

# Impacto do Programa Agente Rural sobre o desempenho dos agricultores familiares no estado do Ceará

## *Impact of the Rural Agent Program on the performance of family farmers in the state of Ceará*

Laura Costa Silva<sup>1</sup> , Ahmad Saeed Khan<sup>1</sup> , Anderson da Silva Rodrigues<sup>1</sup> , Eliane Pinheiro de Sousa<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Programa de Pós-graduação em Economia Regional e Urbana, Universidade Regional do Cariri (URCA), Crato (CE), Brasil. E-mails: laura.costasilva@urca.br; saeed@ufc.br; anderson.rodrigues@urca.br; eliane.pinheiro@urca.br

**Como citar:** Silva, L. C., Khan, A. S., Rodrigues, A. S., & Sousa, E. P. (2024). Impact of the Rural Agent Program on the performance of family farmers in the state of Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(3), e276249. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2023.276249pt>

**Resumo:** A extensão rural desempenha papel relevante no desenvolvimento rural, atuando como instrumento de alavancagem econômica, social e ambiental. Ciente dessa importância, o Ceará reestrutura seus serviços de extensão com a implementação, em 2012, do Programa Agente Rural. Neste sentido, este estudo objetiva avaliar o impacto dessa política sobre a sustentabilidade agrícola e a geração de emprego e renda dos agricultores familiares no município de Crato, Ceará, em 2021. Os dados usados foram obtidos mediante aplicação de questionários com 112 agricultores (beneficiários e não beneficiários do programa). Para tanto, utilizou-se o Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA) (nas dimensões ambiental e econômica) e o *Propensity Score Matching* (PSM). Os resultados demonstraram que o Programa Agente Rural contribuiu na adoção de tecnologias ambientalmente sustentáveis e na promoção da geração de emprego e renda para as famílias beneficiárias.

**Palavras-chave:** Programa Agente Rural, avaliação, agricultura familiar, Ceará.

**Abstract:** Rural extension plays a significant role in rural development, acting as an instrument for economic, social, and environmental leverage. Aware of this importance, Ceará has restructured its extension services with the implementation of the Rural Agent Program in 2012. In this sense, this study aims to evaluate the impact of this policy on agricultural sustainability and the generation of employment and income for family farmers in the municipality of Crato, Ceará, in 2021. The data used were obtained through the application of questionnaires with 112 farmers (beneficiaries and non-beneficiaries of the program). For this purpose, the Agricultural Sustainability Index (ISA) (in the environmental and economic dimensions) and the Propensity Score Matching (PSM) were used. The results showed that the Rural Agent Program contributed to the adoption of environmentally sustainable technologies and the promotion of employment and income generation for beneficiary families.

**Keywords:** Rural Agent Program, evaluation, family farming, Ceará.

## 1. Introdução

O fenômeno da revolução verde das décadas de 1950 e 1960 e a modernização agrícola no Brasil, na década de 1960, por meio da inserção de novas tecnologias (máquinas e equipamentos, fertilizantes, defensivos químicos, sementes melhoradas, entre outros) provocou elevação na produtividade dos solos agrícolas e expansão das áreas antes improdutivas, promovendo acréscimo surpreendente na taxa de crescimento do setor (Castro & Pereira, 2020).

Entretanto, é importante ressaltar que a difusão de tecnologias ocorreu de forma heterogênea pela totalidade do espaço rural, pois os grandes produtores, por possuírem maior aporte de capital, detinham melhores condições de acesso a financiamentos e serviços de extensão rural, permitindo, por parte desse grupo, maior adesão às tecnologias modernizantes, intensificando, desta forma,



a desigualdade no campo, ao deixar à margem deste modelo de desenvolvimento os pequenos produtores rurais, que receberam menor atenção do governo, via políticas públicas (Castro, 2015).

O acesso ao pacote tecnológico excluiu os agricultores familiares em função das restrições ao acesso dos serviços ofertados pelo Estado, como assistência técnica rural e crédito que eram ofertados aos produtores rurais, conforme tamanho do patrimônio (dado como garantia) e quantidade produzida (Hoffmann & Kageyama, 1985). Nesse modelo difusionista inovador da extensão rural, o agricultor era informado pelo técnico quais tecnologias deveriam ser adotadas. Esse modelo foi sistematizado pelo pesquisador norte-americano Everett Rogers (Gonçalves et al., 2016).

Dado esse contexto excludente para os pequenos produtores, na década de 1990, surgiram protestos reivindicatórios de direitos para os produtores familiares, que culminaram com o redirecionamento da atuação estatal no segmento familiar por meio da implantação de políticas públicas com destaque para a ampliação dos serviços de assistência técnica e extensão rural (ATER), dado seu papel relevante no desenvolvimento rural, primordialmente, nos países em desenvolvimento, atuando como instrumento de alavancagem econômica e social (Faria & Duenhas, 2019; Castro & Pereira, 2020).

Os serviços de extensão rural oferecidos pelas instituições de ATER são importantes mecanismos para melhorar a produção agrícola, pois, de acordo com a literatura, a oferta apenas de linhas de crédito por si só não garante a melhoria dos níveis de produtividade, emprego e renda dos agricultores familiares (Cruz et al., 2021).

Para atender às necessidades de coordenação dos serviços de extensão, Peixoto (2008) destaca que foi instituída, através da Lei nº 6.126, de 1974, a Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER). A partir de então, as organizações estaduais passaram a ser denominadas com Empresa Estadual de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMATER) (Pereira & Castro, 2020).

A crise fiscal dos anos 1980, entretanto, conforme destacam Caporal (2008) e Castro & Pereira (2017), atinge o governo tanto em nível federal quanto estadual, impondo uma revisão sobre o tamanho do Estado na economia, sob a ótica da racionalização dos gastos públicos, culminando, em 1989, com a extinção da EMBRATER, juntamente com outras estatais, através do Decreto nº 97.455, de 15 de janeiro de 1989.

As instituições estaduais de ATER, neste período, tinham até 80% de seu orçamento sustentado por recursos federais, conduzindo a um sucateamento de algumas dessas instituições, principalmente as localizadas nos estados do Norte e Nordeste (Caporal, 2008).

Dessa forma, após o fechamento da EMBRATER, os recursos para funcionamento das EMATERS em cada estado ficaram a cargo do governo de cada localidade. A atuação dessas empresas pode variar de acordo com a capacidade fiscal de cada estado (Castro, 2015).

A lenta adequação dos serviços de extensão estaduais à estrutura financeira própria impôs a redução ou supressão de muitos serviços. Novamente, os agricultores familiares foram os mais prejudicados devido à dificuldade no acesso a estes serviços, ocasionada pela restrição de recursos financeiros. Devido à insuficiência de extensionistas, os serviços de extensão rural eram realizados de forma coletiva.

No estado do Ceará, como forma de expandir os serviços de ATER para um número maior de produtores e melhorar a qualidade dos serviços prestados, o governo do Estado reestrutura os serviços de extensão rural e assistência técnica da Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE) sob novas bases, ao instituir, oficialmente, o Programa Agente Rural por meio da Lei nº 15.170 de 18 de junho de 2012, por intermédio do qual, segundo o Art. 1º, o Estado, através da EMATERCE, poderá conceder assistência técnica e extensão rural

aos agricultores familiares, com vistas à melhoria dos indicadores de produtividade agrícola, aumento da renda e do emprego rural do Ceará (Fortaleza, 2012).

Apesar desses esforços de reestruturação dos serviços de extensão e assistência técnica no Estado do Ceará, pouco se conhece sobre o Programa Agente Rural.

De acordo com dados do Censo Agropecuário (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2017), o estado do Ceará possuía, nesse ano, 394.330 estabelecimentos agropecuários, e, deste total, 75,54% são empreendimentos familiares. Concernente ao recebimento da assistência técnica, apenas 10,78% afirmam ter recebido. Quanto à origem, 88,96% dos beneficiários de orientação técnica atestam o recebimento por meio do Estado.

Diante do exposto, é necessário avaliar o Programa Agente Rural, uma vez que esta política representa um importante instrumento de desenvolvimento rural e se fundamenta na melhoria dos índices de produção sustentável, geração de emprego e renda, reduzindo as vulnerabilidades dos pequenos agricultores quanto à pobreza. Portanto, a hipótese considerada aqui é que o Programa Agente Rural influencia a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e a geração de emprego e renda para os produtores familiares beneficiários.

Esta investigação permite identificar se os objetivos propostos pelo programa foram alcançados na região, no período da análise. Caso contrário, possibilita a detecção de possíveis fragilidades e restrições à eficiência na alocação dos recursos e da política pública na região. Em face dessas considerações, o presente artigo se fundamenta na seguinte questão: o Programa Agente Rural no Ceará tem exercido influência na sustentabilidade agrícola e na geração de emprego e renda para os agricultores familiares beneficiários?

Além desta introdução, o presente estudo conta com mais quatro seções, a saber: fundamentação teórica, metodologia, resultados e discussão e, por último, considerações finais.

## **2. Fundamentação Teórica**

### **2.1 Extensão rural: conceito**

Para os pesquisadores do tema, a definição da extensão rural não é tarefa fácil, pois, como explicam Anaeto et al. (2012), qualquer tentativa de defini-la corretamente envolve uma longa explicação de vários princípios e filosofias, ou, como destaca Zwane (2012), devido ao seu caráter dinâmico, não é possível aceitar um único conceito.

A Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), em suas publicações, define a extensão como um serviço ou sistema que ajuda as pessoas da fazenda, através de procedimentos educacionais, na melhoria dos métodos e técnicas agrícolas, aumentando a eficiência e a renda da produção, melhorando seus níveis de vida e elevando o nível social e os padrões educacionais da vida rural (Swanson, 1984).

A nova extensão rural, ou extensão rural agroecológica, consiste em um esforço de intervenção planejada para estabelecer estratégias de desenvolvimento rural sustentável, com ênfase na participação popular da agricultura familiar e nos princípios da agroecologia como orientação para promoção de uma agricultura socioambiental e economicamente sustentável (Caporal & Costabeber, 2000; Caporal, 2009).

Para Zwane (2012), a extensão apresenta três dimensões: a primeira considera a extensão em termos de desempenho agrícola, ou seja, em termos de melhoria da produção e da rentabilidade dos agricultores. A segunda é vista como uma contribuição para o avanço das comunidades rurais, incluindo a melhoria de suas tarefas de desenvolvimento agrícola. A terceira visualiza que a extensão equivale à educação comunitária não formal de forma abrangente.

Segundo Peixoto (2020), os serviços de extensão rural são responsáveis por um processo educativo destinado à capacitação técnica e social dos produtores rurais, de seus familiares e de suas organizações, ao passo que os serviços de assistência técnica se referem ao processo de comunicação de informações para a solução de problemas de natureza técnica ou gerencial em uma atividade econômica.

## 2.2 Extensão rural: evidências empíricas

Na literatura científica especializada, os estudos sobre a efetividade da extensão rural são muito exíguos, destacando-se os estudos de Bressan et al. (2009), Ferreira et al. (2010), Santos (2010), Ferreira et al. (2011), Freitas (2017) Rocha Júnior et al. (2020), Assunção et al. (2021) e Delgrossi et al. (2024).

Quanto aos estudos citados, Freitas (2017) verificou a influência da extensão rural sobre o setor agropecuário no Brasil, utilizando dados do Censo Agropecuário 2006; Rocha Júnior et al. (2020) averiguaram a influência da assistência técnica sobre a renda mensal dos agricultores familiares, utilizando dados da Pesquisa Nacional por Amostras de Domicílio (PNAD) e métodos de avaliação de impacto; e Delgrossi et al. (2024) avaliaram o impacto da assistência técnica e extensão rural prestadas pelo Projeto Dom Hélder Câmara no semiárido brasileiro, considerando registros da ANATER e registros de agricultores familiares da Declaração de Aptidão do PRONAF para a amostra aleatória das famílias beneficiadas, e dados do Cadastro Único para os Programas Sociais, para amostra dos não beneficiários.

Entretanto, nenhum deles analisou a sustentabilidade agrícola e a geração de emprego na agricultura familiar. Portanto, este estudo considera essas variáveis que não foram objetos de debate nesta literatura especializada, além de se trabalhar com uma base de dados primários, colhidos diretamente com os produtores rurais familiares.

## 2.3 O Programa Agente Rural

Os primeiros serviços públicos de assistência técnica e extensão rural (Ater) foram institucionalizados nos Estados Unidos, no final do século XIX. No Brasil, os serviços de Ater tiveram início em 1948, quando Nelson Rockefeller e o governador de Minas Gerais estabeleceram a primeira Associação de Crédito e Assistência Rural (ACAR) no estado mineiro, com o objetivo de promover o desenvolvimento no campo (Peixoto, 2008).

Essa instituição foi influenciada pelo modelo capitalista desenvolvimentista norte-americano, que conectava os agricultores aos setores de insumos, comercialização e crédito. Sob esse modelo, a extensão rural tinha a função de fornecer assistência técnica e financeira aos agricultores que adotassem as tecnologias provenientes das instituições de pesquisa da época (Castro, 2015).

Os serviços de extensão rural e assistência técnica no Ceará foram iniciados em 16 de fevereiro de 1954, com a criação da Associação de Crédito e Assistência Rural do Ceará (ACAR-CE), passando mais tarde à denominação de Associação Nacional de Crédito e Assistência Rural (ANCAR-CE).

Posteriormente, em 6 de julho de 1976, o Governo do Estado, através da Lei nº 10.029, criou a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATER-CE), como órgão público de direito privado, sem fins lucrativos (Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará, 2022).

Ao longo dos anos, o serviço de Extensão Rural do Ceará consolidou-se como um serviço indispensável à agropecuária estadual, por contribuir para o aumento da produção, da produtividade das lavouras e da pecuária, da renda líquida dos agricultores, sobretudo os

agricultores familiares, bem como do desenvolvimento de ações voltadas para a melhoria da qualidade de vida e da sustentabilidade agrícola ambiental.

Compete à EMATER-CE desenvolver, em parceria com órgãos públicos, no âmbito das esferas federal, estadual e municipais, além de organizações privadas, as políticas agrícolas no Estado do Ceará. O foco das ações extensionistas é os agricultores familiares, objeto das políticas públicas federal e estadual. A empresa executa além de outros programas e projetos, o Programa Agente Rural, que foi criado através da Lei nº 15.170, de 18.06.2012 (Fortaleza, 2012).

Conforme Lei nº 15.170, de 18.06.2012, as tarefas do agente rural são:

- I - Desenvolvimento educativo, visando a utilização de metodologias participativas na construção de saberes, observando as experiências dos agricultores e o saber dos Agentes Rurais, com a finalidade de apropriação de tecnologias pelos beneficiários do Programa;
- II - Desenvolvimento do processo de organização dos agricultores familiares, de suas famílias e suas representações, objetivando a compra coletiva de insumos necessários ao processo de produção;
- III - capacitação em serviço dos Agentes de ATER.
- IV - Animar e mobilizar as famílias da comunidade para a participação e engajamento nas atividades desenvolvidas no âmbito dos Programas e Projetos desenvolvidos pela Secretaria do Desenvolvimento Agrário.

Desse modo, o programa, por meio da EMATERCE, poderá conceder extensão rural e assistência técnica a pequenos agricultores, objetivando elevar a produção do setor agrícola no estado do Ceará. Para tanto, os profissionais participantes do Programa Agente Rural aplicam técnicas de produção e cultivo sustentáveis de maneira participativa para estimular o capital humano e as potencialidades existentes nos estabelecimentos agropecuários familiares, e, assim, elevar a renda e o emprego nas localidades. Com esse programa, os serviços de extensão rural passaram a ser oferecidos aos agricultores em forma mista (individual e coletiva).

## **2.4 Sustentabilidade agrícola, sustentabilidade ambiental e econômica**

O conceito de sustentabilidade agrícola cresceu de um foco inicial sobre os aspectos ambientais para incluir as dimensões sociais, políticas e econômicas (Pretty, 2008). Nesse sentido, Merante et al. (2015) definem a agricultura sustentável como sendo aquela cuja eficiência está correlacionada com o cumprimento dos limites ambientais, econômicos e sociais.

