

ROSIMERE MIRANDA FORTINI

**ADOÇÃO DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS CONSERVACIONISTAS E
EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA AGRICULTURA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2018

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de
Viçosa - Campus Viçosa

T

F742a
2018
Fortini, Rosimere Miranda, 1993-
Adoção de práticas agrícolas conservacionistas e eficiência
produtiva na agricultura brasileira / Rosimere Miranda Fortini. -
Viçosa, MG, 2018.
xiv, 120 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui apêndices.

Orientador: Marcelo José Braga.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f.101-110.

1. Agroindústria - Brasil. 2. Eficiência industrial. 3. Produtividade agrícola. 4. Lucros. 5. Agricultura sustentável. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. II. Título.

CDD 22. ed. 338.10981

ROSIMERE MIRANDA FORTINI

**ADOÇÃO DE PRÁTICAS AGRÍCOLAS CONSERVACIONISTAS E
EFICIÊNCIA PRODUTIVA NA AGRICULTURA BRASILEIRA**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

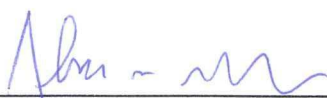
APROVADA: 27 de fevereiro de 2018.



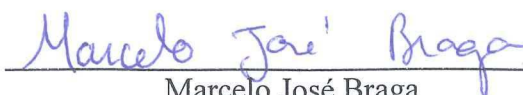
Alexandre Bragança Coelho



Humberto Francisco Silva Spolador



Alexandre Nunes de Almeida



Marcelo José Braga
(Orientador)

*“O tempo muito me ensinou:
ensinou a amar a vida,
não desistir de lutar,
renascer na derrota,
renunciar às palavras
e pensamentos negativos,
acreditar nos valores humanos,
e a ser otimista.
Aprendi que mais vale
tentar do que recuar...
Antes acreditar
do que duvidar,
que o que vale na vida,
não é o ponto de partida
e sim a nossa caminhada.”*

(Cora Coralina)

AGRADECIMENTOS

O presente estudo representa o desfecho de mais uma fase da minha vida, realizada com muita dedicação e que não seria possível de se concretizar sem o apoio e carinho de diversas pessoas. Espero poder dar a todos o meu: Muito Obrigada!

Agradeço primeiramente a Deus e a Nossa Senhora, pela minha vida e saúde, pelas graças alcançadas e por ter me dado a tranquilidade, a sabedoria nas escolhas e a força necessária para superar os desafios diários.

Aos meus pais, que não poupam esforços para que eu possa realizar meus sonhos. Sem dúvidas vocês são a minha maior motivação e razão de sempre buscar dar o meu melhor. Agradeço pela compressão que tiveram nos momentos em que estive ausente (principalmente nos finais de semanas e feriados) e por todo o apoio que sempre deram.

A minha querida irmã Lígia, meu cunhado Adilson e minha linda sobrinha Laura, por todo carinho, preocupação e palavras de incentivo. Agradeço por estarem sempre presentes, tornando os nossos momentos em família muito mais felizes!

Ao meu namorado Jayme, por todo amor, companheirismo, cumplicidade, incentivos e não deixando desanimar em nenhum momento. Obrigada por estar a meu lado e acreditar tanto em mim!

As amigas que compartilham de todos os momentos, que foram pacientes nas ausências e atenciosas ao me ouvir falar sempre sobre o mesmo assunto: “a tal da dissertação”. Obrigada pelas palavras de conforto que muito ajudaram a seguir em frente, amo vocês: Aline, Karine, Marília e Myriam.

Ao Prof.º Vinicius Moreira, meu amigo e colaborador em muitos trabalhos, obrigada pelas conversas e por compartilhar o seu conhecimento.

A Universidade Federal de Viçosa, instituição que marcou minha vida. Lugar no qual cresci, amadureci (pessoalmente e profissionalmente), graduei, e neste momento concluo o mestrado (e futuramente o doutorado). Fico muito feliz por ter a oportunidade de desfrutar por todos estes anos de uma instituição pública e de qualidade exemplar.

A todos os colegas do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, em especial Karen, Raquel e Eliene, com as quais compartilhei todas as expectativas, horas de estudos, amigas que quero levar para sempre no coração.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, mestres com quem tive a oportunidade de aprender muito. Agradeço especialmente a meu orientador Prof.º Marcelo Braga, primeiro por ter aceito me orientar e segundo pela paciência, atenção e incentivos. Muitíssimo Obrigada!

Ao Prof.º Carlos Otávio por ter facilitado e acompanhado a ida ao IBGE, foi primordial para a realização deste estudo. Além de sempre ter sido solícito em tirar as minhas dúvidas. Muito Obrigada!

Aos membros da banca que tão gentilmente aceitaram a participar e a colaborar com esta dissertação. Agradeço pelas revisões, correções e sugestões.

Agradeço também a todos os funcionários do Departamento de Economia Rural, em especial a Margarida, Romildo, Brilhante, Miriam, Cassiana e Otto.

Por fim, agradeço ao CNPq pela concessão de apoio financeiro imprescindível para a realização deste estudo e para a obtenção do título de mestre.

Que Deus abençoe a cada um de vocês!

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE TABELAS | vii |
| LISTA DE FIGURAS | ix |
| LISTA DE QUADROS..... | x |
| RESUMO | xi |
| ABSTRACT | xiii |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 1.1 Considerações Iniciais..... | 1 |
| 1.2 O Problema e sua Importância | 6 |
| 1.3 Hipóteses | 9 |
| 1.4 Objetivos..... | 9 |
| 1.4.1 Objetivo Geral..... | 9 |
| 1.4.2 Objetivos Específicos..... | 10 |
| 2. AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE | 11 |
| 2.1 Desafios da Sustentabilidade Agrícola Brasileira | 11 |
| 2.2 Práticas Agrícolas Conservacionistas no Brasil..... | 16 |
| 2.3 Fatores que Afetam a Capacidade de Adoção das Práticas Conservacionistas | 25 |
| 3. MODELO DE OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA..... | 36 |
| 4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA | 43 |
| 4.1 Modelo Analítico | 43 |
| 4.1.1 Mensuração dos Impactos das Práticas Conservacionistas..... | 43 |
| 4.1.2 Controle do Viés de Variáveis Não Observadas | 49 |
| 4.2 Fonte e Tratamento dos Dados..... | 55 |
| 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 59 |
| 5.1 Análise Descritiva dos Dados | 59 |
| 5.2 Seleção dos Grupos Correspondentes: Equilíbrio por Entropia..... | 65 |
| 5.3 Impacto da Adoção das Práticas Agrícolas Conservacionistas..... | 67 |

