

# O IMPACTO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS SOBRE A GERAÇÃO DE EMPREGO E RENDA, E A SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL DO PEQUENO AGRICULTOR DO SEMIÁRIDO CEARENSE<sup>1</sup>

Maria Josiell Nascimento da Silva<sup>2</sup>

Ahmad Saeed Khan<sup>3</sup>

Edward Martins Costa<sup>4</sup>

Domingos Isaias Maia Amorim<sup>5</sup>

Francisco José Silva Tabosa<sup>6</sup>

A seca é um fenômeno climático predominante no semiárido brasileiro e os pequenos agricultores enfrentam dificuldades na produção devido à escassez hídrica. Nesse sentido, o Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2), que faz parte do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido, surge com o intuito de ampliar a oferta de água para a produção agrícola no semiárido, por meio da captação de água da chuva em cisternas. Para verificar se esse programa está correspondendo ao que foi planejado, este estudo se propõe a avaliar o impacto do P1+2 no semiárido cearense, mais especificamente no município de Iguatu, quanto a seu efeito sob a renda, o emprego e a sustentabilidade na produção dos pequenos agricultores da região, utilizando-se do *propensity score matching*. Os resultados encontrados indicam que o programa está promovendo melhorias nas rendas agrícola e agropecuária do público beneficiado. No que diz respeito aos empregos e à sustentabilidade da produção, não foi possível obter resultados estatisticamente significantes de *average treatment effect on the treated* (ATT). Com relação à comparação da média do índice de sustentabilidade na produção entre os beneficiários e não beneficiários, há diferença significativa favorável ao grupo de beneficiários.

**Palavras-chave:** semiárido; água da chuva; Ceará; P1+2.

## IMPACT OF SOCIAL TECHNOLOGIES ON EMPLOYMENT AND INCOME GENERATION AND THE ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY OF THE SMALL FARMER IN THE CEARENS SEMIARID

Drought is a predominant climatic phenomenon in the Brazilian semi-arid region and small farmers face difficulties in production due to water scarcity. In this sense, P1+2 is a program that has emerged with the aim of increasing the supply of water for agricultural production in the semi-arid region through the abstraction of rainwater in cisterns. In order to verify if this program corresponds to what was planned, the present study intends to evaluate the impact of P1+2 in the semi-arid region,

---

1. DOI: <http://dx.doi.org/10.38116/ppp57art3>

2. Doutoranda em economia aplicada na Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, da Universidade de São Paulo (Esalq/USP). *E-mail:* <nascimentojosiell@hotmail.com>.

3. Pesquisador visitante da Universidade Regional do Cariri e bolsista da Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (Funcap). *E-mail:* <saeed@ufc.br>.

4. Professor na UFC do Departamento de Economia Agrícola (DEA) e do Programa de Pós-Graduação em Economia Rural (PPGER). *E-mail:* <edwardcosta@ufc.br>.

5. Doutorando em economia aplicada (Esalq/USP). *E-mail:* <domingos\_isaias@hotmail.com>.

6. Professor na UFC do DEA e do PPGER. *E-mail:* <franzetabosa@ufc.br>.

more specifically in the city of Iguatu, as to its effect on income, employment and sustainability in production of small farmers in the region, using propensity score matching. The results indicate that the program is promoting improvements in the agricultural and agricultural income of the beneficiary population. With regard to jobs and the sustainability of production, it was not possible to obtain statistically significant results from ATT. Regarding the comparison of the average sustainability index in production between beneficiaries and non-beneficiaries, there is a significant difference favorable to the group of beneficiaries.

**Keywords:** semiarid; rain water; Ceará; P1+2.

## IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS SOCIALES EN EL EMPLEO Y LA GENERACIÓN DE INGRESOS Y LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL DEL PEQUEÑO AGRICULTOR DEL SEMIÁRIDA DEL CEARÁ

La sequía es un fenómeno climático predominante en el semiárido brasileño y los pequeños agricultores enfrentan dificultades en la producción debido a la escasez hídrica. En este sentido, el P1 + 2 es un programa que surgió con el propósito de ampliar la oferta de agua para la producción agrícola en el semiárido por medio de la captación de agua de lluvia en cisternas. Para verificar si este programa está correspondiendo a lo planificado, el presente estudio se propone evaluar el impacto del P1 + 2 en el semiárido cearense, más específicamente en el municipio de Iguatu, en cuanto a su efecto bajo la renta, el empleo y la sostenibilidad en la producción de los pequeños agricultores de la región, utilizando el propensity score matching. Los resultados encontrados indican que el programa está promoviendo mejoras en la renta agrícola y agropecuaria del público beneficiado. En lo que se refiere a los empleos y la sostenibilidad de la producción, no fue posible obtener resultados estadísticamente significativos de ATT. Con respecto a la comparación del promedio del índice de sostenibilidad en la producción entre los beneficiarios y no beneficiarios, hay una diferencia significativa favorable al grupo de beneficiarios.

**Palabras clave:** semiárido; agua de la lluvia; Ceará; P1+2.

**JEL:** Q16; Q18.

### 1 INTRODUÇÃO

A associação entre a vulnerabilidade socioeconômica do semiárido brasileiro e a escassez de água gerou uma série de intervenções governamentais que não promoveram mudanças estruturais e efetivas para as pessoas que residem nessa região (Passador *et al.*, 2007). A cada ano de seca, os problemas se repetem apesar dos grandes açudes construídos, dos perímetros irrigados e das políticas agrícolas implementadas, ocorrendo perdas de safra que deixam a população suscetível à escassez de alimentos e, conseqüentemente, à fome.

Apesar das condições climáticas predominantes do semiárido brasileiro, muitas pessoas residem nessa região. Segundo Ramos e Sampaio (2007), é necessária uma cultura de convivência que considere o fenômeno da seca, os recursos naturais disponíveis e a cultura daqueles que vivem nessa região, criando meios que garantam o acesso da população rural à água para consumo humano e suas

atividades produtivas. As tecnologias sociais<sup>7</sup> de gestão dos recursos hídricos têm essa pretensão. Como exemplo de tais tecnologias, destacam-se as cisternas de placas.

Nos últimos anos, foram construídas cisternas de placas em muitos domicílios rurais no semiárido brasileiro. Um dos principais disseminadores dessa tecnologia é a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA), instituição constituída pela união de organizações não governamentais (ONGs), pelo movimento dos trabalhadores rurais e por alguns organismos de igrejas que implementaram o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) – integrante do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com Semiárido –, que visa à construção de 1 milhão de cisternas de placas para a captação e o armazenamento da água da chuva. A responsabilidade de construir, manter o controle social, capacitar e implementar as unidades gestoras é da ASA e de outras organizações, como a Federação Brasileira de Bancos (Febraban).

Dada a aceitação do P1MC, a ASA formulou e implementou um novo programa chamado Uma Terra e Duas Águas (P1+2). O objetivo desse programa é ir além da oferta de água para o consumo humano, podendo gerar um transbordamento para a agricultura, com o intuito de promover a segurança alimentar e produzir excedentes financeiros, como o aumento da renda e do emprego.

As cisternas adquiriram um importante papel socioeconômico no semiárido devido à possibilidade de promover a capacidade adaptativa da população à condição de seca, uma vez que permitem armazenar a água das chuvas sem que esta seja exaurida pela insolação, evaporação e/ou evapotranspiração. Durante a presença da seca, a sobrevivência das camadas mais pobres da população rural torna-se dependente de políticas emergenciais, como o carro-pipa. Ademais, a população é obrigada a caminhar grandes distâncias para obter água e, na maioria das vezes, imprópria para o consumo humano e até mesmo animal.

O cenário atual decorrente do período de seca mais longo que o Ceará enfrentou, período esse de 2012 a 2017, de acordo com Brito *et al.* (2017), que ocasionou grande redução do volume de água armazenada nos reservatórios. Em maio de 2012, o estado contava uma capacidade de 48,9% de água acumulada e, em 2017, esse percentual se reduziu para 12,15% (Gondim *et al.*, 2017), o que tornou a população semiárida do Ceará mais vulnerável a perdas de safras.

Assim, diante da dificuldade e dos problemas gerados pela seca no semiárido cearense, as tecnologias sociais da gestão hídrica aparecem como forma alternativa de desenvolvimento sustentável, nas quais o pequeno agricultor tem gestão sobre

---

7. Tecnologia social é um termo usado para designar produtos ou técnicas de baixo custo destinadas a sanar ou mitigar um problema social e implica participação, autonomia e autogestão de seus usuários (Jesus e Costa, 2013).

a água que lhe é oferecida. Nessa perspectiva, este trabalho tem como objetivo verificar se o P1+2 de fato reduziu a vulnerabilidade da população em épocas de seca. Especificamente, este trabalho busca mensurar os efeitos do P1+2 sob a renda, o emprego e a sustentabilidade na produção dos pequenos agricultores do semiárido cearense.