A sustentabilidade ambiental e a sustentabilidade econômica compreendem duas das três dimensões da sustentabilidade agrícola e, como destacam Moldan et al. (2012), foi desenvolvida por Goodland (1995), que a definiu como aquela que visa melhorar o bem-estar humano, protegendo as fontes de matérias-primas usadas para as necessidades humanas.

Na visão de Tilman et al. (2002), a agricultura sustentável representa a adoção de práticas que atendem as necessidades sociais atuais e futuras de alimentos e fibras, de serviços dos ecossistemas e de vida saudável, maximizando os benefícios líquidos da agricultura, quando considerados todos os custos e benefícios dessas práticas. Na concepção de Häni (2006), a agricultura sustentável requer a adoção de práticas produtivas, competitivas e eficientes de forma a proteger e melhorar o ambiente e o ecossistema global.

Dessa forma, a propriedade sustentável (Merante et al., 2015) requer as melhores práticas disponíveis, ou seja, as tecnologias que podem otimizar suas atividades se estiverem sendo usadas de forma sustentável.

Apesar de a sustentabilidade ser analisada sob outras óticas, a econômica é a mais ressaltada devido ao peso que tem as ações humanas, no sentido de deteriorar o meio ambiente na busca

de maior crescimento econômico. Como enfatiza Lamas (2020), a sustentabilidade econômica é de extrema relevância para a viabilidade de todas as atividades. Desse modo, as atividades, para serem efetivas, precisam possibilitar um retorno financeiro adequado para a manutenção dos processos e para a remuneração dos atores envolvidos.

De acordo com Wood & Hertwich (2012) *apud* Leão et al. (2016, p. 4), “a sustentabilidade econômica decorre do equilíbrio do alinhamento entre os recursos naturais, recursos humanos, serviços ecossistêmicos e da harmonia social, necessários para a produção de bens materiais.”

Considerando o suporte teórico apresentado, a sustentabilidade agrícola ambiental concebida e adotada neste estudo compreende a adoção de práticas agrícolas capazes de cultivar e produzir alimentos preservando e assegurando, em longo prazo, a disponibilidade de recursos naturais da unidade de produção do agricultor familiar.

No que se refere à sustentabilidade econômica, apesar de englobar todas as atividades econômicas, formais ou informais, esta pesquisa se propôs a mensurar a sustentabilidade agrícola econômica a partir do quociente do valor da receita agrícola anual obtida pelos agricultores entrevistados por sua área cultivada na atividade (Passos, 2014).

### 3. Metodologia

#### 3.1 Origem dos dados, área de estudo e amostra

Os dados utilizados neste trabalho são de origem primária, resultantes da aplicação de questionários semiestruturados, para coleta de informações quantitativas e qualitativas junto aos agricultores familiares beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, no município de Crato – CE, em 2021.

O município de Crato está localizado na Região Metropolitana do Cariri (RMC), no estado do Ceará. Possui área de 1.138,15 km<sup>2</sup>, correspondendo a 0,77% da área do estado e cerca de 24,68% da área total da RMC, constituindo o maior município em área territorial desta localidade (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

No tocante ao número de estabelecimentos agrícolas, segundo dados do Censo Agropecuário, em 2017, correspondiam a 2.649, destes, 78,9% são estabelecimentos familiares e 21,1% não familiares, e juntos equivalem a uma área total de 19.662 hectares.

Quando se compara aos oito municípios da RMC (Farias Brito, Caririáçu, Nova Olinda, Santana do Cariri, Juazeiro do Norte, Barbalha, Missão Velha e Jardim), o município de Crato se destaca com a maior área territorial, maior proporção de estabelecimentos familiares e maior número de profissionais participantes do Programa Agente Rural da EMATERCE.

Dessa maneira, devido às características supramencionadas, o município de Crato foi escolhido como área geográfica para análise da referida política pública de assistência técnica e extensão rural.

Quanto ao tamanho da amostra de agricultores, foi configurado de forma a atender ao requisito do modelo de escore de propensão, que requer que os grupos de tratamento e controle sejam os mais semelhantes que se possam alcançar, tendo em vista a determinação do “*counterfactual*”, que pode ser obtido através de duas categorias: os desenhos experimentais (aleatórios) e os desenhos quase experimentais (não aleatórios).

Para Fonseca & Martins (1996), a mensuração do tamanho da amostra no caso de população finita e de tamanho conhecido e inferior a 500.000 é dada da seguinte forma:

$$n_0 = \frac{Z^2 \cdot p \cdot q \cdot N}{e^2 (N - 1) + Z^2 \cdot p \cdot q} \quad (1)$$

em que:  $n_0$  = tamanho da amostra;  $Z$  = abscissa da normal padrão ( $Z = 1,96$ );  $p$  = percentagem com a qual o fenômeno ocorre ( $p=0,5$ );  $q$  = proporção complementar de  $p$  ( $p = 0,5$  admitindo a hipótese de maior extensão da amostra, por não conhecer a proporção dos beneficiários em relação ao número total de agricultores familiares do município);  $N$  = tamanho da população beneficiários ( $N=112$ ) e,  $e$  = erro da amostra ( $e = 0,05$ ), encontrou-se o valor de 87 para a amostra inicial ( $n_0$ ) dos agricultores beneficiários do programa.

Conforme Pires (2006), quando o valor resultante for maior que 5% do tamanho da população, faz-se necessário realizar um procedimento denominado de fator de correção. Dessa forma, a mensuração da amostra definitiva é expressa por:

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (2)$$

em que,  $n_0$  = o valor inicial da amostra calculado pela fórmula de Fonseca & Martins (1996). Procedendo-se ao cálculo, obteve-se uma amostra mínima de 49 beneficiários.

Para determinação do número de não beneficiários, este estudo utilizou o mesmo critério adotado por Sobreira et al. (2018), que consideraram o grupo controle superior ao de tratamento em 20%. Dessa forma, obteve-se, no mínimo, 59 agricultores não assistidos pelo programa.

Entretanto, para fins desta pesquisa, a amostra foi ajustada e foram entrevistados 52 beneficiários e 60 não beneficiários, totalizando 112 agricultores entrevistados no município de Crato, Ceará.

## 3.2 Métodos e técnicas

### 3.2.1 O Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA)

O Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA) é composto e corresponde à média aritmética do Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental (ISAA) e do Índice de Sustentabilidade Agrícola Econômica (ISAE) (Passos & Khan, 2019), sendo calculado mediante a expressão matemática:

$$ISA = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \left\{ \frac{1}{2} (ISAA_j + ISAE_j) \right\} \quad (3)$$

em que: ISA= Índice de Sustentabilidade Agrícola (ISA); ISAA= Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental; ISAE= Índice de Sustentabilidade Agrícola Econômica, e  $j = 1, 2, \dots, m$  (número de agricultores familiares)

O ISA varia de zero a um, e quanto mais próximo o seu valor se situar de 1 (um), melhor é a posição do agricultor no ranking geral da sustentabilidade agrícola. De forma oposta, quanto mais próximo o valor do ISA se situar de zero (pior situação), menor é a sustentabilidade agrícola do produtor familiar.

Para avaliar o nível de sustentabilidade agrícola de beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, foram adotados os seguintes limites, também considerados por Passos & Khan (2019):

- . Baixo nível de sustentabilidade agrícola  $0,0 < ISA \leq 0,5$
- . Médio nível de sustentabilidade agrícola  $0,5 < ISA \leq 0,8$
- . Alto nível de sustentabilidade agrícola  $ISA > 0,8$

#### 3.2.1.1 Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental (ISAA)

O Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental (ISAA), conforme Passos & Khan (2019), pode ser calculado mediante a expressão algébrica:

$$ISAA = \sum_{i=1}^w IS_c \tag{4}$$

em que: ISAA = Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental;  $IS_c$  = Índice de Sustentabilidade c, e  $c = 1, \dots, w$  (Índices).