| | |
|---|-----|
| 5.4 Determinantes da Adoção de Práticas Agrícolas Conservacionistas | 74 |
| 5.5 Análise das Fronteiras Estocásticas de Produção..... | 82 |
| 5.6 Eficiência Técnica..... | 88 |
| 6. RESUMO E CONCLUSÕES | 96 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 101 |
| APÊNDICES..... | 111 |
| APÊNDICE A - Tabelas adicionais após o pareamento por Entropia..... | 111 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|-----|
| Tabela 1 - Percentual da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros por prática agrícola e diferentes grupos de áreas, em 2006..... | 4 |
| Tabela 2 - Distribuição por tamanho dos estabelecimentos agropecuários da amostra. | 59 |
| Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas análises, por tamanho dos estabelecimentos agropecuários. (Continua)..... | 61 |
| Tabela 4 - Complemento do Teste de Médias para a prática agrícola Terraços. | 66 |
| Tabela 5 - Análise do Impacto da adoção das Práticas Agrícolas Conservacionistas no lucro e na produtividade..... | 68 |
| Tabela 6 - Estatística descritiva entre adotantes e não adotantes das práticas conservacionistas..... | 70 |
| Tabela 7 - Resultados dos modelos de regressão <i>probit</i> por práticas conservacionistas. (Continua) | 76 |
| Tabela 8 - Modelos de Fronteira Estocástica de Produção para cada Prática Agrícola Conservacionista. (Continua)..... | 83 |
| Tabela 9 - Retorno à escala. | 86 |
| Tabela 10 - Fatores que influenciam a ineficiência técnica. (Continua)..... | 91 |
| Tabela 11 - Análise das médias dos escores de eficiência técnica depois do balanceamento por entropia. | 94 |
| Tabela A. 1 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Terraço. | 111 |
| Tabela A. 2 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Plantio em Curva de Nível. | 112 |
| Tabela A. 3 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Rotação de Cultura..... | 113 |
| Tabela A. 4 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Lavoura para Recuperação de Pastagem..... | 114 |
| Tabela A. 5 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Pousio ou Descanso do Solo. | 115 |
| Tabela A. 6 - Teste de médias para a prática agrícola Terraços..... | 116 |
| Tabela A. 7 - Teste de médias para a prática agrícola Plantio em Curva de Nível. | 117 |
| Tabela A. 8 - Teste de médias para a prática agrícola Rotação de Culturas. | 118 |
| Tabela A. 9 - Teste de médias para a prática agrícola Lavoura para Recuperação de Pastagem. | 119 |

Tabela A. 10 - Teste de médias para a prática agrícola Pousio ou Descanso do Solo.
..... 120

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 - Participação relativa do plantio em nível, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais, 2006 | 17 |
| Figura 2 - Participação relativa do uso de terraços, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação | 19 |
| Figura 3 - Participação relativa do pousio ou descanso do solo, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais..... | 20 |
| Figura 4 - Esquema de rotação de culturas. | 21 |
| Figura 5 - Participação relativa do uso de rotação de culturas segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação. | 23 |
| Figura 6 - Participação relativa do uso de plantio de lavoura para recuperação de pastagem segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação. | 24 |
| Figura 7 - Eficiência Técnica em um espaço insumo-produto..... | 40 |
| Figura 8 - Produtividade, eficiência técnica e economia de escala..... | 41 |

LISTA DE QUADROS

| | |
|---|----|
| Quadro 1 - Custos e benefícios pertinentes à agricultura de conservação com incidência em várias escalas | 3 |
| Quadro 2 - Especificação das variáveis que irão compor a estimação dos determinantes da eficiência produtiva. | 58 |

RESUMO

FORTINI, Rosimere Miranda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2018. **Adoção de práticas agrícolas conservacionistas e eficiência produtiva na agricultura brasileira.** Orientador: Marcelo José Braga.

O objetivo geral deste estudo é analisar a adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas pelos estabelecimentos agrícolas brasileiros. Especificamente, pretende-se: (i) determinar o efeito da adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas sobre a produtividade e o lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros; (ii) identificar os fatores que interferem na capacidade de adoção, por parte dos agricultores brasileiros, de práticas agrícolas conservacionistas; e (iii) identificar o efeito da adoção das práticas agrícolas conservacionistas sobre a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários brasileiros divididos por grupos de áreas. Para tal, adotou-se um procedimento econométrico dividido em duas partes: (a) Balanceamento por Entropia para tornar as amostras de adotantes e não adotantes pareadas de modo a avaliar o impacto da adoção de cada prática agrícola conservacionista, consideradas neste estudo, na produtividade e no lucro; (b) estimação de modelo de seleção amostral composto de dois estágios: no primeiro, estima-se os modelos *probit*; e no segundo a Fronteira Estocástica de Produção para analisar a eficiência técnica dos agricultores brasileiros, estimadas para adotantes e não adotantes de cada uma das práticas agrícolas conservacionistas. Os microdados do Censo Agropecuário de 2006 foram utilizados para as análises deste estudo. Como resultado, em média, os agricultores que adotam as práticas agrícolas conservacionistas possuem produtividade inferior aos produtores que não as adotam, apesar do lucro ser maior para este primeiro grupo. Por meio dos modelos *Probit*, a associação a uma cooperativa, o acesso ao financiamento e assistência técnica, a maior idade, mais anos de experiência, gênero masculino e ter mão de obra qualificada, são fatores que aumentam a probabilidade de adoção destas práticas. As variáveis categóricas, condições do produtor, nível educacional e a localização geográfica tiveram resultados variados, dependendo do tipo de prática analisada. A adoção das práticas conservacionistas, de fato, contribuem para que os estabelecimentos utilizem os fatores produtivos mais eficientemente, resultando em escores de eficiência técnica mais elevados, quando comparados aos não adotantes. Além disso, ao comparar os resultados em relação aos grupos de áreas, observou-se que os maiores estabelecimentos que adotam

as práticas conservacionistas mostraram-se tecnicamente mais eficientes que os minifúndios e pequenos estabelecimentos. Assim, observa-se que a menor produtividade parcial da terra obtida pelos adotantes das práticas conservacionistas, quando comparado aos não adotantes, parece ser compensada pelo ganho de eficiência, à medida que se tem um maior lucro. As implicações políticas incluem melhoria de práticas gerenciais por meio de serviços de extensão, promoção de educação no campo, fortalecimento da relação pesquisa-extensão e desenvolvimento de pacotes de práticas agrícolas conservacionistas específicos para cada situação com maior potencial de aumento de produtividade.

ABSTRACT

FORTINI, Rosimere Miranda, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2018. **Adoption of conservationist agricultural practices and productive efficiency in Brazilian agriculture.** Advisor: Marcelo José Braga.

The general objective of this study is to analyze the effects of the adoption of different conservationist agricultural practices on the productivity, profit and technical efficiency on Brazilian agricultural production. Specifically, it is intended to: (i) determine the effect of the adoption of different conservationist agricultural practices on the productivity and profit of Brazilian agricultural establishments; (ii) to identify the factors that interfere with the Brazilian farmers adoption capacity of conservationist agricultural practices; and (iii) to identify the effect of the adoption of conservationist agricultural practices on the technical efficiency of Brazilian agricultural establishments divided by groups of areas. For this, an econometric procedure was adopted in two parts: (a) Balancing by Entropy to make the samples of adopters and non-adopters matched in order to evaluate the impact of the adoption of each conservationist agricultural practice, considered in this study, in productivity and profit; (b) estimation of sample selection model composed of two stages: in the first one, the probit models are estimated; and in the second the Stochastic Production Frontier to analyze the technical efficiency of the Brazilian farmers, estimated for adopters and non-adopters of each of the conservationist agricultural practices. The microdata of the 2006 Agricultural Census were used for analysis of this study. As a result, on average, farmers adopting conservationist farming practices have lower productivity than growers who do not adopt them, although the profitability is higher for this first group. Through Probit models, membership in a cooperative, access to financing and technical assistance, older age, more years of experience, male gender and skilled labor are factors that increase the probability of adopting these practices. The categorical variables, producer conditions, educational level and geographic location had varied results, depending on the type of practice analyzed. The adoption of conservation practices, in fact, contributes to the fact that establishments use productive factors more efficiently, resulting in higher technical efficiency scores when compared to non-adopters. In addition, when comparing the results in relation to the groups of areas, it was observed that the largest establishments that adopt the conservation practices were technically more efficient than the minifundios and small establishments. Thus, it can be

observed that the lower partial productivity of the land obtained by the adopters of conservationist practices, when compared to non-adopters, seems to be compensated by the gain of efficiency, as one gains a higher profit. The policy implications include improving management practices through extension services, promoting education in the field, strengthening the research-extension relationship, and developing specific conservationist practice packages for each situation with the greatest potential for increased productivity.

1. INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O Brasil exerce um papel de destaque no cenário agrícola mundial, sendo um dos maiores produtores e exportadores de produtos agropecuários, como a carne de frango, soja, milho, entre outros. O agronegócio tem grande representatividade na economia, dado que entre os anos de 2000 a 2016, o saldo comercial deste setor apresentou crescimento de 426% (CEPEA, 2016b). Além disso, para o ano de 2016, houve um crescimento do PIB do agronegócio brasileiro de 4,48%, ao contrário do PIB nacional que recuou 3,6% (CEPEA, 2016a). Além disso, o PIB do Agronegócio correspondeu a 21,58% do PIB Brasileiro em 2017.

Para alcançar esses resultados, o agronegócio brasileiro passou por muitas transformações. Segundo Albuquerque e Nicol (1987) e Alves e Contini (1988), uma delas ocorreu entre os anos de 1960 a 1979, com o ciclo tecnológico extensivo de produção agrícola no Brasil, caracterizada pela fronteira agrícola móvel, abundância de terras, oferta de mão de obra elástica e barata. Em seguida, entre os anos de 1980 a 2000, ocorreu o ciclo tecnológico intensivo de produção agrícola, devido a percepção de que era necessário aumentar a produtividade por meio do aproveitamento máximo dos fatores de produção ao fazer uso de novas tecnologias (ALVES e CONTINI, 1988)). Após os anos 2000, observa-se uma nova fase - a concepção socioambiental, que tem como principal característica a necessidade de alinhar produção e conservação.

Essa concepção socioambiental teve origem, sobretudo com a preocupação dos impactos ambientais negativos causados pela atividade agropecuária. De acordo com Sambuichi *et al.* (2012), o desmatamento para converter ecossistemas naturais em áreas cultivadas e o uso de práticas de manejo degradativas ocasionam respectivamente a mudanças do uso do solo e a degradação das áreas cultivadas. Por conseguinte, aumentam as emissões de gases de efeito estufa agravando a suscetibilidade ao estresse por seca levando ao desequilíbrio ambiental (LAL, 2009). A esses fatores somam-se também o uso excessivo de fertilizantes e agroquímicos na produção agrícola que afetam a nutrição, a qualidade de vida e a saúde humana por meio de seus impactos negativos na quantidade e na qualidade da produção de agroalimentares, acentuando o problema da insegurança alimentar. Particularmente, a forte dependência por insumos externos como fósforo e

potássio, em um futuro próximo, podem limitar a produção agrícola, uma vez que as suas reservas locais e globais são finitas e não renováveis, a sua extinção gerará um impacto real e irreversível para toda a sociedade (CAMARGO *et al.*, 2017).

Estes são motivos de preocupação diante da missão delegada ao Brasil de assumir o papel de um dos protagonistas na manutenção do fornecimento de alimentos, pois, segundo as projeções da FAO (2013), a população mundial irá atingir 9,3 bilhões até 2050. Com relação ao segmento urbano, este chegará a 70% do total da população, que poderá originar importantes implicações na demanda futura por produtos agrícolas. Portanto, reforça-se o duplo desafio de conciliar a expansão da produtividade e o uso dos recursos naturais de forma sustentável, sem degradá-los.

Para isso, é necessário o desenvolvimento de tecnologias que visem a produção agrícola sustentável. Neste sentido, é importante ressaltar que, apesar da indefinição em relação à forma ou modelos de desenvolvimento agrícola que promoverão a sustentabilidade no futuro próximo, encontra-se atualmente consolidado um conjunto de práticas conservacionistas a exemplos de terraços, plantio em curva de nível, rotação de culturas, uso de lavouras para recuperação de pastagens, pousio ou descanso dos solos. Estas práticas contribuem para a sustentabilidade ambiental por meio do controle das perdas de partículas do solo, de nutrientes, de matéria orgânica e de água em terras utilizadas para fins agrícolas de modo que o solo se torne mais resistente contra as forças do processo erosivo e menos dependente de insumos externos.

Quanto à sustentabilidade econômica, segundo Biamah e Rockström (2000), FAO (2001) e Kassam *et al.* (2009), ela está relacionada aos benefícios positivos que a adoção das práticas conservacionistas ocasionam como a possibilidade de rendimentos maiores e estáveis, a racionalização do uso dos insumos produtivos, a manutenção e/ou expansão da capacidade produtiva bem como a adaptação e mitigação das alterações climáticas.

De modo geral, Knowler e Bradshaw (2007) traçaram o perfil genérico dos benefícios e dos custos pertinentes à adoção das práticas conservacionistas em nível de fazenda, regional e nacional, apresentados no Quadro 1.

Quadro 1 - Custos e benefícios pertinentes à agricultura de conservação com incidência em várias escalas

| Benefícios | Fazenda | Regional | Nacional |
|--|---------|----------|----------|
| Redução dos custos: poupança de tempo, mão de obra e máquinas. | X | | |
| Aumento da fertilidade do solo e retenção de umidade, resultando na diminuição das variações de rendimento e maior segurança alimentar | X | X | X |
| Estabilização do solo e proteção contra a erosão, sedimentação a jusante | | X | |
| Redução da contaminação das águas superficiais e subterrâneas | | X | |
| Fluxos fluviais regulares, redução de inundações e reaparecimento de poços que estavam anteriormente secos | | X | |
| Recarga de aquíferos como resultado de melhor infiltração | | X | |
| Redução da poluição atmosférica resultante da diminuição do uso de máquinas de preparo do solo | | X | X |
| Redução de emissões de CO ₂ para a atmosfera | | | X |
| Conservação da biodiversidade terrestre baseada no uso do solo | | | X |
| Custos | | | |
| Compra de equipamentos especializados para o plantio | X | | |
| Aparecimento de pragas no curto prazo devido à mudança na gestão da cultura | X | | |
| Aquisição de novas competências de gestão | X | | |
| Aplicação de herbicidas adicionais | X | X | |
| Alto risco percebido pelos agricultores devido à incerteza | X | X | |
| Formação de grupos de agricultores | X | X | |
| Desenvolvimento de programas, treinamento e pacotes técnicos adequados. | | X | |

Fontes: Extraído de Knowler e Bradshaw (2007). Nota: A marca de seleção (X) indica a presença de benefício ou custo na referida escala.

Diante do exposto, torna-se perceptível a divergência entre a vantagem social da agricultura de conservação e a sua potencial propensão para os agricultores. Isto acontece porque à medida que a maioria dos custos iniciais acrescidos com a adoção são concentrados no nível da fazenda, a maioria dos benefícios são capturados pela sociedade em nível regional e nacional.

Por conseguinte, nota-se um aparente conflito de interesses entre a sustentabilidade econômica e a sustentabilidade ambiental. Neste sentido, segundo Pampel e Van Es (1977), se as práticas de conservação associadas à agricultura são "ambientalmente lucrativas", deve-se estimular a sua adoção pelos agricultores seja por meio de pesquisas agropecuárias ou por incentivos financeiros.

Para isto, segundo Romeiro (2014), os órgãos públicos de pesquisas agropecuárias estão expandindo as suas agendas com foco em estudos que promovam a redução dos impactos ambientais negativos das práticas agrícolas de degradação. No caso do Brasil, a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) tem como uma de suas funções desenvolver tecnologias e conhecimentos necessários para a implementação das práticas agrícolas conservacionistas adequadas a cada região.

Referente aos incentivos financeiros, atualmente, no Brasil, destaca-se a criação da linha de crédito de financiamento da Agricultura de Baixo Carbono (ABC) pelo BNDES no ano de 2010, cujo principal objetivo é estimular os produtores rurais a adotarem as práticas produtivas ambientalmente sustentáveis que contribuam para a redução das emissões de gases de efeito estufa. Contudo, segundo o Observatório ABC (2013), há muitos problemas na execução e concretização do Programa ABC, ressaltando a falta de conhecimento dessa linha de crédito por parte do produtor rural, além da ausência de infraestrutura de apoio (laboratórios e assistentes técnicos). Tal programa vem na mesma direção do PRONAF ECO, que é uma linha de crédito voltado para a agricultura familiar. Dentre seus objetivos, encontra-se a implantação de práticas conservacionistas e de correção da acidez e fertilidade do solo, visando sua recuperação e melhoramento da capacidade produtiva.

Entretanto, segundo a OCDE (2016), o montante de crédito repassado pelos programas de estímulo à agricultura sustentável é pequeno em comparação com o total de apoio prestado aos sistemas produtivos que adotam práticas convencionais. Diante deste motivo, os atuais programas de crédito correm risco de aumentar as pressões sobre os recursos naturais. Torna-se, portanto, necessária a expansão de programas de apoio e a ampliação das linhas de crédito que estimulem ainda mais a adoção das práticas conservacionistas, uma vez que no Brasil ainda persiste a lacuna de adoção de tais práticas, como pode ser observado na Tabela 1, a partir dos dados do Censo Agropecuário 2006.

Tabela 1 - Percentual da área total dos estabelecimentos agropecuários brasileiros por prática agrícola e diferentes grupos de áreas, em 2006

| Tipo de prática agrícola | Grupos de Áreas* | | | | Brasil |
|---|------------------|---------|-------|--------|--------|
| | Minifúndio | Pequeno | Médio | Grande | |
| Plantio em nível | 2,63 | 11,99 | 29,18 | 56,14 | 28,25 |
| Uso de terraços | 0,29 | 1,89 | 5,78 | 22,44 | 8,59 |
| Rotação de culturas | 1,10 | 6,16 | 11,96 | 28,18 | 13,39 |
| Uso de lavouras para recuperação de pastagens | 0,35 | 2,73 | 10,13 | 26,14 | 11,11 |
| Pousio ou descanso de solos | 0,52 | 2,73 | 7,42 | 16,85 | 7,78 |

Fonte: IBGE (2009), Censo Agropecuário 2006. Nota: a divisão por grupos de áreas foi baseada em hectares (minifúndio - 1ha a 10 ha, pequeno - 10ha a 50ha, médio - 50ha a 500ha e grande - maior que 500 ha).

Ao analisar o percentual da área total dos estabelecimentos agropecuários por práticas conservacionistas e diferentes grupos de áreas (minifúndio, pequeno, médio e grande), nota-se que em todos os grupos há um baixo percentual de adoção (Tabela 1).

Porém, dentre os grupos de áreas, os grandes estabelecimentos agropecuários possuem os maiores percentuais de área com essas práticas.

Prokopy *et al.* (2008), por meio de uma meta-análise da literatura da agricultura de conservação, encontraram heterogeneidade no uso das práticas conservacionistas, sobretudo em termos de tamanho e de localidade das fazendas. Além disso, segundo Kassam, Derpsch e Friedrich (2014), deve-se ponderar também as restrições impostas pelas práticas conservacionistas, pois estas exigem um maior grau de conhecimento e gestão intensiva somado à demanda pela adaptação das tecnologias em ambientes de produção específicos. Além do mais, a adoção de tais práticas inicialmente pode ser também difícil e custosa, devido às características do solo, como no semiárido brasileiro, sendo necessárias inovações especiais dada essas condições, além de demandar a reestruturação do sistema produtivo, carecendo de maior aporte de capital.

Dadas essas restrições para a adoção das práticas conservacionistas, Tosakana *et al.* (2010) alegam que é provável que fazendas com maiores proporções de áreas (médios e grandes estabelecimentos rurais) destaquem-se em oposição aos mini e pequenos, visto que dispõem de nível tecnológico mais elevado, melhores condições de acesso ao crédito e aos mercados, além de possuírem economias de escala associadas à implementação destas práticas. De acordo com Sherlund, Barret e Adesina (2002), em decorrência de vários fatores como a baixa escolaridade, os pequenos estabelecimentos agropecuários tendem a apresentar menores níveis de eficiência técnica (transformação dos insumos em produtos) e alocativa (alocação ótima dos insumos que minimiza os custos de produção) comparado aos maiores estabelecimentos.

Deste modo, como a agricultura de conservação necessita de maior conhecimento, o sucesso da adoção de práticas conservacionistas dependerá em grande parte da forma com que o agricultor faz a gestão de seu estabelecimento agropecuário, da renda disponível e de sua experiência no meio rural (EKBOIR, 2002). Esta pode ser também uma das principais razões pelas quais a adoção de práticas conservacionistas são mais lentas no segmento dos pequenos agricultores comparadas às grandes explorações, o que pode resultar em uma menor eficiência técnica.

Mas, de modo geral, o fato de a adoção das práticas ainda continuar limitada pode ser devido, em partes, às características pessoais, socioeconômicas, culturais, bem como a falta de conhecimento sobre estas práticas ou das informações técnicas, apego às tradições das gerações anteriores, dificuldades de aprendizagem, características da

própria tecnologia, receio de prejuízos econômicos ou até mesmo o custo de adotar tais práticas (WREFORD; IGNACIUK e GRUÈRE, 2017).

Deste modo, Kassam *et al.* (2014) alegam que as instituições geradoras de conhecimento devem alinhar cada vez mais os estudos em pesquisa, ensino e extensão de modo a fomentar a adoção e difusão de sistemas e práticas agrícolas conservacionistas, por parte dos agricultores. O desenvolvimento da agricultura de conservação auxiliará na solução para enfrentar os desafios futuros, incluindo a pobreza, a fome, a degradação de recursos e o agravamento das mudanças climáticas em países como o Brasil (KASSAM *et al.*, 2014).

No entanto, a forma como o setor agrícola brasileiro se adapta às mudanças necessárias para enfrentar esses desafios no sistema produtivo com a adoção das práticas conservacionistas e como os agricultores asseguram sua sobrevivência como unidades de produção, dependem, em última instância, do uso eficiente dos insumos. Deste modo, tanto a análise da eficiência técnica quanto dos impactos da adoção destas práticas são componentes importantes para que se possam idealizar mudanças estruturais necessárias ao setor agrícola e na concepção de políticas públicas moldadas à realidade dos estabelecimentos rurais brasileiros.

Portanto, encontrar uma tecnologia apropriada pode ser apenas uma resposta parcial ao problema da degradação do solo pela atividade agrícola no Brasil, uma vez que a chave para a solução desse problema reside em, inicialmente, entender os fatores que causam essas tendências (de adoção ou não) e avaliar a eficiência dessas práticas no contexto da área rural brasileira.

1.2 O Problema e sua Importância

Diante desse contexto e da relevância do setor agrícola em relação ao crescimento interno e, de forma mais ampla, promovendo o Brasil à condição de importante fornecedor no mercado mundial de alimentos, a questão fundamental que norteará este estudo será: as diferentes práticas conservacionistas podem alterar o lucro, a produtividade e o nível de eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários brasileiros?

O desafio de desenvolver sistemas produtivos capazes de atender às demandas atuais do mercado e da sociedade, sem causar impactos negativos e comprometer as

gerações futuras tornou-se imprescindível para os estabelecimentos rurais. Entretanto, esta tarefa não é fácil, pois demanda reformulação dos procedimentos adotados, de culturas utilizadas e de estratégias empregadas. Essas transições, de certo modo, geram incertezas para os agricultores, pois receiam a perda da lucratividade e produtividade, o aumento dos custos e a diminuição da eficiência técnica.

Deste modo, considerando que a viabilidade econômica é o princípio norteador dos produtores rurais e o fato da sustentabilidade pautada nas práticas conservacionistas ser imprescindível para a manutenção de uma produção agrícola sustentável, há assim um impasse. Ponderando a necessidade de sobrevivência dos estabelecimentos rurais a partir do lucro e do retorno sobre o capital investido, seria simplório o pensamento de que as práticas conservacionistas poderiam ser desenvolvidas somente a partir da conscientização dos agricultores.

Consoante a isso, Putte *et al.* (2017) afirmam que diversos estudos mostraram que a agricultura de conservação ocasiona a sustentabilidade ambiental por meio do combate à erosão e conservação do solo e da água, no entanto esse não é o principal fator impulsionador nas decisões dos agricultores em adotar ou não as práticas conservacionistas. Para serem atrativas e passíveis de adoção por parte do produtor, é fundamental que estas gerem lucro e ganhos de produtividade no final do processo produtivo. Assim, os fatores econômicos tendem a ser mais relevantes, porém há ainda muitas incertezas neste domínio (PUTTE *et al.*, 2017).

Por essa razão, é necessário mensurar o impacto da adoção das práticas conservacionistas no lucro e na produtividade, identificar os fatores que explicam a adoção destas práticas e o seu efeito no nível de eficiência técnica de modo a propiciar informações mais claras e objetivas que poderão eliminar as incertezas e incentivar os agricultores a adotarem estas práticas ao tomar conhecimento dos seus benefícios.

Na literatura internacional, dentre os estudos que objetivaram fazer estas análises, destacam-se Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007), Prokopy *et al.* (2008), Nyangena (2008), Putte *et al.* (2010), Nkegbe (2012), Ahmed *et al.* (2014) e Kotu *et al.* (2017). Baseados nos resultados de alguns desses estudos, constata-se que o impacto da adoção das práticas conservacionistas é incerto, podendo produzir rendimentos menores, equivalentes ou maiores do que o preparo convencional. Estes resultados variantes acontecem em razão das heterogeneidades dos lugares estudados dadas as diferenças nas condições locais. Além disso, de modo geral, há poucas variáveis que explicam a adoção

de práticas de conservação de forma padrão. Isso significa, segundo Knowler e Bradshaw (2007), que não há uma fórmula simples para explicar quais fatores serão mais importantes em um determinado caso e que a compreensão das condições locais é fundamental para estudos que tem o propósito de impulsionar a adoção da agricultura de conservação. Ao mesmo tempo, alguns destes estudos supracitados concluíram que os adotantes das práticas de conservação obtiveram uma melhora na eficiência técnica do que aqueles que não adotam.

No Brasil, há alguns estudos relacionados a análises econômicas das práticas conservacionista. Dentre estes estudos, Duarte (2009) identificou os fatores que influenciam a adoção de tecnologias preservacionistas do ponto de vista ambiental, pelos agricultores familiares do Nordeste do Brasil. Sarcinelli, Marques e Romeiro (2009), por sua vez, estudaram os custos e os benefícios econômicos da implantação e manutenção de práticas e medidas para conservação do solo em diferentes sistemas agropecuários estabelecidos na microbacia hidrográfica do Córrego Oriçanguinha/ São Paulo. Em relação ao estudo de Campos, Coelho e Gomes (2012), eles avaliaram a importância dos recursos naturais sobre a produção agropecuária em Minas Gerais e das ações humanas de conservação do meio ambiente. Tittoto (2014) identificou quais são os fatores determinantes para a adoção de práticas ambientais responsáveis em um empreendimento agrícola localizado em Jaboticabal/ São Paulo. Ferrari (2015) verificou e analisou o nível de conhecimento dos produtores rurais em Dois Córregos/ São Paulo com relação às técnicas de conservação e manejo de solos. Telles (2018) verificou se a utilização do plantio direto na palha, comparado aos outros tipos de preparo do solo, tem alguma relação com o preço das terras agrícolas no Brasil e se apresenta alguma evidência no caso do Estado do Paraná.

Contudo, os estudos supracitados não objetivaram mensurar o impacto da adoção das práticas conservacionistas na produtividade e no lucro dos estabelecimentos agrícolas, além de não terem identificado os fatores que interferem na capacidade de todos os agricultores brasileiros de adotar ou não essas práticas. Por conseguinte, esta pesquisa buscará suprir a lacuna de estudos a respeito dessa análise, por meio dos microdados do Censo Agropecuário de 2006.

Outra contribuição para a literatura encontra-se na estimação da fronteira estocástica de produção, por meio da função de produção, separando a análise por adotantes e não adotantes das práticas agrícolas conservacionistas. Além disso, ao inserir

na função da fronteira as *dummies* de grupos de áreas, é possível comparar as médias dos escores de eficiência técnica. Esta análise é relevante, uma vez que o tamanho do estabelecimento e o fato de adotar ou não as práticas agrícolas conservacionistas podem estar relacionados a uma fronteira de produção estocástica específica e, sendo assim, os resultados estimados em nível nacional podem omitir algumas particularidades de cada grupo considerado.

De forma mais geral, este estudo pode contribuir para a literatura e para a gestão dos recursos naturais na medida em que provoca uma reflexão sobre a associação da sustentabilidade ambiental e econômica da adoção das práticas conservacionistas em sistemas produtivos agrícolas. O estudo, além da contribuição para a literatura, também fornece subsídio ao desenvolvimento e implementação de políticas que estimulem o uso e a gestão sustentável dos recursos naturais por meio da adoção de tais tecnologias, o qual, em razão de uma melhor compreensão da dinâmica e dos fatores que condicionarão ou daqueles que possivelmente, restringirão a adoção de práticas de conservação, facilita a formulação de intervenções adaptadas à realidade dos estabelecimentos agropecuários brasileiros.

1.3 Hipóteses

- a) Os estabelecimentos agropecuários que adotam práticas agrícolas conservacionistas têm, em média, maiores níveis de eficiência técnica do que aqueles estabelecimentos que não fazem uso dessas práticas;
- b) Os estabelecimentos rurais brasileiros com maiores áreas são mais eficientes com a adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas em contraposição aos pequenos.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo Geral

Analisar a adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas pelos estabelecimentos agrícolas brasileiros.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) determinar o efeito da adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas sobre a produtividade e o lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros;

b) identificar os fatores que interferem na capacidade de adoção, por parte dos agricultores brasileiros, de práticas agrícolas conservacionistas; e

c) mensurar o efeito da adoção das práticas agrícolas conservacionistas sobre a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários brasileiros divididos por grupos de áreas.

2. AGRICULTURA E SUSTENTABILIDADE

Esta seção propõe uma discussão, relacionando o papel do setor agrícola e a sustentabilidade. Primeiramente, são abordados os principais desafios atuais da sustentabilidade agrícola brasileira. Em seguida, descreve-se o panorama de adoção das práticas agrícolas conservacionistas no Brasil e os seus conceitos. E por fim, apresentam-se os trabalhos na literatura nacional e internacional que buscaram identificar fatores que são relevantes para influenciar a capacidade de adoção de práticas agrícolas conservacionistas.

2.1 Desafios da Sustentabilidade Agrícola Brasileira

Dentre os debates recentes sobre os sistemas produtivos da agricultura brasileira, o desafio da sustentabilidade ganha cada vez mais força. A crescente demanda de alimentos e insumos para a indústria, a necessidade de aumento de produtividade agrícola sem causar a degradação do meio ambiente e comprometimento dos recursos naturais representam desafios ao setor agropecuário brasileiro à construção de uma agricultura assentada em bases sustentáveis (RODRIGUES, 2016).

Segundo Feix, Miranda e Barros (2010), apesar da atividade agrícola desempenhar um papel essencial para a erradicação da fome no mundo, ela está simultaneamente associada à degradação dos recursos naturais. Isto ocorre porque a modernização da agricultura brasileira esteve continuamente atrelada à adoção de pacotes tecnológicos, que apesar de propiciarem em um primeiro momento o aumento da produção e da produtividade, ocasionaram posteriormente vultosos problemas ambientais para o setor.

A produção agropecuária, segundo a FAO (2003), é a principal fonte antropogênica de emissão de gases de efeito estufa e contribui expressivamente para outras modalidades de contaminação do ar e da água. Além disso, Feix, Miranda e Barros (2010) afirmam que as principais causas da perda de biodiversidade no mundo estão relacionadas aos métodos degradativos agrícolas, florestais e pesqueiros adotados.

Há na literatura estudos, a exemplo de Camargo *et al.* (2017), que desenvolveram uma discussão em torno da agricultura brasileira alegando que o modelo de desenvolvimento agrícola adotado é insustentável. Segundo Camargo *et al.* (2017), a utilização de práticas degradativas, a exemplo dos desmatamentos para a expansão da

fronteira produtiva, uso intensivo de máquinas para o preparo do solo (a exemplo de arados e grades), utilização excessiva de defensivos agrícolas e fertilizantes químicos e ao arranjo ineficiente destes e dos demais insumos, mostrou-se inadequada e insustentável para a produção no Brasil, que possui clima tropical. Os sistemas produtivos baseados unicamente no uso desses insumos modernos acarretaram muitos problemas como a devastação de grandes áreas produtivas, a contaminação dos recursos hídricos e dos alimentos e a erosão, e compactação dos solos.

Feix, Miranda e Barros (2010) chamam a atenção para o caso particular das *commodities* agrícolas, devido à necessidade de contínuos ganhos de produtividade com o objetivo de transpor as barreiras protecionistas no mercado internacional, é vista como incompatível comparado aos padrões sustentáveis de produção.

Diante desses problemas assinalados, Assad e Almeida (2004) enumeram cinco desafios que ainda precisam ser superados para que se obtenha uma base tecnológica com vistas à consolidação de uma agricultura sustentável. Assim, os autores listam os desafios: (i) ambientais, que consistem em buscar sistemas de produção agrícola de tal forma que a dependência de insumos externos e de recursos naturais não-renováveis seja mínima; (ii) econômicos, que incidem na adoção de sistemas de produção/cultivo que minimizem perdas, que apresentem produtividade compatível com os investimentos realizados, e em estabelecer mecanismos que assegurem a competitividade do produto agrícola no mercado; (iii) sociais, que recaem na construção de novos padrões de organização social da produção agrícola e da gestão de novas formas de estruturas produtivas; (iv) territoriais, que estão na busca pela viabilização de uma efetiva integração agrícola com o espaço rural; e (v) tecnológicos, que se encontram no desenvolvimento de novos processos produtivos por meio de tecnologias menos agressivas ambientalmente, mantendo uma adequada relação produção/produtividade.

Nessa lógica, Rodrigues (2016) enuncia outros três para a busca da sustentabilidade da agricultura. O primeiro desafio refere-se a superar a atual dissociação entre pesquisa tecnológica e extensão rural. Isso em razão de a inovação de práticas produtivas originadas nos institutos de pesquisas não está inserida nos sistemas produtivos, seja pela ausência de adequada difusão tecnológica, seja pela desarticulação entre pesquisa, extensão rural e os segmentos produtivos aptos a se beneficiar destas tecnologias. O segundo desafio refere-se à disseminação do conhecimento, sobre os sistemas agrícolas e as relações dinâmicas com o ecossistema em seu entorno. O terceiro

desafio consiste na necessidade de adequação de tecnologias que considerem as disparidades socioeconômicas e culturais da população rural, sobretudo no contexto de países em desenvolvimento (RODRIGUES, 2016).

Perante esses desafios, de acordo com Veiga (1994), a concordância do *slogan* "agricultura sustentável" indica uma decisiva mudança de atitude quanto ao futuro do sistema agroalimentar. E é essa mudança que estimula o contínuo diálogo entre pesquisadores, ativistas, agricultores, e demais profissionais, para desenvolverem sistemas agrícolas rentáveis, que produzam em larga escala para acompanhar o crescimento demográfico do planeta e que gerem o mínimo de impactos ambientais negativos (VEIGA, 1994).

Por conseguinte, as práticas agrícolas conservacionistas têm um importante papel na superação do desafio da expansão da produtividade para atender a demanda crescente por alimentos e manter a produção agrícola sustentável. Algumas destas práticas, como o uso de rotação de culturas, terraços, plantio em curvas de nível, lavoura para recuperação de pastagens e pousio ou descanso do solo possuem significativo potencial de preservação dos recursos naturais como solo, biodiversidade, recursos hídricos, além da manutenção de níveis de produtividade, com potencial de aplicação, sobretudo, por pequenos produtores (RODRIGUES, 2016).

No entanto, a adoção de algumas destas práticas demandam investimentos iniciais para adaptação e correção do solo, equipamentos, instalações, capacitação, etc., tornando imperativos os incentivos por meio da criação de linhas de crédito para o seu financiamento.

Segundo Sambuichi *et al.* (2012), um dos principais desafios de desenvolver a produção agropecuária sustentável é exatamente conciliar nas decisões políticas os aspectos econômicos, sociais e ambientais. Comumente, há *trade-offs* entre essas três vertentes, que acaba levando ao favorecimento de um em detrimento dos demais, resultando na construção de políticas conflitantes.

Isso é constatado na trajetória da evolução da agricultura brasileira que foi derivada da adoção de um aparato de políticas agrícolas (a exemplo dos preços mínimos, crédito agrícola e também da extensão rural e pesquisa agropecuária) que promoveram a melhoria da tecnologia utilizada e as condições para a expansão da produção e da produtividade (BINI *et al.*, 2016).

Essas políticas agrícolas, de acordo com BINI *et al.* (2016) foram usadas para incentivar a adoção de novas tecnologias e para influenciar os produtores a se dedicarem a determinadas culturas. Um exemplo disso é o crédito agrícola para investimento, que foi um fator determinante para o avanço da mecanização da agricultura no Brasil. Por sua vez, o crédito de custeio foi indutor do uso de insumos modernos (fertilizantes, agroquímicos) e influenciou nas decisões de plantio ao direcionar os recursos para algumas monoculturas, principalmente as que estavam na pauta de exportação (BINI *et al.*, 2016).

No entanto, ainda segundo Bini *et al.* (2016), nos últimos anos, as finalidades das políticas agrícolas estão se modificando. Ainda que busquem incentivar a produção, passam também a atender os objetivos de segurança alimentar, preservação ambiental, zoneamento agrícola, entre outras dimensões. Em consonância, Dolabella (2014) analisou as políticas federais nos últimos quarenta anos objetivando o uso sustentável e a conservação dos solos agrícolas em três fases. A primeira fase, ainda segundo o autor, refere-se a década de 70, que com a intensificação e mecanização da agricultura, a erosão dos solos agrícolas tornou-se um grave problema. Por conseguinte, a linha de ação do governo foi em termos de comando e controle, quando se instituiu a lei federal determinando que o Ministério da Agricultura produzisse os planos e métodos de proteção do solo e controle de erosão a serem empregados pelos agricultores como condição prévia ao uso dos solos do imóvel rural. Nessa conjuntura, Dolabella (2014) menciona que foi criada a Lei nº 6.225, de 1975, e posteriormente se instituiu o decreto 77.775, de 1976, que regulamentou a Lei anterior, em que aos agricultores foi atribuído o dever de adotar as recomendações oficiais de práticas conservacionistas para o uso dos solos agrícolas e de submeterem-se à orientação técnica de profissional credenciado pelo Ministério da Agricultura.

A segunda fase compreendeu o momento de redemocratização do país, em que se sancionou a Lei nº 8.171, de 1991, conhecida como Lei de Política Agrícola, por meio do qual a responsabilidade pela fiscalização e preservação dos recursos naturais incidiu tanto no agricultor quanto ao Poder Público. Contudo, não havia restrições legais ao agricultor pela opção da área a ser cultivada e a técnica de plantio e manejo dos solos a ser empregada (DOLABELLA, 2014).

Nos anos 2000, que compreendeu a terceira fase de análise de Dolabella (2014), este afirma que a política para o setor agrícola passou a ser pautada em planos e programas

que concedem incentivos ao uso sustentável dos recursos naturais. Sobretudo por meio de linhas específicas de crédito subsidiado para que adotem um conjunto de práticas agrícolas que levem à conservação dos recursos naturais e à transição para uma agricultura de baixo carbono, como o já citado Programa ABC (constituído ao amparo do artigo 3º do Decreto nº 7.390/2010) e o Pronaf ECO (DOLABELLA, 2014).

Portanto, a adoção de critérios ambientais na concessão do crédito deixaria de ser apenas uma estratégia de nicho para ser uma regra de conduta, servindo de estímulo aos produtores para seguirem a legislação socioambiental (BINI *et al.*, 2016). Nesta perspectiva, de evolução e novas diretrizes na legislação Federal, observadas nos últimos anos, houve também a criação do Novo Código Florestal, assim como a criação de instrumentos de planejamento, controle, monitoramento, planejamento ambiental e combate ao desmatamento, como o Cadastro Ambiental Rural (CAR) e o Programas de Regularização Ambiental (PRA).

O Cadastro Ambiental Rural (CAR) instituído em 2012 com a Lei do Código Florestal nº 12.651/12, e regulamentado em 05 de maio do ano de 2014, tem o objetivo de auxiliar o processo de regularização ambiental dos imóveis rurais, garantindo o cumprimento da obrigação de defender e preservar os recursos naturais conforme coloca a Constituição Federal. Pela referida Lei, o registro da propriedade no CAR é obrigatório, pode ser realizado por meio eletrônico, de alcance nacional e público (BRASIL, 2012).

Atualmente no Brasil, há ainda um grande número de propriedades rurais que se encontra com algum tipo de irregularidade ambiental. