios sem PPI
IRRIGMETDPRINCIPS	0,7437***	0,6592	0,7437 ^{ns}	0,7428
IRRIGAGFAMILIAR	0,249***	0,0609	0,2490 ^{ns}	0,2483
CONCESSOUASSENT	0,06547***	0,0321	0,0655 ^{ns}	0,0654
IRGLAVTEMP	0,2133***	0,4192	0,2133 ^{ns}	0,2153
IRGLAVPERMNT	0,3132***	0,1844	0,3132 ^{ns}	0,3165
RECEBOT	0,1509***	0,0947	0,1509 ^{ns}	0,1507
ASSOCIAD	0,2069***	0,2470	0,2069 ^{ns}	0,2070
OBTFINAC	0,1320 ^{ns}	0,1385	0,1320	0,1321
PREPSOLO	0,5101***	0,5366	0,5101 ^{ns}	0,5103
ENERGELET	5.582***	1.576	5.582	5.559
IMPLEMT&MAQUIN	232***	96	232 ^{ns}	231
TRABLHTEMP	0,1568***	0,1297	0,1568 ^{ns}	0,1568
DUMMEDSFANC	0,2353***	0,1395	0,2353 ^{ns}	0,2350
DUMMSUBMEDSFANC	0,2549***	0,1357	0,2549 ^{ns}	0,2544

*** Média estatisticamente diferente do grupo de controle a 1%; ^{ns} Não significativo, ou seja, média estatisticamente igual à do grupo de controle.

as médias das covariadas dos dois grupos, tornando a amostra mais homogênea. O sucesso do balanceamento é confirmado pela não significância da hipótese nula do teste de igualdade de médias na amostra pareada.

Depois de aplicado o método de balanceamento, estimou-se o ATT da presença institucional de PPI sobre o valor da produção da fruticultura na amostra selecionada. O pareamento utilizado foi o matching vizinho mais próximo⁵ sem reposição. Esse método foi o que apresentou a menor estatística para pseudo R^2 .

Foram feitos os testes de redução do viés padronizado, antes e depois do pareamento, e o teste de igualdade de médias nos grupos de tratados e controles. Os resultados apontaram a não existência de diferenças significativas nas variáveis observáveis entre as unidades pareadas, indicando que os resultados obtidos

apresentaram uma boa adequação dos escores de propensão. A Tabela 5 mostra o resultado encontrado, cujo ATT representa a diferença no valor da produção da fruticultura, dado o efeito do tratamento.

Em média, valor da produção da fruticultura foi maior nos estabelecimentos dos municípios com PPI. Tal diferença aponta efeito no valor da produção de R\$ 12.539.000 em valores correntes de 2017.

Os resultados são indicativos de que a presença institucional de PPI tem fundamental importância sobre os resultados econômicos da atividade frutícola nas regiões do Semiárido. Isso pode ser avaliado como sucesso desse tipo de investimento público, em que a obtenção de maior valor da produção da atividade representa uma vantagem comparativa fundamental desse tipo de produção agrícola na região.

⁵ O método de pareamento por vizinho mais próximo consiste em parear cada unidade do grupo de tratado a uma unidade do grupo de controle que tenha o escore de propensão mais próximo. O método realizado sem reposição indica que uma mesma unidade pertencente ao grupo de controle não pode ser pareada com mais de uma unidade do grupo de tratado.

Tabela 5. Efeito tratamento sobre tratados (ATT) no valor da produção da fruticultura para os cultivos selecionados.

Resultado efeito tratamento sobre tratados		ATT	Teste-t	Desvio padrão
		12.539,02	2,60	4.826,45
Pareamento	Pseudo R ²	LR <i>ch</i> ²	Viés médio	Viés mediano
Vizinho mais próximo	0,046	5,97	12,6	12,4

Avaliação custo-benefício via educated guess

A avaliação de impacto mostrou resultados positivos sobre o valor da produção da fruticultura nos municípios com presença institucional de PPI. Cabe analisar, mesmo que de forma elementar, se os ganhos de produtividade e renda compensaram os gastos do governo com essa política.