Este artigo, além desta introdução, é constituído por mais quatro seções: a seção 2 é dedicada a apresentar o referencial teórico; a seção 3, a metodologia utilizada; a seção 4, os resultados e as discussões; e, por fim, a seção 5 traz as considerações finais.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Contextualização dos recursos hídricos no Ceará

Em 1777, foi registrado uma das primeiras grandes secas no Ceará, o que ocasionou um severo impacto na economia local. Segundo Taddei, Broad e Pfaff (2007, p. 3), a seca causou, nesse período, “a morte de quase todo o rebanho do estado, encerrando um curto ciclo de desenvolvimento econômico em que o Ceará se tornara o principal produtor de carne da colônia portuguesa”.

Entre 1877 e 1879, outra seca ainda mais severa voltou a atingir o estado, onde se registrou a morte de 500 mil pessoas (Taddei, Broad e Pfaff, 2007). Nesse período, a cidade mais desenvolvida era Fortaleza, sendo essa o centro de migração local. Cerca de 110 mil pessoas abandonaram seus lares no interior para irem em busca de ajuda na capital do estado. Os efeitos da seca de 1877 sobre a sociedade na zona rural do Nordeste, principalmente sobre a sociedade cearense, leva, segundo Taddei, Broad e Pfaff (2007), o governo imperial, e, posteriormente, federal, a alocar seus melhores técnicos na luta contra a seca, utilizando recursos científicos e tecnológicos como armas principais.

Da grande seca de 1877, gerou-se um movimento em torno da realização dos primeiros estudos de previsão e incidência cíclica do fenômeno. Dessa forma, vários estudos na tentativa de entender esse evento e sua previsibilidade foram realizados nas primeiras décadas do século XX (Khan *et al.*, 2005).

A Constituição de 1934 incluiu dispositivo que orientava recursos para auxiliar as vítimas da seca, o que criou uma fonte permanente de recursos para assistência aos flagelados e às obras de combate às secas. A principal estratégia adotada pelo poder público foi a construção e a ampliação de grandes reservatórios de água. Os grandes açudes construídos, embora tenham tido papel importante na política de combate aos efeitos das secas, permitindo a acumulação de grande volume de água, não foram suficientes para evitar que a tragédia se repetisse cada vez que as chuvas faltavam na região (Khan *et al.*, 2005).

Durante o governo de Virgílio Távora (1979-1982), constatou-se que as construções de grandes obras, que provocavam o deslocamento dos emergenciados, foram evitadas a todo custo na programação das ações do governo (Khan *et al.*, 2005). Em 1986, essa dinâmica começou a se modificar quando um novo grupo político ganhou poder no estado e este iniciou um processo de reforma na gestão de água, transferindo parte da responsabilidade da gestão para o estado (Taddei, Broad e Pfaff, 2007). Como informa Khan *et al.* (2005), em 1987 o Ceará passou a ser administrado pelo chamado *governo das mudanças*, que assume posição firme no combate ao clientelismo político e monta um plano de governo nascido do debate com os diversos segmentos da sociedade.

## 2.2 Nova proposta de desenvolvimento do semiárido brasileiro

A expressão do semiárido é refletida na região Nordeste, onde, em virtude das limitações ambientais, o processo produtivo é afetado de forma negativa, principalmente a pequena produção familiar e sua base, que é a agricultura de subsistência (Barbieri, 2011). Além disso, os agricultores familiares têm sérios problemas relacionados à produção, em especial no que diz respeito à assistência técnica e às dificuldades de acesso ao crédito, apesar de políticas públicas voltadas para esse segmento. Nesse contexto, encontra-se, na região Nordeste, o Polígono das Secas, caracterizado por baixa pluviosidade, entre 250 mm e 800 mm anuais. Existem nesse clima duas estações distintas no ano: a chuvosa, que dura de três a cinco meses; e a seca, com duração de sete a nove meses (Maia, 2004<sup>8</sup> *apud* Ramos e Sampaio, 2007).

Com a visão de que a seca era a causadora dos problemas que atingiam o semiárido brasileiro, as políticas públicas elaboradas para esse espaço se baseavam, até a década de 1980, na ideia de “combate à seca” como a solução para os problemas enfrentados pela região. Apenas a partir da década de 1990 é que as concepções a respeito dos problemas enfrentados pelo semiárido perpassavam por questões além da pluviometria, iniciando as discussões sobre uma cultura de convivência com a região (Diniz e Piraux, 2011).

A reconfiguração desse ciclo de políticas foi especialmente influenciada pela Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (ECO-92) e pela emergência do conceito de desenvolvimento sustentável. No semiárido, esse conceito se apoia e mistura a noção de convivência com esse espaço.<sup>9</sup> Essa adaptação consiste também na produção e na estocagem, em tempos de chuva, para viver bem em tempos de seca, especialmente do armazenamento de água. Portanto, a elaboração dessas novas estratégias de desenvolvimento para a região demanda uma intensa participação da sociedade civil, visto que é reconhecido

8. Maia, G. N. *Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades*. São Paulo: D e Z Editora, 2004. 413 p.

9. Segundo Silva (2007), a ideia de convivência com o semiárido é pautada na questão da adaptação inteligente por parte do agricultor.

internacionalmente que qualquer solução para crise de água envolve o aumento da participação dos principais interessados na governança da água (Diniz e Piraux, 2011; Moraes e Rocha, 2013).

Em meio à necessidade de criar uma política consistente de desenvolvimento da região semiárida, pautada nos princípios da convivência com a região e suas características, em 1999, durante a Convenção das Nações Unidas para o Combate à Desertificação, na terceira Conferência das Partes (COP3), em Recife, foi instituída a ASA. Essa instituição é formada por mais de 3 mil organizações da sociedade civil de distintas naturezas – sindicatos rurais, associações de agricultores e agricultoras, cooperativas, ONGs, organização da sociedade civil de interesse público (Oscip) etc.<sup>10</sup>

Ainda em 1999, a Agência Nacional de Águas (ANA) negociou com o governo federal o P1MC, que teve início em 2001, sendo executado desde então pela ASA (Neves *et al.*, 2010). Nesse sentido, o P1MC é um programa que propõe a implementação de uma tecnologia simples de convivência com o semiárido (cisternas de placa), uma tecnologia social de armazenamento de água da chuva capaz de suprir as necessidades de consumo humano de uma família com cerca de cinco membros por um ano (Neves *et al.*, 2010).

A proposta iniciada pela ASA com o P1MC tem a missão de oferecer água de qualidade para o consumo humano da população do semiárido. Além de melhorias de saúde, o programa confere a essa população a diminuição de dependência política e de desperdício e a agregação ao meio ambiente.

A ideia inspiradora para esse projeto tem como base os resultados satisfatórios sobre ações de que visam à captação e ao armazenamento de água de chuva por meio de cisternas que, há mais de vinte anos, diversas organizações da sociedade civil já haviam implantado no semiárido nordestino, integradas a um processo educativo para o bom gerenciamento do seu uso.

O objetivo principal desse programa é dar condições de acesso à água para consumo durante o período da estiagem para a população do semiárido, fazendo com que as famílias tenham melhorias na qualidade de suas vidas. As tecnologias de captação e manejo de água de chuva possibilitam utilizar parte dessa água não aproveitada, que retornaria à atmosfera por evapotranspiração, percorreria para as camadas mais profundas do solo ou escorreria superficialmente para os rios (Gnadlinger, Silva e Brito, 2008). Desde que surgiu, em 2003, até março de 2019, o P1MC construiu cerca de 619.943 cisternas, beneficiando mais de 2,5 milhões de pessoas.<sup>11</sup>

---

10. Para mais informações, acessar: <<https://is.gd/g9sCif>>.

11. Para mais informações, acessar: <<https://is.gd/g9sCif>>.

Em 2007, a ASA inicia o P1+2 que tem como objetivo a consolidação das estratégias de convívio com o clima semiárido. Nesse programa, são adotadas tecnologias simples e baratas que os agricultores possam dominar.<sup>12</sup> São muitas as técnicas para captar água e utilizar na produção de alimentos. A ASA trabalha com as seguintes tecnologias: cisterna calçadão, cisterna de enxurrada, barragem subterrânea, tanque de pedra, barragem trincheira e bomba d'água popular.

Embora o P1+2 tenha como referência a experiência chinesa, o programa conta com o acervo tecnológico e de conhecimentos desenvolvidos pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Semiárido, bem como com as experiências das diversas comunidades sertanejas na luta terra-água por uma convivência sustentável, que se constituem na base do desenvolvimento do semiárido brasileiro (Gnadlinger, Silva e Brito, 2008).

As cisternas construídas pelo programa têm capacidade para armazenar 52 mil litros de água e cerca de 3 mil mililitros de precipitação são suficientes para que fiquem cheias.<sup>13</sup> Como desdobramento, as famílias cercam a área e, em volta dela, fazem os canteiros para produzir os produtos básicos para a segurança alimentar. Muitas vezes, o uso dessa tecnologia para captar água de chuva para a produção vem acompanhado da mandala, outra tecnologia voltada para usar racionalmente a água captada (Malvezzi, 2007).

A produção de alimentos baseia-se na lógica de agroecologia, ou seja, sem a utilização de qualquer insumo químico. O destino da produção atende à demanda familiar e, em muitos casos, há comercialização de excedente em feiras agroecológicas nas próprias comunidades e até no Programa de Aquisição de Alimentos (PAA) e no Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE).

As ações do P1+2, assim como do P1MC, fazem parte do Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com Semiárido, portanto os critérios de participação são iguais para ambos os programas. A pretensão é de oferecer o maior número possível de cisternas, entretanto, dada a limitação do programa, existem alguns critérios para dar prioridade de participação para os domicílios mais vulneráveis. Desse modo, os domicílios que têm prioridade são os que: são chefiados por mulheres; possuem crianças de 0 a 6 anos; possuem crianças frequentando a escola; há pessoas de 65 anos ou mais; e possuem pessoas com deficiência física ou mental.<sup>14</sup>

---

12. O projeto concentra esforços para fomentar a elaboração de processos participativos de gestão hídrica, os quais visam promover a soberania, a segurança alimentar e nutricional e a geração de emprego e renda às famílias agricultoras, por meio do acesso e manejo sustentáveis da terra e da água para produção de alimentos. Disponível em: <<https://is.gd/g9sCif>>.

13. Para mais informações, acessar: <<https://is.gd/g9sCif>>.

14. Informações disponíveis em: <<https://is.gd/g9sCif>>.

## 2.3 Aspectos conceituais

### 2.3.1 Sustentabilidade e desenvolvimento sustentável

A sustentabilidade define ações e atividades que visam suprir as necessidades atuais da sociedade, sem prejudicar as gerações futuras. Em um conceito sistemático, sustentabilidade está relacionada à continuidade dos aspectos econômicos, sociais, culturais e ambientais da sociedade. De acordo com Bellen (2004), a base do conceito de sustentabilidade é a utilização dos serviços da natureza dentro do princípio da manutenção do capital natural, isto é, o aproveitamento dos recursos naturais dentro da capacidade de carga do sistema. Ainda para o autor, a sustentabilidade requer um padrão de vida dentro dos limites impostos pela natureza.

Segundo Bellen (2004), a sustentabilidade parte do princípio de que se deve viver dentro da capacidade do capital natural disponível em cada localidade. Ao complementar essa ideia, Caron (2003, p. 43<sup>15</sup> *apud* Bellen, 2004) afirma que “a sustentabilidade do desenvolvimento local é dada pelo desenvolvimento do ser humano que possibilita a constante inovação e renovação do processo de desenvolvimento econômico, social, ambiental, cultural, político, institucional”.

Assim, a sustentabilidade assume um novo critério básico e integrador, que, conforme Jacobi (2003), precisa estimular permanentemente as responsabilidades éticas, na medida em que a ênfase nos aspectos extraeconômicos serve para reconsiderar os aspectos relacionados com a equidade, a justiça social e a ética dos seres vivos.

Há pouco mais de trinta anos, as discussões sobre o esgotamento dos recursos naturais e a preocupação com o meio ambiente e o desenvolvimento sustentável eram mais pontuais, haja vista a espera da evolução do processo tecnológico. Entretanto, a partir da década de 1990, surgiu a consciência de que os problemas ambientais já haviam atingido um alto grau de extensão, que representavam um verdadeiro desafio à sobrevivência da humanidade (Mikhailova, 2004).

Em junho de 1972, na Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, realizada em Estocolmo, é concebido o termo *desenvolvimento sustentável*. O esgotamento dos recursos naturais frente ao modelo de desenvolvimento econômico dos países hegemônicos “foi o grande precursor desta conferência que mobilizou vários países numa discussão que ainda permeia as agendas governamentais” (Oliveira, 2008, p. 10).

Uma sociedade só é dita sustentável quando não produz nenhum elemento capaz de afetar de forma negativa o meio ambiente. Assim, conforme Mikhailova (2004, p. 4-5), “desenvolvimento sustentável é aquele que melhora a qualidade

---

15. Caron, A. *Inovações tecnológicas nas pequenas e médias empresas industriais em tempos de globalização: o caso Paraná*. 2003. Tese (Doutorado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

de vida do homem na Terra ao mesmo tempo em que respeita a capacidade de produção dos ecossistemas nos quais vivemos”. O desenvolvimento sustentável caracteriza-se, portanto, não como estado fixo de harmonia, mas, sim, como um processo de mudanças, no qual se compatibilizam a exploração de recursos, o gerenciamento de investimento tecnológico e as mudanças institucionais como o presente e o futuro (Canepa, 2007<sup>16</sup> *apud* Oliveira, 2008).

Atualmente, o conceito de desenvolvimento sustentável foi definido na Cúpula Mundial em 2002, envolvendo, segundo Mikhailova (2004, p. 7), “a definição mais concreta do objetivo de desenvolvimento atual (a melhoria da qualidade de vida de todos os habitantes) e ao mesmo tempo distingue o fator que limita tal desenvolvimento e pode prejudicar as gerações futuras (o uso de recursos naturais além da capacidade da Terra)”. Mikhailova (2004, p. 6) destaca que “por enquanto o desenvolvimento sustentável pode requerer ações distintas em cada região do mundo, os esforços para construir um modo de vida verdadeiramente sustentável requerem a interação de ações em áreas-chave”:

I – Crescimento e equidade econômica: os sistemas econômicos globais, hoje interligados, demandam uma abordagem integrada para promover um crescimento responsável de longa duração, ao mesmo tempo em que asseguram em nenhuma nação ou comunidade seja deixada para trás.

II – Desenvolvimento social: em todo o mundo, pessoas precisam de emprego, alimento, educação, energia, serviço de saúde, água e saneamento. Enquanto discutem-se tais necessidades, a comunidade mundial deve também assegurar que a rica matriz de diversidade cultural e social e os direitos trabalhistas sejam respeitados, e que todos os membros da sociedade estejam capacitados a participar na determinação de seus futuros.

III – Conservação de recursos naturais e do meio ambiente: para conservar nossa herança ambiental e recursos naturais para as gerações futuras, soluções economicamente viáveis devem ser desenvolvidas com o objetivo de reduzir o consumo de recursos, deter a poluição e conservar os habitats naturais.

Portanto, para pensar em desenvolvimento sustentável, é necessário de imediato levar em consideração o problema da escassez dos recursos naturais e, a partir daí, traçar um planejamento de longo prazo para um caminho que garanta o desenvolvimento integrado e participativo e que considere a valorização e o uso racional dos recursos naturais (Matos e Rovella, 2010). Neste estudo, será considerada a questão da sustentabilidade ambiental e do desenvolvimento sustentável na produção agrícola, que pode ser entendido como a utilização de práticas de cultivo com menor dano ao ambiente, mas que, ao mesmo tempo, permita a sobrevivência dos agricultores.

---

16. Canepa, C. *Cidades sustentáveis: o município como lócus da sustentabilidade*. São Paulo: Editora RCS, 2007.

### 3 METODOLOGIA

#### 3.1 Base de dados

A área de estudo escolhida para a pesquisa foi o semiárido cearense, devido à sua histórica exposição a períodos recorrentes de estiagem e ao grande número de famílias beneficiadas com o programa P1+2, em que, até março de 2019, foram construídas 13.403 cisternas para produção agrícola.<sup>17</sup> Como subárea, optou-se pelo município de Iguatu, localizado na região centro-sul do estado, uma área suscetível a longos períodos de estiagem, devido a seu clima tropical semiárido, caracterizado pela irregularidade de chuvas no tempo-espaço, assim como são outros 98 municípios cearenses. Esse é um município com características similares a maioria dos demais do estado e com temperaturas acima dos 25°C.<sup>18</sup> Dessa forma, os resultados encontrados para esse município podem dar informações que possam ser extrapoladas para outras áreas do Ceará.

Os dados são de origem primária, obtidos por meio de questionários aplicados junto às famílias beneficiadas e não beneficiadas pelo programa durante julho de 2018. Ademais, este estudo tem uma natureza exploratória e bibliográfica, uma vez que, conforme descrição de Gil (1991), esse tipo de pesquisa envolve levantamento bibliográfico e visa proporcionar maior familiaridade com um dado problema com vistas a torná-lo explícito. Nesse sentido, serão realizados levantamentos bibliográficos a partir de material já publicado.

#### 3.2 Dimensionamento da amostra

A estimativa do tamanho da amostra de beneficiários foi calculada de acordo com Fonseca e Martins (1996), para populações finitas do tipo aleatória simples. Para determinar a fórmula do dimensionamento, segue-se o procedimento a seguir:

$$n = \frac{\sigma^2 * p * q * N}{e^2 * (N - 1) + \sigma^2 * p * q}, \quad (1)$$

em que  $n$  refere-se ao tamanho da amostra;  $\sigma$ , ao nível de confiança escolhido, expresso em número de desvio;  $p$ , à percentagem a qual o fenômeno se verifica;  $q$ , à percentagem complementar;  $N$ , ao tamanho da população; e  $e$ , ao erro máximo permitido.

O P1+2 beneficia 101 famílias no município de Iguatu. Ao serem considerados um nível de confiança de 90% e um erro máximo de 10%, assumindo que há 50% de chance de o evento ocorrer, obteve-se uma amostra de quarenta famílias.

17. Informações disponíveis em: <<https://is.gd/g9sCif>>.

18. Disponível em: <<https://is.gd/RlFpyZ>>.

### 3.3 Construção dos índices

Os índices trazidos nesta pesquisa têm como finalidade proporcionar uma maior elucidação das características dos beneficiários e não beneficiários do P1+2, tentando estabelecer uma análise comparativa entre os grupos. Foram usados os índices ambientais (IA) e os índices econômicos (IE), e a forma como estes foram construídos está apresentada na equação (2):

$$IX = \frac{1}{W} \sum_{y=1}^w IY, \quad (2)$$

em que  $IX$  é igual ao índice (IA ou IE);  $I$ , ao *score* do  $y$ -ésimo indicador;  $Y$ , a 1, 2, ...,  $w$  (indicador); e  $W$ , ao número de indicadores.

O IA e/ou o IE podem variar de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1, maior o nível atingido pelos entrevistados a respeito de um determinado tema. Podem-se classificar os índices de acordo com o proposto por Damasceno, Khan e Lima (2011, p. 137):

- I) Baixo nível  $0 < IA/IE \leq 0,5$
- II) Médio nível  $0,5 < IA/IE \leq 0,8$
- III) Alto nível  $0,8 < IA/IE \leq 1$

O IA é formado pelas variáveis relacionadas ao modo de produção, por exemplo, se o produtor: faz queimadas; usa esterco para fertilizar o solo; realiza plantio direto; aguarda o descanso de terra; faz rotação de culturas; usa fertilizante químico, arado mecânico e sementes resistentes; faz capina manual ou por meio de tração animal; usa herbicida; faz adubação verde; faz quebra-vento; usa agrotóxico e/ou extratos vegetais; e faz conservação do solo. Por sua vez, o IE é feito a partir das variáveis relacionadas aos bens duráveis, por exemplo: se no domicílio possui geladeira, fogão a gás, máquina de costura, televisão, motocicleta etc.

### 3.4 Modelo econométrico

Para que seja possível alcançar os objetivos deste trabalho, foi usado o método *propensity score matching*, a fim de termos as diferenças entre o grupo que recebeu o P1+2 e o que não possui a tecnologia. O *propensity score matching* foi criado por Rosenbaun e Rubin em 1983 para resolver o problema de viés de seleção que algumas metodologias encontravam, ao fazer tal comparação, pois não possuíam um suporte comum entre os grupos distintos.

O método pode ser implantado a partir de uma variável de controle, o *propensity score*  $P(x)$ , definido com a probabilidade condicional de um indivíduo pertencer ao grupo de beneficiários, dadas as suas características observáveis (Rosenbaun e Rubin, 1983), isto é:

$$P(x) = \Pr(C = 1 | x) . \quad (3)$$

Assim, segundo Rosenbaun e Rubin (1983), com base no *average treatment effect on the treated* (ATT), ou seja, no efeito médio dos programas avaliados sobre os beneficiários, tomando como hipótese a existência de um vetor de características observáveis  $X$ , sendo vinculado de forma condicional a este, as unidades terão a mesma probabilidade de serem escolhidas para compor os grupos de beneficiários ou não beneficiários, isto é,  $y^{As}, y^{com}, \perp C | X$ . Isso pode ser encontrado da seguinte maneira:

$$ATT = E\{E[y^{com} | C = 1, P(X)] - E[y^{As} | C = 1, P(X) | C = 1]\} . \quad (4)$$

Com o *propensity score*, é possível ajustar os vieses entre os grupos de beneficiários e não beneficiários, porém, segundo Sampaio, Sampaio e Duarte (2010, p. 8), para a sua aplicação é necessário assumir duas hipóteses:

- I) Balanceamento das características observáveis: a seleção da amostra requer que a participação nos programas seja independente dos resultados; e
- II) Existência de um suporte comum, isto é,  $0 < P(X) < 1$ , para que exista um indivíduo no grupo de beneficiários para cada indivíduo no grupo de não beneficiários.

#### 3.4.1 Cálculo do *propensity score*

Uma vez que não se conhece o *propensity score*  $P(X)$  cabe, entretanto, sua estimação. Para isso, faz-se necessário estimar uma regressão *logit/probit* para encontrar a probabilidade de os indivíduos participarem ou não do grupo de tratamento, ante suas características observáveis ( $X$ ). As variáveis independentes são aquelas que podem afetar a participação ou não do indivíduo no programa. A variável dependente é uma *dummy* que assume valor 1 para o caso de o indivíduo pertencer ao grupo tratado e 0 para o caso de o indivíduo pertencer ao grupo de controle. As demais variáveis do modelo (independentes) estão apresentadas no apêndice A.

A escolha do modelo binário para se estimar a probabilidade de participação no programa é feita considerando diversos critérios como a significância dos coeficientes estimados, feita em modelos binários pela razão de máxima verossimilhança. Uma outra estatística considerada para avaliar o ajustamento do modelo é o Pseudo  $R^2$ , que revela o poder explicativo do modelo. Foram usados também os critérios de *informação de Akaike* (AIC) e de *informação bayesiano* (BIC), o percentual de casos corretamente classificados e a área sob a curva *receiver operating characteristic* (ROC). Esta última é uma medida sobre a capacidade de o modelo discriminar as categorias da variável dependente (Fávero, 2014).

A segunda etapa do modelo consiste na formação dos pares de beneficiários e não beneficiários que possuem *score* de propensão o mais semelhante possível, o que possibilita a análise dos impactos dos programas por meio do pareamento (Maia, 2012).

### 3.4.2 Pareamento ou *matching* e cálculo do ATT

Diferentes procedimentos para realizar o pareamento entre os *scores* de propensão das unidades tratadas e os *scores* de propensão das unidades do grupo de controle e tratado podem ser usados. De acordo com Gandra e Rodrigues (2017), as técnicas mais usadas são: pareamento por vizinho mais próximo (*nearest-neighbor matching*), pareamento radial (*radius matching*) e pareamento de Kernel (*Kernel matching*).

No pareamento por vizinho mais próximo, cada unidade de tratamento é correspondida à unidade de comparação com o *score* de propensão mais próximo. Pode-se também escolher  $n$  vizinhos mais próximos e fazer correspondência (geralmente  $n = 5$  é usado). A correspondência pode ser feita com ou sem reposição. A correspondência com reposição, por exemplo, significa que o mesmo não participante pode ser usado como uma correspondência para diferentes participantes (*handbook*). O pareamento com reposição apresenta a vantagem de se evitar pareamentos pobres, resultando em redução do viés, porém tem como consequência o aumento da variância das estimativas, em virtude da redução do número de observações distintas (Rodrigues, 2016).

No pareamento radial, cada unidade tratada é comparável apenas com as unidades de controle cujos *scores* de propensão estejam contidos em uma vizinhança de *score* de propensão de unidades tratadas definidas *a priori*. Se a dimensão da vizinhança (o raio) é muito pequena, há a chance de que algumas unidades tratadas não sejam pareadas devido à falta de unidades de controle na vizinhança estabelecida; por sua vez, quanto menor for a vizinhança estabelecida, melhor a qualidade do pareamento (Becker e Ichino, 2002).

No pareamento de Kernel, todas as unidades tratadas são combinadas com uma média ponderada de todas as unidades do grupo de controle, com pesos que são inversamente proporcionais à distância entre os *scores* de propensão de tratados e controles (Becker e Ichino, 2002). Neste trabalho, o método de pareamento a ser analisado seguirá o critério de melhor equilíbrio entre as unidades de controle e tratamento, ou seja, o menor Pseudo  $R^2$  (Caliendo e Kopeining, 2008). O respectivo teste está localizado no apêndice B.

Maia (2012) afirma que os sinais negativos ou positivos dos ATTs indicam o provável impacto dos programas na variável de resultado analisada. Após feito o procedimento do *propensity score matching*, faz-se o teste de sensibilidade *Rosenbaum bounds*, para verificar se há viés de não observáveis.

### 3.4.3 Análise de sensibilidade

Quando há variáveis que não foram observadas e que são divergentes entre o grupo de controle e tratamento, essas mesmas variáveis podem afetar as variáveis de resultado, ou seja, os resultados podem estar enviesados. Como não é possível estimar o tamanho do viés existente nos dados, Rosenbaum (2002) propôs uma forma de verificar se o viés afeta os resultados por meio do *Rosenbaum bonds* (Rosenbaum, 2002; Diprete e Gangl, 2004).