O Índice de Sustentabilidade “c” é calculado da seguinte forma:

$$IS_c = \frac{1}{d} \sum_{k=1}^d C_k \tag{5}$$

A participação de cada indicador na composição do ISA é dada por

$$C_k = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^m \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left( \frac{E_{ij}}{E_{\max i}} \right) \right] \tag{6}$$

em que:  $C_k$  = contribuição do indicador “k” no  $IS_c$ ;  $E_{ij}$  = escore da i-ésima variável do indicador “k” obtido pelo j-ésimo agricultor familiar;  $E_{\max i}$  = escore máximo da i-ésima variável do indicador “k”;  $i = 1, \dots, n$  (variáveis que compõem o indicador “k”);  $j = 1, \dots, m$  (agricultores familiares), e  $k = 1, \dots, d$  (indicadores que compõem o  $IS_c$ ).

Na construção do Índice de Sustentabilidade Agrícola Econômica (ISAE), aplicou-se o mesmo modelo matemático.

### 3.2.2. Definição dos Indicadores e das variáveis de Sustentabilidade Agrícola

No Quadro 1, são apresentados os índices e os indicadores e suas variáveis constituintes que foram usados para compor o Índice de Sustentabilidade Agrícola.

**Quadro 1** - Variáveis e indicadores do Índice de Sustentabilidade Agrícola Ambiental e Econômica de beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará.

Índices e indicadores	Variáveis e sua Operacionalização
<b>Índice da Sustentabilidade Ambiental</b>	
Indicador de Práticas de Preparo de Solo	Faz desmatamento: Sim = 0; Não = 1
	Faz queimada: Sim = 0; Não = 1
	Usa trator: Sim = 1; Não = 0
Indicador de Práticas de Plantio e Adubação	Usa plantio direto: Sim = 1; Não = 0
	Faz rotação de culturas: Sim = 1; Não = 0
	Usa esterco: Sim = 1; Não = 0
	Usa fertilizante: Sim = 0; Não = 1
Indicador de Práticas de Pós-Plantio	Usa compostagem/ biofertilizante: Sim = 1; Não = 0
	Faz capina manual: Sim = 1; Não = 0
Indicador de Práticas de Combate às Pragas	Usa herbicida: Sim = 0; Não = 1
	Faz controle biológico: Sim = 1; Não = 0
Indicador de Práticas de Preservação de Recursos Ambientais	Usa defensivo químico: Sim = 0; Não = 1
	Utiliza cobertura vegetal permanente: 1 = sim; 0 = não
	Faz pouso: 1 = sim, 0 = não
	Faz reflorestamento: 1 = sim, 0 = não
<b>Índice da Sustentabilidade Econômica</b>	
Indicador de Eficiência Financeira	Receita Agrícola (em R\$) por hectare cultivado

Fonte: Adaptado de Passos et al. (2018)

Apesar da temática da sustentabilidade ser abordada sob outras óticas, como as pesquisas de Sousa et al. (2005), Damasceno et al. (2011) e Passos et al. (2018) e Passos & Khan (2019), que analisaram a sustentabilidade sob os aspectos ambientais, econômicos e sociais, esta

pesquisa desenvolve o índice de sustentabilidade sob as óticas ambiental e econômica, que são afetadas diretamente pela política Agente Rural do estado do Ceará.

### 3.3 Mensuração do efeito do Programa Agente Rural

A literatura menciona a utilização de diversos métodos quantitativos para a avaliação de políticas públicas em diferentes cenários e com objetivos variados. Entre esses métodos, estão as Diferenças em Diferenças (DID), Controle Sintético (CS) e *Propensity Score Matching* (PSM). O DID requer dados longitudinais que evidenciem mudanças ao longo do tempo no grupo de interesse. Já o CS busca criar um grupo de controle comparável para uma unidade de tratamento específica, utilizando dados de várias unidades de controle. Essa abordagem pode ser aplicada em diversos contextos, especialmente quando não há um grupo de controle diretamente comparável à unidade de tratamento. Por outro lado, o PSM é mais eficaz para corrigir o viés de seleção em estudos observacionais e possui flexibilidade em termos de variáveis a serem incluídas no modelo. Além disso, é adequado para estudos com dados transversais e grupo controle, como é o caso deste estudo (Heckman et al., 1997).

A estimação do efeito do Programa Agente Rural sobre a sustentabilidade agrícola e a geração de emprego e renda dos agricultores beneficiários foi executada através do *Propensity Score Matching* (PSM).

Para tanto, a princípio, foi estimada uma regressão logística com o objetivo de se obter os escores de propensão, utilizando as variáveis observáveis. Em seguida, realizou-se o pareamento dos indivíduos dos dois grupos analisados. Feito isso, estimou-se o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (ATT) e concluiu-se com a análise de sensibilidade para testar se os resultados estimados são robustos.

A primeira etapa do PSM é a estimação do modelo de escolha binária Logit ou Probit. Em ambos os casos, a probabilidade de ocorrência de um determinado evento varia de 0 a 1, não exibindo, portanto, uma tendência linear na variável resposta. Entretanto, o primeiro deriva-se de uma função de distribuição acumulada e o segundo de uma distribuição normal, o que torna a função do último numericamente complicada (Gujarati & Porter, 2011). Assim, justifica-se a frequência que o modelo Logit é utilizado nesta etapa (Maia et al., 2013; Passos & Khan, 2019; Sobreira et al., 2018; Rodrigues et al., 2020).

Desse modo, com o intuito de identificar as principais características observáveis que afetam o acesso dos agricultores familiares ao Programa Agente Rural, foi estimado o Logit, cujas variáveis estão descritas no Quadro 2.

**Quadro 2** - Variáveis determinantes da participação no Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará, 2021.

Variáveis	Descrição	Classificação
Participação do PAR	Variável dependente, referente à participação no Programa Agente Rural	Qualitativa / 1 = beneficiários; 0 = não beneficiários
Número de cômodos	Número de cômodos na residência do produtor	Quantitativa
Área cultivada	Área cultivada em todas as culturas agrícolas (em hectares)	Quantitativa
Não uso de fertilizante químico	Variável relativa à não utilização de fertilizante químico nos solos	Qualitativa / 1 = Não; 0 = Sim
Controle biológico	Referente à adoção de controle biológico para controle de pragas	Qualitativa / 0 = Não; 1 = Sim
Uso racional de água	Relacionada ao uso racional das fontes de água	Qualitativa / 0 = Não; 1 = Sim
Crédito	Associada ao acesso ao crédito rural	Qualitativa / 0 = Não; 1 = Sim
Hortaliças	Relacionada ao plantio de hortaliças na propriedade	Qualitativa / 0 = Não; 1 = Sim
Familiares envolvidos na produção	Número de familiares participantes da produção agrícola	Quantitativa

Fonte: Elaboração própria

Os critérios utilizados para verificar o ajustamento do modelo logit foram: função de verossimilhança ou *Log Likelihood* (LL), *Akaike Information Criterion* (AIC), *Bayesiano Information Criterion* (BIC), pseudo  $R^2$  e percentagem de casos corretamente especificados (Maia et al., 2013; Passos & Khan 2019; Sobreira et al., 2018).

### 3.3.1 Propensity Score Matching (PSM)

Para estimar o impacto da Política Agente Rural sobre a sustentabilidade agrícola e a geração de emprego e renda dos agricultores assistidos, é indispensável que a amostra compreenda dados dos agricultores em dois momentos. O primeiro seria o momento em que o agricultor foi beneficiário da política de extensão (indivíduo tratado) e a segunda ocasião seria quando este agricultor não foi beneficiário da política a fim de identificar quais características este teria, caso não usufruísse dos benefícios da política pública.

Neste contexto, reside o principal problema da inferência causal entre a medida pública e os resultados ou efeitos dessa à população, pois o agricultor pode ser beneficiário ou não beneficiário do programa, impossibilitando-o de apresentar as duas características (Barbosa et al., 2022).

Desta forma, dada a ausência de dados do contrafactual, as análises da presente pesquisa foram executadas com agricultores assistidos pelo programa de extensão rural (grupo de tratados), em relação aos agricultores não beneficiários da política (grupo controle). Assim, como forma de evitar que os resultados das estimativas sejam viesados, propõe-se que, ao estabelecer uma inferência causal entre a política de assistência e os resultados da estimação, sejam isolados os elementos externos que seriam capazes de influenciar os resultados observados (Rodrigues et al., 2020).

Para resolução deste problema, é necessário encontrar o grupo contrafactual a partir do grupo de controle, a fim de que se possa equiparar com o grupo de tratados, para que a única diferença entre os grupos seja a intervenção da política.

Com a finalidade de encontrar o grupo com características similares ao grupo de tratamento, aplicou-se o modelo PSM. O PSM mensura a probabilidade de o agricultor participar do programa agente rural baseado nas características observáveis, o que se designa como escore de propensão (Becker & Mendonça, 2021).

Após a determinação dos escores de propensão para a totalidade das unidades, os agricultores que fazem parte do grupo de tratamento podem ser associados com os relativos ao grupo controle (Becker & Mendonça, 2021).

O que se objetiva com este mecanismo é obter o Efeito Médio do Tratamento sobre os Tratados (EMTT), em inglês, *Average Treatment Effect on the Treated (ATT)*. Mas, para estimar o ATT, antes é preciso encontrar produtores familiares pertencentes aos grupos de beneficiários e não beneficiários que possam ser associados, após feita a adequação nas características observadas para cada produtor rural  $i$  relacionadas a um vetor  $X_i = [X_{ij}, \dots, X_{jN}]$ , em que  $X_{ij}$  refere-se à característica  $j$  (Martins et al., 2020).

Dessa maneira, é necessário realizar o pareamento entre os indivíduos dos grupos tratados e controle para torná-los comparáveis. De acordo com Sobreira et al. (2018), existem diversos métodos para este fim, em que se destacam: Pareamento por regressão linear local, Pareamento por raio, Pareamento de Kernel e Pareamento pelo vizinho mais próximo. Para tanto, nesta pesquisa, realizou-se o pareamento pelo vizinho mais próximo (*Nearest Neighbour Matching = 1*).

Como ressalta Rodrigues (2016), o pareamento pelo vizinho mais próximo consiste em uma das técnicas mais utilizadas na literatura. Este método busca parear uma observação no grupo de tratados com sua equivalente no grupo de não tratados que contenha escore de propensão o mais semelhante possível.

De acordo com Maia et al. (2013), este procedimento é mensurado por:

$$V(i) = \text{Min}_j \|p_i - p_j\|, i \in B \quad (7)$$

em que:  $V(i)$  = conjunto de observações do grupo de não tratados a serem associadas com o agricultor  $i$  do grupo de tratados;  $p_i$  e  $p_j$  = são as probabilidades de acesso ao programa e  $B$  = grupo dos beneficiários do Programa Agente Rural.

Entretanto, para que o pareamento pelo PSM possa ser válido, é necessário assumir algumas hipóteses. A primeira é denominada de independência condicional e considera que o vetor de características observáveis  $X_i$  não afetadas pelo tratamento detém todas as informações no que diz respeito à  $Y_i(0)$  e  $Y_i(1)$ , o que possibilita uma circunstância de independência entre estes resultados de interesse (Martins et al., 2020).

Outra hipótese que precisa ser assumida é a de sobreposição, que afirma que, para cada agricultor no grupo de não tratados (não beneficiários), deva haver um par no grupo de tratamento (beneficiários), assegurando que as características dos indivíduos do grupo de tratamento sejam espelhadas no grupo de controle (Becker & Mendonça, 2021).

Tendo assumido as hipóteses, o ATT é obtido através da subtração das médias de  $Y_i(1)$  e  $Y_i(0)$ . De acordo com Rosenbaum & Rubin (1983), de maneira formal, o ATT é definido como:

$$ATT = E\{E[Y_i|p(x_i), T_i = 1] - E[Y_i|p(x_i), T_i = 0]\} \quad (8)$$

onde  $p(x_i)$  é obtido por intermédio de um modelo de variável binária, e, no caso da presente pesquisa, foi utilizado o *logit*.

O passo seguinte diz respeito à validação das estimativas ATT, que se dá por meio dos testes de significância e do cálculo dos erros padrões destas estimativas. No entanto, como afirmam Caliendo & Kopeinig (2005), esta não é uma tarefa simples, pois a variância estimada do ATT deveria incluir a variabilidade relativa aos escores de propensão, a determinação de um suporte comum e possivelmente a ordem de pareamento dos indivíduos do grupo tratado. Assim, existe uma variação amostral superior à normal, que faz com que os erros padrões fiquem subestimados.

Uma forma de resolver este problema é utilizar o *bootstrapping*. Essa técnica baseia-se na estimação da variância de uma variável utilizando várias replicações de subamostras de tamanho semelhantes, derivadas da amostra principal. No que diz respeito ao número de replicações, seguindo os estudos Maia et al. (2013) e Passos (2014), consideraram-se, para esta pesquisa, 50 replicações.

O PSM possibilita a eliminação do viés de seleção derivado de características observáveis. No entanto, o viés relativo às covariáveis não observáveis não pode ser controlado e não pode ser mensurado diretamente, no caso de pesquisa não experimental (Caliendo & Kopeinig, 2005). Caso as variáveis não observadas afetem a participação no programa e a variável resposta, ocorreria violação no pressuposto de independência condicional, o que ocasionaria em um viés no pareamento. Desse modo, neste trabalho, recorreu-se ao método de análise de sensibilidade, que permite estimar o impacto de uma variável não observada sobre o acesso ao programa, além de permitir a análise de robustez dos resultados.

Formalmente, a participação do agricultor  $i$  no programa é estimada como:

$$P(x_i) = P(D_i = 1|x_i) = F(Bx_i + \gamma u_i) \quad (9)$$

em que  $x_i$  equivale ao conjunto de características observáveis do agricultor;  $u_i$  refere-se à variável não observada;  $\gamma$  é o efeito da variável não observada em relação à participação da política.

Quando não existe viés de seleção ( $\gamma = 0$ ), a participação no programa depende apenas das variáveis observadas ( $B_{x_i}$ ). No entanto, diante de viés de seleção, produtores familiares com semelhantes características observáveis terão distintas probabilidades de participar da política de extensão rural. Considerando F como sendo do modelo logit, os agricultores  $i$  e  $j$  terão,  $\frac{p_i}{1-p_i}$  e  $\frac{p_j}{1-p_j}$  chances de participação do programa, respectivamente.

A técnica busca analisar se os limites de razão de probabilidade estão situados entre (Rosenbaum, 2002):

$$\frac{1}{e^\gamma} \leq \frac{p_i(1-p_j)}{p_j(1-p_i)} \leq e^\gamma \quad (10)$$

em que, se  $e = 1$ , os agricultores familiares pareados terão a mesma probabilidade de acesso ao programa e, portanto, haverá ausência de viés oculto derivado de características não observáveis. Porém, se  $e^\gamma = 2$ , os produtores pareados com mesmas características observáveis, então um deles tem o dobro de chance de participar do programa. Isso ocorre porque eles se diferenciam devido à presença de uma variável não observada.

## 4. Resultados e Discussão

### 4.1 Estimação do Programa Agente Rural sobre a sustentabilidade agrícola e a geração de emprego e renda de agricultores familiares, no município de Crato, Ceará, em 2021.

#### 4.1.1 Estatísticas descritivas do modelo Logit

Esta seção aborda as características socioeconômicas dos agricultores que são beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará.

A Tabela 1 apresenta as principais estatísticas descritivas das variáveis determinantes (quantitativas) da participação no Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará, em 2021.

Seguindo o critério de alta discrepância nos dados quando o Coeficiente de Variação (CV) é superior a 30% (Gomes, 1990), observa-se, na Tabela 1, que todas as variáveis apresentaram CV superior a este valor, sendo a área cultivada a variável com maior discrepância em torno da média, devido ter obtido CV de 79,91%. Esta variável indica que a menor área plantada entre os agricultores entrevistados é 0,30 e a máxima é 6,91 hectares, ficando bem acima da área média cultivada, que é 1,25 hectares.

No que tange à menor variabilidade em torno da média, ocorre na variável número de cômodos, em que o CV foi de 30,44%. Nessa variável, verificou-se que o número mínimo de cômodos nas residências dos entrevistados é 1 e o máximo é 9, sendo a média de 5,20 cômodos.

**Tabela 1** – Estatísticas descritivas das variáveis determinantes da participação no Programa Agente Rural, consideradas no modelo Logit

Variáveis	Mínimo	Média	Máximo	Desvio padrão	*CV (%)
Número de cômodos	1,00	5,20	9,00	1,58	30,44
Área cultivada	0,30	1,25	6,96	1,00	79,91
Familiares envolvidos na produção	1,00	1,79	5,00	0,82	45,99

**Nota:** \* refere-se ao Coeficiente de Variação. **Fonte:** Elaboração própria

A análise descritiva das variáveis qualitativas usadas no modelo *logit* por grupo de beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, é apresentada na Tabela 2.

Desse modo, os dados constantes na Tabela 2 mostram que a maior parte dos entrevistados (90,18%) não utiliza fertilizante químico no solo. Deste total, 94,23% são beneficiários e 86,67% são não beneficiários.

**Tabela 2** – Frequência absoluta (fi) e relativa (%) das variáveis qualitativas usadas no modelo Logit por grupo de agricultores beneficiários e não beneficiários, em Crato, Ceará, 2021.

Variáveis	Beneficiários		Não Beneficiários		Total	
	fi	%	fi	%	fi	%
Não uso de fertilizante químico	49	94,23	52	86,67	101	90,18
Controle biológico	14	26,92	1	1,67	15	13,39
Uso racional de água	45	86,54	48	80,00	93	83,04
Crédito	9	17,31	9	15,00	18	16,07
Hortaliças	25	48,08	10	16,67	35	31,25

Fonte: Elaboração própria

No que diz respeito à adoção da técnica de controle biológico, parcela minoritária utiliza tal prática, com destaque para os beneficiários (26,92%), contra apenas 1,67% dos não beneficiários.

Quanto ao uso racional das fontes de água, observa-se que 83,04% dos produtores familiares utilizam a água racionalmente. Destes, 86,54% são beneficiários e 80% não beneficiários. Essa predominância de agricultores beneficiários em relação ao não uso de fertilizante químico e uso de controle biológico também foi constatada no estudo de Passos (2014).

Ainda na Tabela 2, verifica-se que somente 16,07% dos produtores de ambos os grupos possuem acesso ao crédito rural, onde 17,31% são beneficiários e 15% são não beneficiários. No que se refere ao plantio de hortaliças, 48,08% dos beneficiários realizaram esse tipo de cultivo, contra 16,67% dos não beneficiários.

#### 4.1.2 Estimação do modelo Logit

Os efeitos das características dos produtores familiares situados no município de Crato, Ceará, em relação à seleção do Programa Agente Rural são analisados por meio do modelo *logit*.

Os resultados da regressão logística são apresentados na Tabela 3. Através dessa, pode-se observar que, do total de oito variáveis selecionadas, seis são significantes. Destas, quatro são significativas ao nível de 5% (área cultivada, não uso de fertilizante químico, controle biológico e familiares envolvidos na produção) e duas são significantes ao nível de 10% (número de cômodos e hortaliças).

Na Tabela 3, constata-se que, com exceção da constante, os coeficientes das variáveis são positivos, ou seja, relacionam-se de forma direta com a participação no Programa Agente Rural. Assim, o produtor familiar com maior número de cômodos na residência, maior área cultivada, maior número de familiares envolvidos na produção, que faz plantio de hortaliças, que adota a técnica de combate às pragas e que não utiliza fertilizante químico no solo, apresenta maior propensão de tornar-se beneficiário da política de extensão rural.

A Tabela 3 também apresenta os valores dos coeficientes estimados do modelo *logit* em valores de *odds ration*. Valores maiores que um sugerem elevação na chance de o produtor familiar participar do Programa Agente Rural, e valores menores que um, indicam redução nas chances do agricultor ser assistido pela política.

**Tabela 3** – Resultado do modelo Logit entre beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará, em 2021.

Variáveis	Coefficientes	Odds ratio	P> z
Número de cômodos	0,3002177	1,350153	0,063
Área cultivada	0,8436921	2,324789	0,02
Não uso de fertilizante químico	2,091869	8,100037	0,025
Controle biológico	2,42925	11,35037	0,045
Uso racional de água	0,745992	2,108532	0,296
Crédito	0,2244596	1,251646	0,733
Hortaliças	1,149842	3,157694	0,056
Familiares envolvidos na produção	0,6614838	1,937665	0,032
Constante	-6,955039	0,000938	0,000
Critérios		Coefficientes	
Log Likelihood – LL		-53,519347	
Valor do critério AIC		125,0387	
Valor do critério BIC		149,5052	
Valor do pseudo R <sup>2</sup>		0,3081	
Porcentagem de casos corretamente classificados		75,00	

**Fonte:** Elaboração própria com a utilização do software Stata versão 17.0.

Os dados constantes na Tabela 3 revelam que todas as variáveis possuem valores *odds ratio* superiores à unidade, indicando que todas elevam a chance de o produtor rural ser beneficiário da política pública. Destas, percebe-se que as variáveis controle biológico e não uso de fertilizante químico são, nesta ordem, as responsáveis pela maior elevação nas chances de o produtor ser beneficiário da política. Desse modo, o fato de usar a técnica de controle biológico contra as pragas na plantação aumenta as chances de participação do programa em 1.035,04%. Não utilizar fertilizante químico no solo aumenta as chances de ser beneficiário do programa em 710%, em relação a quem usa essa prática agrícola. Esses resultados podem estar relacionados à metodologia sustentável empregada pelos agentes rurais, que influencia os produtores rurais adotantes deste tipo de técnica a participarem do programa.

Adicionalmente, a Tabela 3 apresenta os critérios usados para analisar o ajuste da regressão logística estimada.

Os valores LL, AIC e BIC apresentaram os menores valores, e, portanto, os melhores ajustamentos quando comparados aos outros modelos estimados.

Como observado no valor do pseudo R<sup>2</sup>, é possível inferir que cerca de 30,81% da variação da variável dependente pode ser explicada pelo conjunto das variáveis explicativas. Além disso, o modelo foi capaz de classificar corretamente 75% das observações, o que indica qualidade no ajustamento do modelo. Desse modo, diante dos resultados apresentados, infere-se que o modelo *logit* é adequado para explicar a probabilidade de os agricultores familiares participarem do Programa Agente Rural.

#### 4.1.3 Teste de Hipótese para as Estimativas do ATT com o Método Bootstrapping

A Tabela 4 apresenta os resultados das estimativas ATT corrigidas pelo método *bootstrapping*, identificando os impactos efetivamente significativos sobre as variáveis de interesse.

Os dados constantes na Tabela 4 mostram valores positivos e significativos do programa para as variáveis mão de obra familiar por hectare, mão de obra total por hectare, renda agrícola por hectare, para o ISA, o ISAA e o ISAE. Considera-se significância estatística de 1% para o ISA, de 5% para a renda agrícola por ha e para o ISAE, sendo mão de obra familiar por hectare, mão de obra total por hectare e ISAA, significantes ao nível de 10%.

**Tabela 4** - Resultados do Teste de hipótese para a estimativa ATT, usando *bootstrapping*, para beneficiários e não beneficiários do Programa Agente Rural, no município de Crato, Ceará.

Variáveis	Coefficiente observado	Erro Padrão "Bootstrapping"	Z	P >  z
M.d.o familiar/há	158,738	85,15597	1,86	0,062
M.d.o total/há	142,0436	80,58006	1,76	0,078
Renda agrícola/há	1962, 648	943,6722	2,08	0,038
ISA	0,05474	0,0193683	2,83	0,005
ISAA	0,0512613	0,0280116	1,83	0,067
ISAE	0,0582187	0,0279925	2,08	0,038

**Fonte:** Elaboração própria com a utilização do software Stata versão 17.0.

Os resultados do estudo conduzido por Bressan et al. (2009) indicaram uma relação positiva entre extensão rural e a renda dos produtores no estado de Minas Gerais. Resultados semelhantes foram observados nos estudos de Ferreira et al. (2011); Rocha Júnior et al. (2020) e Delgrossi et al. (2024), respectivamente, para o estado do Ceará, para o Brasil, e para o semiárido brasileiro.

#### 4.1.4 Análise de Sensibilidade

A Tabela 5 mostra os resultados referentes à análise pelo método de limites de Rosenbaum (Rosenbaum, 2002). Este tipo de análise possui a finalidade de verificar o efeito de variáveis não observáveis em relação à decisão de não beneficiários de participar do Programa Agente Rural.

Por intermédio da análise de sensibilidade, pode-se identificar a intensidade da influência de características não observáveis sobre os resultados de impacto para as variáveis de interesse.

Valores de  $\Gamma$  situados abaixo de 1,1 denotam maior efeito dos fatores não observáveis sobre os resultados obtidos, dito de outra forma, menos robustas serão as conclusões do modelo na presença de covariáveis não observáveis (Araújo et al., 2010; Passos, 2014).

Conforme dados constantes na Tabela 5, todos os resultados são significativos ao nível de 1%, apresentando elevada robustez, devido ao impacto do programa ter mantido a significância estatística para valores de  $\Gamma$  superiores a 1,1.

**Tabela 5-** Análise de Sensibilidade pelo método de Limites de Rosenbaum, por variável de resposta, nível gamma, no município de Crato, Ceará.

Variáveis	$\Gamma$			Variáveis	$\Gamma$		
	1.0	2.0	3.0		1.0	2.0	3.0
M.d.o familiar/há				ISA			
sig+	0	4,1e-11	5,7e-08	sig+	0	4,1e-11	5,7e-08
sig-	0	0	0	sig-	0	0	0
M.d.o total/há				ISAA			
sig+	0	4,1e-11	5,7e-08	sig+	0	4,1e-11	5,7e-08
sig-	0	0	0	sig-	0	0	0
Renda agrícola/há				ISAE			
sig+	0	4,1e-11	5,7e-08	sig+	0	3,2e-14	5,7e-08
sig-	0	0	0	sig-	0	0	0

**Fonte:** Elaboração própria com a utilização do software Stata versão 17.0.

De acordo com Rosenbaum & Rubin (2002), a análise de sensibilidade pelos limites de Rosenbaum não representa um teste formal para hipótese de Independência Condicional

(CIA), mas tem sua relevância por possibilitar inferir a intensidade da influência de fatores não observados nos resultados estimados do PSM.

## 5. Considerações Finais

O presente estudo realizou uma avaliação de impacto do Programa Agente Rural sobre a sustentabilidade agrícola (nas dimensões ambiental e econômica), e a geração de emprego e renda dos agricultores familiares, no município de Crato-CE.

Na avaliação do efeito das características pessoais e socioeconômicas sobre a participação ao Programa Agente Rural, tem-se que o produtor familiar com maior número de cômodos na residência, maior área cultivada, maior número de familiares envolvidos na produção, que faz plantio de hortaliças, que adota a técnica de combate às pragas e que não utiliza fertilizante químico no solo, apresenta maior propensão de tornar-se beneficiário da política de extensão rural.

Quanto aos impactos do programa, os resultados do estudo destacaram a significativa importância dos serviços de assistência técnica oferecidos de maneira individual e coletiva aos beneficiários do programa. Esses serviços influenciaram positivamente a adoção de práticas agrícolas sustentáveis e a geração de emprego e renda nas propriedades dos beneficiários.

Diante disso, dada a relevância do programa para o desenvolvimento rural, sugere-se aumentar os investimentos na política de extensão no estado do Ceará, visando ampliar o acesso para um número maior de agricultores. Apesar de o município de Crato possuir o maior número de agentes rurais na Região Metropolitana do Cariri, esse contingente ainda é limitado.

Para futuras pesquisas, sugere-se que o Programa Agente Rural seja avaliado em outras localidades do estado do Ceará, no sentido de se conhecer e comparar a atuação desta política em diferentes locais, uma vez que pouco se conhece sobre o impacto desta política nas famílias rurais assistidas.

## 6. Referências

- Anaeto, F. C., Asiabaka, C. C., Nnadi, F. N., Ajaero, J. O., Aja, O. O., Ugwoke, F. O., Ukpongson, M. U., & Onweagba, A. E. (2012). The role of extension officers and extension services in the development of agriculture in Nigeria. *Journal of Agricultural Research*, 1(6), 180-185.
- Araújo, G. S., Ribeiro, R., & Neder, H. D. (2010). Impactos do Programa Bolsa Família sobre o trabalho de crianças e adolescentes residentes na área urbana em 2006. *Revista Economia*, 11(4), 57-102.
- Assunção, H. F., Dias, M. S., & Lima, T. M. (2021). Avaliação do efeito das ações de assessoria técnica e extensão rural sobre a qualidade sócio-econômica de um assentamento rural, no sudoeste de Goiás. In R. J. Oliveira (Ed.), *Extensão rural: práticas e pesquisas para o fortalecimento da agricultura familiar* (pp. 112-121). São Paulo: Editora Científica Digital.
- Barbosa, G. S., Almeida, A. T. C., Farias, W. P. S., & Chalco, J. P. M. (2022). Efetividade do Programa Ciência Sem Fronteiras em alta qualificação e internacionalização do ensino superior brasileiro. In *Anais do 50º Encontro Nacional de Economia*. Niterói: ANPEC. Recuperado em 22 janeiro de 2023, de <https://en.anpec.org.br/index.php#articles>
- Becker, K. L., & Mendonça, M. J. C. D. (2021). Políticas de financiamento estudantil: análise de impacto do Fies no tempo de conclusão do ensino superior. *Economia e Sociedade*, 30(4), 551-581.
- Bressan, V. G. F., Muniz, J. N., & Rezende, J. B. (2009). Avaliação de resultados da extensão rural pública no Estado de Minas Gerais. *Ceres*, 56(3), 241-248.

- Caliendo, M., & Kopeinig, S. (2005). *Some practical guidance for the implementation of propensity score matching* (Discussion Paper, No. 1588). Bonn: The Institute for the Study of Labor (IZA).
- Caporal, F. R. (2008). *A redescoberta da Assistência Técnica e Extensão Rural e a implementação da Pnater: nova âncora para a viabilização de acesso a políticas de fortalecimento da Agricultura Familiar*. Brasília: MDA.
- Caporal, F. R. (2009). *Extensão Rural e Agroecologia: temas sobre um novo desenvolvimento rural, necessário e possível*. Brasília: MDA.
- Caporal, F. R., & Costabeber, J. A. (2000). Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável: perspectiva para a nova extensão rural. *Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável*, 1, 16-37.
- Castro, C. N. D. (2015). *Desafios da agricultura familiar: o caso da assistência técnica e extensão rural* (Boletim Regional, Urbano e Ambiental, pp. 49-59). Brasília: IPEA.
- Castro, C. N. D., & Pereira, C. N. (2017). *Agricultura familiar, assistência técnica e extensão rural e a política nacional de Ater* (Texto para Discussão, No. 2343). Brasília: IPEA.
- Castro, C. N. D., & Pereira, C. N. (2020). *Estado e desenvolvimento rural* (Texto para Discussão, No. 2564). Brasília: IPEA.
- Cruz, N. B. D., Jesus, J. G. D., Bacha, C. J. C., & Costa, E. M. (2021). Acesso da agricultura familiar ao crédito e à assistência técnica no Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 59(3), e226850.
- Damasceno, N. P., Khan, A. S., & Lima, P. V. P. S. (2011). O impacto do Pronaf sobre a sustentabilidade da agricultura familiar, geração de emprego e renda no Estado do Ceará. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 49(1), 129-156.
- Delgrossi, M. E., Vieira, L. C. G., Avila, M. L., Perafán, M. V., & Miranda Filho, R. J. (2024). O impacto da assistência técnica e extensão rural para os agricultores familiares pobres: o caso do Programa Dom Hélder Câmara II. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 62(2), 271-282.
- Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará – EMATERCE. (2022). *Institucional*. Recuperado em 22 de março de 2022, de <https://www.ematerce.ce.gov.br/institucional/>
- Faria, A. A. R., & Duenhas, R. A. (2019). A Política Nacional de Assistência Técnica e Extensão Rural (PNATER): um novo modelo de desenvolvimento rural ainda distante da agricultura familiar. *Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar*, 5(1), 137-167.
- Ferreira, V. S., Khan, A. S., & Alencar Júnior, J. S. (2010). O Programa Agente Rural e seu impacto sobre nível tecnológico e geração de renda das famílias assistidas do estado do Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*, 41(2), 305-330.
- Ferreira, V. S., Khan, A. S., & Mera, R. D. M. (2011). O impacto do Programa Agente Rural sobre a qualidade de vida e geração de emprego e renda das famílias assistidas do estado do Ceará. *Revista Econômica do Nordeste*, 42(2), 425-442. <http://doi.org/10.61673/ren.2011.152>
- Fonseca, J. S., & Martins, G. A. (1996). *Curso de estatística* (6ª ed., 320 p.). São Paulo: Atlas.
- Fortaleza. (2012, junho 22). Lei nº 15.170 de 18 de junho de 2012. Dispõe sobre a criação do programa agente rural, de ampliação da assistência técnica e extensão rural aos agricultores familiares, e dá outras providências. *Diário Oficial*, Fortaleza. Recuperado em 22 de março de 2022, de <https://bela.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/agropecuaria/item/1949-lei-n-15-170-de-18-06-12-d-o-22-06-12>
- Freitas, C. O. (2017). *Three essay on the effect of rural extension in the Brazilian agricultural sector* (Tese de doutorado). Departamento de Economia aplicada, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.
- Gomes, F. P. (1990). *Curso de estatística experimental* (12ª ed). São Paulo: Nobel.

- Gonçalves, L. C., Ramirez, M. A., & Santos, D. (2016). *Extensão rural e conexões* (1ª ed., 164 p.) Belo Horizonte: FEPE.
- Goodland, R. (1995). The concept of environmental sustainability. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 26(1), 1-24.
- Gujarati, N. D., & Porter, D. C. (2011). *Econometria básica*. Porto Alegre: Amgh Editora.
- Häni, F. J. (2006). Global agriculture in need of sustainability assessment. In F. J. Häni, L. Pintér & H. Herren (Eds.), *Sustainable agriculture: from common principles to common practice*. Bern: International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture (INFASA).
- Heckman, J. J., Ichimura, H., & Todd, P. E. (1997). Matching as an econometric evaluation estimator: evidence from evaluating a job training programme. *The Review of Economic Studies*, 64(4), 605-654.
- Hoffmann, R., & Kageyama, A. A. (1985). Modernização da agricultura e distribuição de renda no Brasil. *Pesquisa e Planejamento Econômico*, 15(1), 171-208.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2017). *Censo agropecuário 2017*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 22 de março de 2022, de <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/censo-agropecuario/censo-agropecuario-2017>
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2022). *Brasil/Ceará/ Crato*. Rio de Janeiro: IBGE. Recuperado em 22 de março de 2022, de <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crato/pesquisa/23/25207?tipo=ranking>
- Lamas, F. M. (2020). *Sustentabilidade na agricultura*. Brasília: EMBRAPA. Recuperado em 29 de maio de 2023, de <https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/57539373/artigo---sustentabilidade-na-agricultura>
- Leão, A., Nassif, V. M. J., & Vanderlei, C. A. (2016). Sustentabilidade econômica e inovação: Análise de citação e cocitação das relações da sustentabilidade econômica baseada na inovação. In *Anais do V Simpósio Internacional de Gestão de Projetos (SINGEP)* (pp. 1-16). São Paulo.
- Maia, G. S., Khan, A. S., & Sousa, E. P. D. (2013). Avaliação do impacto do Programa de Reforma Agrária Federal no Ceará: um estudo de caso. *Economia Aplicada*, 17(3), 379-398.
- Martins, E. C., Barbosa, G. S., Silva, V. H. M. C., Souza, H. G., & Jácome, L. S. (2020). Escolas em tempo integral e desempenho no ENEM: uma avaliação de impacto para o Estado do Ceará. In J. M. França, R. M. L. Monteiro & F. J. Sousa (Eds.), *Economia do estado do Ceará em debate* (pp. 190-207). Fortaleza, Ceará: IPECE.
- Merante, P., van Passel, S., & Pacini, C. (2015). Using agro-environmental models to design a sustainable benchmark for the sustainable value method. *Agricultural Systems*, 136, 1-13.
- Moldan, B., Janoušková, S., & Hák, T. (2012). How to understand and measure environmental sustainability: indicators and targets. *Ecological Indicators*, 17, 4-13.
- Passos, A. T. B. (2014). *O impacto do PRONAF sustentável sobre a sustentabilidade agrícola da agricultura familiar: o caso da microrregião do Vale do Médio Curu no Estado do Ceará* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Passos, A. T. B., & Khan, A. S. (2019). O impacto do PRONAF sobre a sustentabilidade agrícola de agricultores familiares na microrregião do vale do médio Curu, no estado do Ceará. *Economia Aplicada*, 23(4), 53-78.
- Passos, A. T. B., Khan, A. S., & Rocha, L. A. (2018). Sustentabilidade agrícola do PRONAF nos municípios de São Luís do Curu e Pentecoste, no Estado do Ceará. In A. S. Khan, F. Lima & P. V. P. S. Lima (Eds.), *Uso de Indicadores em Ciências Ambientais*. Fortaleza: Expressão.

- Peixoto, M. (2008). *Extensão rural no Brasil: uma abordagem histórica da legislação* (Texto para Discussão, No. 48). Brasília: Consultoria Legislativa do Senado Federal.
- Peixoto, M. (2020). Assistência técnica e extensão rural: grandes deficiências ainda persistem. In J. E. R. Vieira Filho & J. G. Gasques (Eds.), *Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário* (pp. 323-338). Brasília: IPEA.
- Pereira, C.N., & Castro, C.N. (2020). *Assistência técnica e extensão rural no Brasil: uma análise do censo agropecuário de 2017* (Boletim Regional, Urbano e Ambiental, pp. 131-140). Brasília: IPEA.
- Pires, I. J. B. (2006). *A pesquisa sob o enfoque da Estatística*. Fortaleza: BNB.
- Pretty, J. (2008). Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 363(1491), 447-465.
- Rocha Júnior, A. B., Silva, R. O. D., Peterle Neto, W., & Rodrigues, C. T. (2020). Efeito da utilização de assistência técnica sobre a renda de produtores familiares do Brasil no ano de 2014. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58, e194371.
- Rodrigues, A. S. (2016). *Avaliação do impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares da Microrregião do Cariri (CE): o caso do milho híbrido* (Tese de doutorado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Rodrigues, A. S., Khan, A. S., Lima, P. V. P. S., & Sousa, E. P. D. (2020). Impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade da produção de milho híbrido dos agricultores familiares no Cariri cearense. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 58(2), e197622.
- Rosenbaum, P. R. (2002). *Observational studies*. New York: Springer.
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. (1983). The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. *Biometrika*, 70(1), 41-55. <http://doi.org/10.1093/biomet/70.1.41>
- Rosenbaum, P. R., & Rubin, D. (2002). *Observational studies*. New York: Springer.
- Santos, W. B. (2010). *Avaliação socioeconômica do Projeto Agente Rural no Contexto do Fundo Estadual de Combate a Pobreza do Ceará, Município de Granja, 2004/2008* (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- Sobreira, D. B., Khan, A. S., Lima, P. V. P. S., & de Sousa, E. P. (2018). Programa de Aquisição de Alimentos (PAA): efeitos sobre produtores de mel do Ceará. *Revista Economica do Nordeste*, 49(2), 79-95.
- Sousa, M. C., Khan, A. S., Passos, A. T. B., & Lima, P. V. P. S. (2005). Sustentabilidade da agricultura familiar em assentamentos de reforma agrária no Rio Grande do Norte. *Revista Economica do Nordeste*, 36(1), 96-120.
- Swanson, B. E. (1984). *Agricultural extension: a reference manual*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., & Polasky, S. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature*, 418(6898), 671-677.
- Zwane, E. M. (2012). Does extension have a role to play in rural development? *South African Journal of Agricultural Extension*, 40(1), 16-24.

**Recebido:** Julho 04, 2023

**Aceito:** Junho 12, 2024

**JEL Classification:** C10, Q00, Q01.