Com base nos dados de despesas com irrigação de 2016, e tomando o impacto encontrado produtivo da atividade frutícola irrigada, fez-se uma análise de custo-benefício da política (Tabela 6).

Tabela 6. Despesas com irrigação e benefício médio das atividades frutícolas.

Variável	R\$ (2017)
Despesa Total com Irrigação (DTI)	98.516.563
Despesa com Irrigação NE = (0,79*DTI)	77.828.085
Despesa Média com Irrigação por Município com PPI no NE (considerando os 80 municípios com PPI no Nordeste)	972.851
ATT ou benefício médio para municípios com PPI	12.539.000

Como o impacto estimado está em nível municipal, é coerente que a despesa média com irrigação também seja calculada com essa unidade, ou seja, não necessariamente por projeto. Considerando os 80 municípios com PPI no Nordeste, a despesa média por município foi de R\$ 972.851. A diferença do benefício estimado em relação à despesa empenhada foi de R\$11.566.149, o que mostrou que, em mé-

dia, para cada real despendido com irrigação, houve retorno de R\$ 12,88 em produção para os municípios com PPI. Mesmo sendo uma análise elementar, carente de robustez metodológica, tal aproximação mostra a importância da política em termos de retorno produtivo, já que os gastos públicos com irrigação têm decrescido. Esse ponto sustenta a assertiva de que, admitindo impactos positivos sobre os resultados econômicos dos projetos de irrigação, é possível, com baixo investimento do governo, melhorar o desempenho das atividades irrigadas na região, bem como aproveitar de forma mais eficiente os projetos já instalados.

Considerações finais

Este trabalho avaliou o impacto da presença institucional de projetos públicos de irrigação sobre o valor da produção da fruticultura, considerando os 11 principais cultivos produzidos nos polos de irrigação frutícolas do Semiárido. Adotou-se metodologia de avaliação de impacto de política pública que combinou balanceamento por entropia com o método Propensity Score Matching (PSM).

Os resultados mostraram efeito positivo e estatisticamente significativo da presença institucional de perímetros irrigados sobre o valor produzido da fruticultura. A avaliação mostrou a importância das atividades irrigadas para a manutenção de resultados econômicos positivos na atividade agrícola principal. A análise de custo-benefício via educated guess apontou retorno positivo de R\$ 12,89 para cada real investido, o que justifica o gasto público na política de irrigação.

Ampliar o aproveitamento de áreas irrigáveis ociosas, respeitando a disponibilidade hídrica regional, pode criar oportunidades de desenvolvimento local, notadamente numa região carente de recursos e com condições de emprego e renda desfavoráveis. Para a consolidação de áreas irrigadas, nos projetos públicos de irrigação, é preciso superar muitos obstáculos, como a baixa qualificação dos produtores assentados, o uso de equipamentos obsoletos, a deficiência de gerenciamento dos programas, entre outros fatores que dificultam a sustentabilidade produtiva.

As áreas irrigadas do Semiárido são a esperança para muitos agricultores, além de possibilidade de criação de empregos remunerados e consolidação de atividades agrícolas fundamentais para o desenvolvimento regional.

Em relação à análise de custo-benefício, ressalta-se que a pesquisa considera uma aproximação média do gasto público com irrigação para os municípios com projeto público de irrigação no Nordeste, e não o gasto efetivo por projeto público de irrigação. Além disso, o fato de se trabalhar com dados agregados impede a devida separação dos estabelecimentos que pertencem de fato aos perímetros irrigados. Assim, é evidente que, no valor bruto da produção da fruticultura, que foi a variável de impacto analisada, pode constar o valor da produção de estabelecimentos que, mesmo estando nos municípios com projeto público de irrigação, não fazem parte dos perímetros irrigados.

Referências

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Estatística de exportações de frutas em 2019**. 2020. Disponível em: <<https://abrafrutas.org/2020/01/28/8825>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

ALVES, E.; ROCHA, D. de P. Ganhar tempo é possível? In: GASQUES, J.G.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; NAVARRO, Z. (Org.). **A agricultura brasileira**: desempenho, desafios e perspectivas. Brasília: Ipea, 2010. p.275-290.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e. Pequenos estabelecimentos também enriquecem? Pedras e tropeços. **Revista de Política Agrícola**, ano24, p.7-21, 2015.

ALVES, E.; SOUZA, G. da S. e; MARRA, R. Uma viagem pelas regiões e estados guiada pelo Censo Agropecuário 2006. **Revista de Política Agrícola**, ano26, p.113-150, 2017.

ALVES, E.R. de A.; VIEIRA FILHO, J.E.R. O que se espera da irrigação no Nordeste? In: VIEIRA FILHO, J.E.R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019. p.259-293.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, 2017. 85p.

ANA. Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: 2013. Brasília, 2013. 432p.

BECKER, S.O.; ICHINO, A. Estimation of average treatment effects based on propensity scores. **The Stata Journal: Promoting Communications on Statistics and Stata**, v.2, p.358-377, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1177/1536867X0200200403>.

BRAGA, M.J.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; FREITAS, C.O. de. Impactos da extensão rural sobre a renda produtiva. In: VIEIRA FILHO, J.E.R. (Org.). **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira**. Rio de Janeiro: Ipea, 2019. p.138-160.

BUAINAIN, A.M.; GARCIA, J.R. Polos de irrigação no Nordeste do Brasil. **Confin**, v.23, 2015. DOI: <https://doi.org/10.4000/confin.10031>.

CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. **Journal of Economic Surveys**, v.22, p.31-72, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1467-6419.2007.00527.x>.

CBHSF. Comitê da Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco. **A Bacia**: principais características. Disponível em: <<https://cbhsaofrancisco.org.br/a-bacia>>. Acesso em: 15 mar. 2020.

CEPEA. Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. **PIB do agronegócio brasileiro [de 1996 a 2019]**. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 13 mar. de 2020.

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento dos Vales do Rio São Francisco e do Parnaíba. **Projetos públicos de irrigação**: polos de desenvolvimento. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/linhas-de-negocio/irrigacao/projetos-publicos-de-irrigacao/polos-de-desenvolvimento>>. Acesso em: 17 fev. 2019.

CORREIA, R.C.; ARAÚJO, J.L.P.; CAVALCANTI, E. de B. A fruticultura como vetor de desenvolvimento: o caso dos municípios de Petrolina (PE) e Juazeiro (BA). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ECONOMIA E

- SOCIOLOGIA RURAL, 39., 2001, Recife. **Anais**. Recife: Sober: Embrapa Semiárido, 2001.
- COSTA, R.A.; COSTA, E.M.; MARIANO, F.Z.; CAVALCANTI, D.M. Impactos do Programa Bolsa Família no mercado de trabalho e na renda dos trabalhadores rurais. **Nova Economia**, v.28, p.385-416, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1590/0103-6351/3289>.
- CUNHA, D.A. da. **Efeitos das mudanças climáticas globais na agricultura brasileira**: análise da irrigação como estratégia adaptativa. 2011. 128p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- DANTAS, R.S.; TANNURI-PIANTO, M.E. Avaliação de impacto de reconhecimento de direito de propriedade de facto: uma análise de propensity score matching. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 41., 2013, Foz do Iguaçu. **Anais**. Foz do Iguaçu: Paraná, 2013.
- DNOCS. Departamento Nacional de Obras Contra As Secas. **Perímetros públicos de irrigação**. Disponível em: <<http://goo.gl/pwFNDc>>. Acesso em: 23 fev. 2019.
- GERUM, A.F.A. de A.; SANTOS, G.S.; SANTANA, M. do A.; SOUZA, J. da S.; CARDOSO, C.E.L. **Fruticultura Tropical**: potenciais riscos e seus impactos. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2019. 28p. (Embrapa Mandioca e Fruticultura. Documentos, 232).
- HAINMUELLER, J. Entropy balancing for causal effects: A multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. **Political Analysis**, v.20, p.25-46, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1093/pan/mpr025>.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Agropecuário 2017**: resultados definitivos. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal (PAM - 2019)**. 2019. Disponível em: <<https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/referencias>>. Acesso em: 20 fev. 2020.
- LIMA, J.P.R.; MIRANDA, É.A. de A. Fruticultura irrigada no Vale do São Francisco: incorporação tecnológica, competitividade e sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, v.32, p.611-632, 2001.
- MARENGO, J.A.; CUNHA, A.P.; ALVES, L.M. A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico. **Revista Climanalise**, p.49-54, 2016.
- MORAIS, G.A. de S. **Three essays on irrigated agriculture in Brazil**. 2019. 114p. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- ORTEGA, A.C.; SOBEL, T.F. Desenvolvimento territorial e perímetros irrigados: avaliação das políticas governamentais implantadas nos perímetros irrigados Bebedouro e Nilo Coelho em Petrolina (PE). **Planejamento e Políticas Públicas**, n.35, p.87-118, 2010.
- ROSENBAUM, P.R.; RUBIN, D.B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v.70, p.41-55, 1983. DOI: <https://doi.org/10.1093/biomet/70.1.41>.
- SOUZA, H.G. de; TABOSA, F.J.S.; CAMPOS, K.C.; VIEIRA FILHO, J.E.R.; NEDER, H.D. Análise da projeção espacial da fruticultura no nordeste brasileiro. **Revista Econômica do Nordeste**, v.49, p.121-141, 2018.
- STN. Secretaria do Tesouro Nacional. **Dados orçamentários**: irrigação. Disponível em: <www.stn.fazenda.gov.br/documents/Despesa_Irrigacao>. Acesso em: 17 fev. 2020.
- TCU. Tribunal de Contas da União. **Levantamento sobre os perímetros irrigados do Nordeste e o impacto na produção agropecuária**. Brasília, 2015. 40p.
- VALDES, A.; WAGNER, E.; MARZALL, I.; SIMAS, J.; MORELLI, J.; PEREIRA, L.P.; AZEVEDO, L.G.T. **Impactos e externalidades sociais da irrigação no Semiárido Brasileiro**. Brasília: Banco Mundial, 2004. 132p. (Água Brasil, 5).
- VIDAL, M. de F.; XIMENES, L.J.F. Comportamento recente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno Setorial ETENE**, n.2, p.18-26, 2016.
- VIEIRA FILHO, J.E.R.; CAMPOS, A.C.; FERREIRA, C.M. de C. Abordagem alternativa do crescimento agrícola: um modelo de dinâmica evolucionária. **Revista Brasileira de Inovação**, v.4, p.425-476, 2005. DOI: <https://doi.org/10.20396/rbi.v4i2.8648919>.
- VIEIRA FILHO, J.E.R.; FISHLOW, A. **Agricultura e indústria no Brasil**: inovação e competitividade. Brasília: IPEA, 2017. 305p.
- VIEIRA FILHO, J.E.R.; FORNAZIER, A. Productividad agropecuaria: reducción de la brecha productiva entre el Brasil y los Estados Unidos de América. **Revista Cepal**, n.118, p.215-233, 2016. DOI: <https://doi.org/10.18356/06f8a4ae-es>.
- VIEIRA FILHO, J.E.R.; SILVEIRA, J.M.F.J. da. Competências organizacionais, trajetória tecnológica e aprendizado local na agricultura: o paradoxo de Prebisch. **Economia e Sociedade**, v.25, p.599-630, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1982-3533.2016v25n3art4>.