A análise de sensibilidade pode ser utilizada para testar a robustez dos resultados à presença de viés devido a uma covariável omitida (Chagas, 2009). Neste trabalho, a análise de sensibilidade visa verificar se há viés de não observáveis que mascarem algum efeito do P1+2 sob renda, emprego e sustentabilidade na produção dos agricultores iguatenses.

O método reconhece dois indivíduos a partir de suas características observáveis,  $i$  e  $j$ , considerando que a probabilidade de participação do indivíduo  $i$  no tratamento é:

$$\tau_i = \Pr(D_i = 1|x_i) = F(\beta x_i + \gamma u_i), \quad (5)$$

em que  $x_i$  são as características observadas do indivíduo  $i$ ;  $u_i$  corresponde à variável não observada; e  $\gamma$  diz respeito ao efeito de  $u_i$  sobre a decisão de participação no programa. Quando não há viés de seleção,  $\gamma$  será igual a zero, portanto a participação do programa se dá exclusivamente pelas características observadas. Entretanto, se houver viés de seleção, dois indivíduos com as mesmas covariáveis observadas  $x$  terão diferentes chances de receber o tratamento  $\frac{\pi_i}{1-\pi_i}$  e  $\frac{\pi_j}{1-\pi_j}$ .

A razão de chance de participar do programa é dada por:

$$\frac{\frac{\pi_i}{1-\pi_i}}{\frac{\pi_j}{1-\pi_j}} = \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} = \frac{\exp(\beta x_j + \gamma u_j)}{\exp(\beta x_i + \gamma u_i)} \exp[\gamma(u_i - u_j)]. \quad (6)$$

Se os indivíduos tiverem as mesmas características observáveis, então os termos  $\beta x$  se cancelam. Desse modo, se não houver diferenças nas variáveis não observadas ( $u_i = u_j$ ) e se estas variáveis não influenciarem a probabilidade de participação ( $\gamma = 0$ ), a razão de chance será igual a 1, implicando a não existência de viés de seleção. Os limites da razão de probabilidades de participação no tratamento são expressos da seguinte forma:

$$\frac{1}{e^\gamma} \leq \frac{\pi_i(1-\pi_j)}{\pi_j(1-\pi_i)} \leq e^\gamma. \quad (7)$$

Os indivíduos pareados possuem a mesma probabilidade de participação apenas se  $e^{\gamma} = 1$ . Entretanto, se  $e^{\gamma} = 2$ , então os indivíduos aparentemente similares em termos de  $x$  irão diferir em suas probabilidades de receberem o tratamento por um fator de até 2. Assim, segundo Rosenbaum (2002),  $e^{\gamma}$  seria a medida do grau de ruptura a partir de um estudo livre de viés de seleção.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção se destina a apresentar os resultados da pesquisa de campo realizada em Iguatu-CE e encontra-se estruturada em três subseções: a subseção 4.1 conta com a explanação das estatísticas descritivas, a fim de evidenciar o perfil sociodemográfico dos beneficiários do P1+2; a subseção 4.2 destina-se a apresentar os resultados do efeito do tratamento sob os tratados a partir da aplicação do *propensity score matching*; e a subseção 4.3 dedica-se a apresentar a análise de sensibilidade pelo método dos limites de Rosenbaum.

##### 4.1 Perfil sociodemográfico dos beneficiários do programa P1+2 em Iguatu-CE

A tabela 1 traz uma comparação entre os não beneficiários e os beneficiários do P1+2 do município de Iguatu. Nela é possível observar, já de início, que a amostra é composta em maior parte por pessoas do sexo masculino, o que sugere a manutenção da estrutura patriarcal no campo, onde os homens são os tomadores de decisão quanto à produção. Essa mesma estrutura também é captada em diversos outros trabalhos sobre a agricultura familiar cearense, como nos elaborados por Calvelli, Loreto e Silva (2014) e por Boni (2005). Entretanto, como aqui a produção trata-se também da criação e do cuidado de quintais produtivos, as mulheres, apesar de serem a minoria, representam uma parcela relativamente maior do que quando se trata apenas da agricultura tradicional.

Pelo exposto no teste qui-quadrado de Pearson, com 5% de significância, inexistiu diferença entre os grupos de controle tratamento no que concerne à distribuição por gênero.

No que diz respeito aos grupos etários em que os agricultores fazem parte, nota-se que a idade média do grupo de controle é menor, cerca de 47 anos, e o grupo tratado possui em média 55 anos. Essa diferença significativa de quase dez anos entre os grupos pode ser explicada pelos próprios princípios do programa, onde há a prioridade em atender a domicílios que tenham idosos como componentes. Em ambos os grupos, há uma concentração maior de agricultores nas idades de 41 a 60 anos, ou seja, são os mais velhos que administram o empreendimento agrícola, e isso pode indicar a redução de filhos dispostos a herdar a atividade e a propriedade agrícola, por diferentes motivos, entre eles a baixa remuneração da atividade e as dificuldades climáticas existentes na região.

**TABELA 1**  
**Frequência absoluta e relativa das características dos beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu-CE (2018)**

Características	Não beneficiários		Beneficiários		Total		Testes
	Absoluto	Proporção (%)	Absoluto	Proporção (%)	Absoluto	Proporção (%)	
Gênero	Masculino	56	62,22	26	65,00	82	63,08
	Feminino	34	37,78	14	35,00	48	36,92
	Total	90	100,00	40	100,00	130	100,00
Faixa etária	≤ 29	18	20,00	2	5	20	15,00
	30   40	16	18,00	4	10	20	15,00
	40   50	14	16,00	8	20	22	17,00
	50   60	22	24,00	7	18	29	22,00
	≥ 60	20	22,00	19	48	39	30,00
	Média	47,21		55,72			
Estado civil	Não casado	41	46,00	14	35	55	42,31
	Casado	49	54,00	26	65	75	57,69
	Total	90	100,00	40	100	130	100,00
Tamanho da família	1	13	14,00	4	0,1	17	13,00
	2	29	32,00	10	0,25	39	30,00
	3	25	28,00	11	0,275	36	28,00
	4	10	11,00	7	0,175	17	13,00
	5	10	11,00	6	0,15	16	12,00
	6	2	2,00	2	0,05	4	3,00
	7	1	1,00	0	0	1	1,00
	Média	2,83		3,17			
Condição do entrevistado	Não proprietário	35	49,00	8	20	43	33,00
	Proprietário	55	61,00	32	80	87	67,00
Condição do domicílio	Própria	82	91,11	34	85,00	116	89,23
	Não própria	8	8,89	6	15,00	14	10,77
	Total	90	100,00	40	100,00	130	100,00

Elaboração dos autores.

Obs.: \* valores significantes a 1%; \*\* valores significantes a 5%.

Em relação ao estado civil dos entrevistados, a maior parte da amostra se compõe por indivíduos casados. No grupo de tratados, a proporção de casados é maior que no grupo de controle, entretanto, como mostra o teste qui-quadrado de Pearson, essa diferença entre as proporções do estado civil dos indivíduos não é estatisticamente significativa.

A quantidade de pessoas que compõem um domicílio rural é apontada como um elemento importante para a manutenção das famílias nesse espaço, pois um maior número de membros significa uma maior probabilidade de um domicílio diversificar suas atividades e, com isso, obter um maior rendimento. No caso tratado neste estudo, pode-se observar que o tamanho médio dos domicílios é de cerca de três membros, e isso confirma uma gama de estudos e evidências que apontam para a diminuição do tamanho médio das famílias, aliado ao envelhecimento da população rural e à menor taxa de fecundidade, somada à maior atratividade das atividades urbanas, e que impulsionam o fenômeno do esvaziamento rural que ocorre no Brasil desde a década de 1960 (Sakamoto, Nascimento e Maia, 2016).

A condição do agricultor em relação à terra é encarada em muitos estudos como um aspecto determinante da renda agrícola, pois parte das decisões da administração do estabelecimento rural é tomada pelo proprietário, assim como alguns benefícios facilitados, como a concessão de crédito. Alves (2011) aponta a posse do estabelecimento como um elemento que exerce influência direta ou indireta na adoção da tecnologia a ser utilizada na produção e isso impacta na produtividade. No caso aqui analisado, a maior parte dos entrevistados é de proprietários, e, a partir do teste qui-quadrado de Pearson, nota-se que há diferença significativa a favor do grupo de tratamento, o que sugere que nesse grupo há mais proprietários do que no grupo de controle, corroborando o que diz Alves (2011). Quanto à condição de moradia, observa-se que a grande maioria de entrevistados possui casa própria. O teste qui-quadrado de Pearson revela a inexistência de diferença significativa entre os grupos.

Além das outras variáveis de resultado, foram verificados os efeitos do programa sobre dois índices que se encontram na tabela 2: o IA, que é composto pelos aspectos referentes às práticas agrícolas; e o IE, que é construído a partir da posse de bens duráveis.

TABELA 2  
**IA e IE para os beneficiários e não beneficiários do P1+2 em Iguatu-CE (2018)**

Índices	Beneficiários	Não beneficiários	Diferença	T teste
IA	0,3427	0,1539	0,1887	6,0617*
IE	0,6750	0,6297	0,0450	1,3800

Elaboração dos autores.  
 Obs.: \* valor significante a 1%.

O IA apresenta um índice qualificado, segundo a metodologia adotada, como de baixo nível nos dois grupos, ressaltando o uso das práticas pouco compatíveis com um modo de produção mais sustentável. Há diferença estatisticamente significativa entre os grupos beneficiário e não beneficiário, e o primeiro apresenta um valor mais que duas vezes superior em relação ao segundo.

Isso pode ser atribuído ao fato de as práticas usadas pelos agricultores do semiárido cearense ainda conservarem modos arcaicos, como as queimadas, a ausência de rotação de cultura e a circunstância de poucos fazerem conservação do solo e utilizarem métodos naturais defensivos, com caldas e extratos vegetais. Há uma dificuldade de acesso a modos mais sustentáveis de produção, por serem agricultores de pequeno porte e com nível educacional baixo.

O IE apresenta valores classificados como mediano para ambos os grupos, entretanto não apresenta diferença significativa entre os beneficiários e os não beneficiários, sugerindo que uma maioria significativa das famílias de ambos os grupos possuem itens considerados como bens duráveis.

#### 4.2 Inferências a partir da aplicação do *propensity score matching*

A estimação do *propensity score matching* foi feita usando o modelo de escolha binário *logit*, que foi escolhido a partir de alguns testes comparativos expostos na tabela 3. Como pode ser visto, os critérios de decisão entre os modelos são compostos por seis testes: o Pseudo R<sup>2</sup>; a proporção de casos corretamente classificados; a área sob a curva ROC, que vai indicar o poder discriminatório do modelo; a função de máxima verossimilhança; o AIC; e o BIC.<sup>19</sup>

TABELA 3  
Testes de ajuste do modelo logístico (2018)

Crítérios	<i>Logit</i>	<i>Probit</i>
Pseudo R <sup>2</sup>	0,7009	0,6886
Proporção de casos corretamente classificados (%)	93,59	91,03
Área sob a curva ROC	0,9796	0,9763
Função de máxima verossimilhança	-16,1397	-16,8022
AIC	60,2795	61,6046
BIC	93,2734	94,5985

Elaboração dos autores.

19. Tanto o AIC quanto o BIC aumentam conforme aumenta a soma do quadrado dos erros (SQE). Além disso, os valores menores de AIC e BIC são preferíveis (Rodrigues, 2016).

O *logit* foi selecionado para estimar o efeito do P1+2 porque obteve vantagem no percentual dos casos corretamente classificados, na curva ROC, maior Pseudo  $R^2$  e tem valores um pouco menores nos critérios AIC e BIC. Entretanto, ambos os modelos apresentam coeficientes muito semelhantes.

A tabela 4 apresenta as informações sobre as propensões a serem beneficiárias do P1+2, dadas algumas características. Além disso, percebe-se que a idade do indivíduo é um fator que contribui positivamente para a participação no programa, ou seja, a cada ano a mais na idade, a chance de participar no programa aumenta em 0,05 pontos percentuais (p.p.). Um outro fator que contribui positivamente para a participação no P1+2 são os anos de estudo, que, a cada ano a mais estudado, o indivíduo aumenta em 0,11 p.p. a sua probabilidade de ser beneficiário.

TABELA 4

**Modelo logístico e os efeitos marginais para beneficiários e não beneficiários do P1+2 (2018)**

Variáveis	Coefficiente	P valor	Efeitos marginais	P valor
Idade	0,2135	0,032**	0,0523	0,020**
Anos de estudo	0,4826	0,050**	0,1182	0,036**
Número de homens agricultores	3,3807	0,013**	0,8281	0,014**
Número de mulheres agricultoras	6,3814	0,002***	1,5631	0,002***
Outro trabalho temporário	8,4353	0,020**	2,0666	0,010**
Participação de associação	1,4107	0,302	0,3455	0,289
Condição do domicílio – própria	-6,7508	0,106	-1,6536	0,077
Condição do entrevistado (terra)	1,9767	0,034*	0,4842	0,033**
Recebe assistência técnica	5,1051	0,005***	1,2505	0,003**
Crédito rural	0,4366	0,333	0,1069	0,328
Usa fertilizante químico	8,4125	0,006***	2,0606	0,003***
Uso de herbicidas	2,9937	0,039**	0,7333	0,030**
Falta de água em tempos de seca	-9,4257	0,005***	-2,3088	0,005***

Elaboração dos autores.

Obs.: \*significante a 10%; \*\* significante a 5%; \*\*\* significante a 1%.

As variáveis relacionadas ao trabalho dos entrevistados possuem grande influência na propensão a ser beneficiária do programa avaliado. O número de homens que trabalham com a agricultura no domicílio é um fator de influência positiva já esperado pelo simples fato de o programa ser destinado aos agricultores, e o número de mulheres agricultoras nos domicílios é reforçado pelo P1+2, pois as incentiva a: desenvolver os quintais produtivos; ampliar a oferta e a diversidade de alimentos à disposição da família; e produzir excedente (Souza, 2014). Quando há no domicílio alguém que tem um outro trabalho temporário, fora da agricultura, é um fator que também contribui com a chance de participar no programa.

A condição do entrevistado em relação à terra mostra que, para esse caso, quando se passa de ocupante para outra categoria, como meeiro, arrendatário ou proprietário, a chance de ser beneficiário do programa aumenta em 0,48 p.p. Isso pode ser explicado recorrendo à tabela 1, na qual se nota que a grande maioria dos beneficiários detém a posse das terras em que produzem.

Quando o agricultor recebe assistência técnica, a probabilidade de pertencer ao grupo de beneficiários aumenta em 1,25 p.p. Usar fertilizante e herbicida na produção também são fatores que favorecem a propensão a participar do programa. Esses fatores citados podem ser postos como características que indicam certa modernidade de técnicas, ou simplesmente a expansão do setor de agroquímicos.

No questionário, havia a pergunta sobre os problemas enfrentados com a falta de água em tempos de seca. Os beneficiários do P1+2, em sua maioria, declaram não sofrer muito com essa questão ao compararem sua situação com os moradores não beneficiados. Por isso, vemos que há uma relação negativa entre a última variável e a probabilidade em participar do programa.

A tabela 5, a seguir, traz as diferenças de médias das características observáveis antes e depois de realizar o pareamento por vizinho mais próximo. Essa análise é feita para verificar se há diferença significativa entre os grupos de tratado e controle. A hipótese do modelo não é violada quando não há diferença significativa entre as médias dos grupos.

**TABELA 5**  
**Diferenças nas médias das características observáveis antes e após o pareamento (2018)**

Observáveis	Antes do pareamento			Após o pareamento		
	Tratado	Controle	P>  t	Tratado	Controle	P>  t
Idade	55,72	47,2	0,007	53,47	60,004	0,147
Anos de estudo	3,37	5,77	0,005	3,88	4,58	0,623
Número de homens agricultores	1,20	0,52	0,000	1,23	0,88	0,119
Número de mulheres agricultoras	0,51	0,12	0,000	0,41	0,51	0,591
Outro trabalho temporário	0,33	0,24	0,301	0,23	0,035	0,093
Participação de associação	0,75	0,54	0,067	0,64	0,63	0,945
Condição do domicílio – própria	0,85	0,91	0,303	0,94	1,00	0,325
Condição do entrevistado (terra)	3,6	3,28	0,117	3,70	3,62	0,714
Recebe assistência técnica	0,94	0,33	0,000	0,94	0,90	0,709
Crédito rural	0,55	0,33	0,020	0,94	0,32	0,308
Usa fertilizante químico	0,86	0,72	0,120	0,70	0,61	0,577
Uso de herbicidas	0,51	0,23	0,009	0,29	0,23	0,708
Falta de água em tempos de seca	0,02	0,38	0,000	0,05	0,03	0,755

Elaboração dos autores.

Obs.: P = pareamento por vizinho mais próximo.

Antes do pareamento, foram identificadas diferenças significativas nas médias das variáveis *idade, anos de estudo, número de homens agricultores, número de mulheres agricultoras, recebe assistência técnica, crédito rural, uso de herbicidas e falta de água em tempos de seca*. Após o pareamento, todas as variáveis apresentam a mesma média, ou não apresentam diferenças significativas, ou seja, nenhuma variável rejeitou a hipótese nula de igualdade nas médias dos grupos de controle e tratamento.

Na tabela 6, a seguir, tem-se o efeito do P1+2 sob os agricultores iguatueneses em 2018, calculado por meio do ATT para cada uma das variáveis expressas. Os resultados encontrados foram obtidos pelo método de pareamento por vizinho mais próximo.

TABELA 6  
Efeito do P1+2 sob os agricultores de Iguatu-CE (2018)

Indicador/variável	Amostra	Valores médios dos beneficiários	Valores médios dos não beneficiários	Diferença (ATT) <sup>1</sup>	t-stat
IA	Pareado	0,3444	0,3269	0,0175	0,35
IE	Pareado	0,6568	0,6491	0,0077	0,12
Renda agropecuária/hectare	Pareado	2739,9524	78,8018	2661,1506	2,52*
Renda agrícola/hectare	Pareado	2704,5455	109,1584	2595,3871	5,37*
Emprego agrícola/hectare	Pareado	2,0235	1,5369	0,4865	0,68

Elaboração dos autores.

Nota: <sup>1</sup> O pareamento utilizado para o cálculo do ATT foi o vizinho mais próximo com cinco vizinhos, escolhido pelo critério do menor Pseudo R<sup>2</sup>. A tabela B.1, do apêndice B, reporta os resultados do *PStest* para os *matching* descritos na seção 3.

Obs.: \* significante a 1%.

Os valores significativos dos ATTs indicam, em última instância, que o P1+2 promove impactos nas variáveis em questão. Valores não significativos não permitem que sejam feitas conclusões quanto ao efeito do programa. Assim, nota-se que o P1+2 não mostrou impactos significativos no IA, no IE e na razão do número de trabalhadores por hectare.

Com relação ao IA, o impacto não significativo pode ser devido ao fato de os agricultores da região analisada usarem praticamente as mesmas práticas, nas quais ambos os grupos possuem pouco acesso a métodos mais modernos e, por isso, são bem similares nesse aspecto. Quanto ao IE, a falta de diferença significativa pode ser atribuída às próprias variáveis que são usadas no índice. Não é levada em conta a qualidade desses bens ou quando estes foram adquiridos, portanto, mesmo que haja diferença nesses aspectos, o índice não capta.

A razão entre o número de trabalhadores na agricultura e a quantidade de hectares cultivados por cada família não apresentou diferença significativa. Pode-se atribuir tal resultado ao tamanho dos estabelecimentos (que, em média, são de

pouco mais de três hectares), o que não possibilita a ocupação de muitas pessoas para produzir, contribuindo para a migração campo-cidade em ambos os grupos. Os grupos de tratados e de controle se deparam com a mesma dificuldade em ocupar todos os membros da família na porção de terras que detêm.

Os efeitos estatisticamente significativos do programa foram nas variáveis relacionadas à renda, mais especificamente na razão entre renda agrícola e agropecuária anuais (que foram captadas para 2017) dividida pelos hectares produtivos, que pode ser entendido como a rentabilidade bruta da terra quando são usadas para a agricultura e a agropecuária.

Podem-se atribuir os efeitos positivos do programa à possibilidade de acrescentar uma maior variedade dos cultivos, pois a maioria dos usuários do P1+2 cultiva hortifrúteis e vende o excedente dessa produção, o que permite uma maior renda agrícola no domicílio. Os efeitos positivos sob a renda dos beneficiários desse programa também foram encontrados em Alencar, Justo e Alves (2018) e em Santos (2013).

Além disso, esses maiores rendimentos obtidos pelo grupo de tratamento podem ser uma consequência direta do cumprimento do principal objetivo do programa, que consiste em promover uma melhor convivência com o semiárido, ao aproximar, cada vez mais, os agricultores sertanejos com práticas de gestão de recursos hídricos e acesso a tecnologias de armazenamento de água da chuva. Ao atingir tal objetivo, têm-se como consequências o melhor aproveitamento da terra e uma maior possibilidade de extração de renda dela.

### 4.3 Análise de sensibilidade

A tabela 7 traz a análise de sensibilidade pelo método dos limites de Rosenbaum. Observa-se que todas as variáveis de impacto apresentam resultados robustos à presença de viés de não observáveis. Ou seja, os resultados do impacto do P1+2, nas variáveis de interesse para a região estudada, não apresentam viés de não observáveis.

TABELA 7  
Análise de sensibilidade pelo método de limites de Rosenbaum (2018)

Variável de interesse	$\Gamma$	Sig +	Sig -
IA	1,00	0	0
	1,05	0	0
	1,10	0,000	0
	1,15	0,000	0
	1,20	0,000	0
	1,25	0,000	0
	1,30	0,000	0

(Continua)

(Continuação)

Variável de interesse	$\Gamma$	Sig +	Sig -
IE	1,00	0	0
	1,05	0	0
	1,10	0	0
	1,15	0	0
	1,20	0	0
	1,25	0	0
	1,30	0	0
Renda agropecuária/hectare	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000
Emprego agrícola/hectare	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000
Renda agrícola/hectare	1,00	0,000	0,000
	1,05	0,000	0,000
	1,10	0,000	0,000
	1,15	0,000	0,000
	1,20	0,000	0,000
	1,25	0,000	0,000
	1,30	0,000	0,000

Elaboração dos autores.

O método de limites de Rosenbaum não apresenta um teste formal da hipótese independência condicional (Conditional Independence Assumption – CIA), mas tem sua importância ao permitir julgar quão grande deve ser a influência de covariadas não observadas nos resultados, a fim de que as conclusões do tratamento sejam alteradas (Rosenbaum, 2002).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O P1+2 é uma iniciativa concebida pela ASA com intuito de promover aos pequenos agricultores do semiárido brasileiro uma melhor convivência com a seca que é inerente à região. Entretanto, ainda são poucas as políticas ou os programas que se atêm a essa questão. O programa está presente nos nove estados abrangidos pelo semiárido brasileiro e orienta-se à criação das condições para que as famílias agricultoras intensifiquem sua produção de alimentos para o consumo familiar e/ou para a comercialização do excedente.

Este trabalho responde a duas questões principais: i) saber se o P1+2 está diminuindo a vulnerabilidade da população semiárida aos efeitos da seca; e ii) saber se há efeitos positivos sob os rendimentos agrícolas dos beneficiários. Para responder a isso, este estudo centrou-se em analisar o efeito do programa sob a renda, o emprego e a sustentabilidade na produção agrícola dos beneficiários do P1+2 no município de Iguatu-CE.

No que concerne ao IA e ao IE, observaram-se melhores resultados para o grupo de beneficiários do programa. Apesar de não serem tão expressivos, seus resultados puderam mostrar que o programa está fornecendo aos pequenos agricultores melhores condições de vida, uma relação menos agressiva ao meio ambiente e maior engajamento de todos os membros da família nas atividades agrícolas, especialmente das mulheres, que estão exercendo uma participação mais direta na produção com a água das cisternas.

Entre os resultados, tem-se que o P1+2 promoveu impactos significativos na renda agrícola e agropecuária dos beneficiários da região estudada, mostrando que o programa tem cumprido com o esperado ao possibilitar uma melhor convivência dos agricultores iguatenses com o espaço em que estes estão circunscritos. Como a amostra é composta por agricultores de pequeno porte, a renda agrícola não é muito expressiva, porém os pequenos produtores que possuem a tecnologia de armazenamento de água da chuva conseguem se sobressair aos demais que não a possuem.

Este estudo foi realizado em 2018, o sétimo ano consecutivo de seca no Nordeste. Apesar disso, os agricultores beneficiários do P1+2 mostram-se menos vulneráveis aos efeitos da estiagem, isso porque possuem uma tecnologia de armazenamento de água da chuva (mesmo sendo abaixo da média histórica) que está conferindo aos agricultores uma maior adaptação a um período de instabilidade na produção agrícola convencional. Dessa forma, nota-se que programas como esse, que se mostram capazes de impulsionar o desenvolvimento rural de maneira sustentável na região semiárida, deveriam ser ampliados, pois conseguem efeitos positivos sob seus beneficiários, reduzindo a vulnerabilidade dos agricultores da região, dando condições dignas de continuar a viver nessa localidade.

Em períodos como o atual, no qual a população do semiárido enfrenta anos seguidos de seca, seria importante a implantação de um plano de emergência que oferecesse água em carros-pipa, de forma gratuita, para encher as cisternas destinadas à produção agrícola quando as chuvas não forem suficientes. Essa ação poderia ser uma forma de reduzir a vulnerabilidade das famílias que vivem na região, além de reduzir a migração rumo às cidades nesses períodos.

## REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. O.; JUSTO, W. R.; ALVES, D. F. Os efeitos do programa “Uma Terra e Duas Águas (P1+2)” sobre a qualidade de vida do pequeno produtor rural do Semiárido nordestino. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 49, n. 1, 2018.
- ALVES, V. E. L. **A questão agrária brasileira e moçambicana: semelhanças e diferenças**. São Paulo: GEOUSP, 2011.
- BARBIERI, A. F. Mudanças climáticas, mobilidade populacional e cenários de vulnerabilidade para o Brasil. **Revista Interdisciplinar da Mobilidade Humana**, v. 19, n. 36, p. 95-112, 2011.
- BELLEN, H. M. V. Desenvolvimento sustentável: uma descrição das principais ferramentas de avaliação. **Revista Ambiente & Sociedade**, v. 3, n. 1, 2004.
- BECKER, S. O.; ICHINO, A. Estimation of Average Treatment Effects Based on Propensity Score. **The Stata Journal**, v. 2, n. 4, p. 358-377, 2002.
- BONI, V. **Produtivo ou reprodutivo: o trabalho das mulheres nas agroindústrias familiares- um estudo na região oeste de Santa Catarina**. 2005. Dissertação (Mestrado em Sociologia Política) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.
- BRITO, S. S. B. *et al.* Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, 2017.
- CALIENDO, M.; KOPEINIG, S. Some practical guidance for the implementation of propensity score matching. **Journal of Economic Surveys**, v. 22, n. 1, p. 31-72, 2008.
- CALVELLI, H. G.; LORETO, M. D. S.; SILVA, E. C. As relações de gênero e a agricultura familiar de pesqueira (PE): o empoderamento feminino a partir da produção de matérias-primas para o biodiesel. *In: ENCONTRO NACIONAL DE ESTUDOS POPULACIONAIS*, 19., São Paulo. **Anais...** São Paulo: Abep, 2014.
- CHAGAS, A. L. S. **Três ensaios sobre o setor produtivo de cana de açúcar no Brasil**. 2009. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

DAMASCENO, N. P.; KHAN, A. S.; LIMA, P. V. P. S. O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade a agricultura familiar, geração de emprego e renda no estado do Ceará. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 1, 2011.

DINIZ, P. C. O.; PIRAUX, M. Das intervenções de combate à seca às ações de convivência com o Semiárido: trajetória de “experimentalismo institucional” no Semiárido brasileiro. **Caderno de estudos sociais**, Recife, v. 26, n. 2, 2011.

DIPRETE, T.; GANGL, M. Assessing bias in the estimation of causal effects: Rosenbaum bounds on matching estimators and instrumental variables estimation with imperfect instruments. **Sociological Methodology**, v. 34, n. 1, p. 271-310, 2004.

FÁVERO, P. **Métodos quantitativos com stata**: procedimentos, rotinas e análise de resultados. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de estatística**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 1996. 320 p.

GANDRA, J. M. F. V.; RODRIGUES, C. T. **O impacto da educação em tempo integral no desempenho escolar**: uma avaliação do programa mais educação. 2017. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar um projeto de pesquisa**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

GNADLINGER, J.; SILVA, A. S.; BRITO, L. T. L. **Programa Uma Terra e Duas Águas para um semiárido sustentável**. 2008. Disponível em: <<https://is.gd/3F4JW7>>. Acesso em: 4 jan. 2019.

GONDIM, J. *et al.* A seca atual no Nordeste brasileiro – impactos sobre os recursos hídricos.: **Parc. Estrat.**, Brasília, v. 22, n. 44, 2017.

JACOBI, P. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de pesquisa**, n. 118, p. 189-205, 2003.

JESUS, V. M. B.; COSTA, A. B. Tecnologia social: breve referencial teórico e experiências ilustrativas. *In*: COSTA, A. B. (Org.). **Tecnologia social e políticas públicas**. São Paulo: Instituto Pólis; Brasília: Fundação Banco do Brasil, 2013.

KHAN, A. S. *et al.* Efeito da seca sobre a produção, a renda e o emprego agrícola na microrregião geográfica de Brejo Santo no estado do Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 36, n. 2, 2005.

MAIA, G. S. **Avaliação e sustentabilidade dos programas de assentamento agrícola no estado do Ceará um estudo de caso**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Departamento de Economia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2012.

MALVEZZI, R. **Semi-árido**: uma visão holística. Brasília: Confea, 2007. (Coleção Pensar o Brasil).

MATOS, R. A.; ROVELLA, S. B. C. Do crescimento econômico ao desenvolvimento sustentável: conceitos em evolução. **Revista Administração e Ciências Contábeis**, n. 3, 2010.

MIKHAILOVA, I. Sustentabilidade: evolução dos conceitos teóricos e os problemas da mensuração prática. **Revista Economia e Desenvolvimento**, n. 16, 2004.

MORAES, A. F. J.; ROCHA, C. Gendered waters: the participation of women in the 'One Million Cisterns' rainwater harvesting program in the Brazilian Semi-Arid region. **Journal of Cleaner Production**, v. 60, p. 163-169, 2013.

NEVES, R. S. *et al.* Programa Um Milhão de Cisternas: guardando água para semear vida e colher cidadania. **Revista Agriculturas**, v. 7, n. 3, 2010.

OLIVEIRA, E. C. **Crescimento e desenvolvimento econômico**: a sustentabilidade como modelo alternativo. Faculdades Gammom, 2008.

PASSADOR, C. S. *et al.* Políticas públicas de combate à seca no Brasil e a utilização das cisternas nas condições de vida de famílias na região do Baixo Salitre (Juazeiro-BA): uma dádiva de Deus? *In*: ENCONTRO DA ANPAD, 31., 2007, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Anpad, 2007.

PINTO, E. B.; LIMA, M. J. A. O programa de convivência com o semiárido brasileiro e suas influencias na mudança de hábitos e valores. *In*: CONGRESSO IBEROAMERICANO SOBRE DESARROLLO Y MÉDIO AMBIENTE, 2., 2005. **Anais...** México, 2005.

RAMOS, L. R.; SAMPAIO, J. L. F. Descobrimdo os caminhos da convivência com o Semiárido: o assentamento Palmares e Crateús-CE. *In*: ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA ECOLÓGICA, 7., 2007, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: SBEE, 2007.

RODRIGUES, A. S. **Avaliação do impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares da Microrregião do Cariri (CE): o caso o híbrido**. 2016. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal do Ceará, 2016.

ROSENBAUM, P. R. **Observational studies**. 2nd ed. New York: Springer, 2002.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, 1983.

SAKAMOTO, S. C.; NASCIMENTO, C. A.; MAIA, A. G. As famílias pluriativas e não agrícolas no rural brasileiro: condicionantes e diferenciais de renda. **Rev. Econ. Sociol. Rural**, Brasília, v. 54, n. 3, 2016.

SAMPAIO, Y. S. B.; SAMPAIO, B. R.; DUARTE, G. B. Agricultura familiar de assentados e comunidades: existem diferenças na renda da produção. *In: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER NORDESTE)*, 5., 2010, Crato. **Anais...** Crato, Ceará: Sober, nov. 2010.

SILVA, R. M. A. Entre o combate à seca e a convivência com o semiárido: políticas públicas e transição paradigmática. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 38, n. 3, 2007.

SANTOS, K. F. **Estudo dos impactos gerados pelas tecnologias sociais de gestão hídrica sobre a sustentabilidade do pequeno agricultor no semiárido cearense: o caso dos municípios de Cariús e Saboeiro**. 2013. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2013.

SOUZA, M. Programa Uma Terra e Duas Águas (P1+2): uma iniciativa inovadora para o enfrentamento da pobreza rural. **Agriculturas**, v. 11, n. 2, 2014.

TADDEI, R.; BROAD, K.; PFAFF, A. O contexto sociopolítico das reformas na gestão de águas no Ceará. *In: SOUZA FILHO, F. A. (Ed.). Gerenciamento integrado dos recursos hídricos com incorporação da previsão climática: da informação e previsão climática à redução da vulnerabilidade às secas no semiárido cearense*. Fortaleza: Funceme, 2007.

## APÊNDICE A

### VARIÁVEIS UTILIZADAS PARA ESTIMAR O MODELO ECONOMÉTRICO

#### QUADRO A.1

##### Variáveis a serem utilizadas no modelo econométrico (2018)

Variáveis	Descrição
Idade	Em anos
Anos de estudo	Em anos
Número de homens agricultores	
Número de mulheres agricultoras	
Outro trabalho temporário	1 = sim; 0 = não
Participação de associação	1 = sim; 0 = não
Condição do domicílio – própria	
Condição do entrevistado (terra)	1 = ocupante; 2 = meeiro; 3 = arrendatário; 4 = proprietário
Recebe assistência técnica	1 = sim; 0 = não
Crédito rural	1 = sim; 0 = não
Usa fertilizante químico	1 = sim; 0 = não
Uso de herbicidas	1 = sim; 0 = não
Falta de água em tempos de seca	1 = sim; 0 = não

Elaboração dos autores.

## APÊNDICE B

## TESTES DE PAREAMENTO

TABELA B.1

***PStest para os matchings por vizinho mais próximo – Kernel e Radius (2018)***

Métodos de pareamento	Pseudo R <sup>2</sup>
Vizinho mais próximo (cinco vizinhos)	0,252
Vizinho mais próximo (quatro vizinhos)	0,347
Radius (0,1)	0,383
Radius (0,2)	0,260
Kernel (0,1)	0,391
Kernel (0,2)	0,267

Elaboração dos autores.

Data da submissão em: 31 jan. 2019.

Primeira decisão editorial em: 10 jun. 2019.

Última versão recebida em: 2 jul. 2019.

Aprovação final em: 3 jul. 2019.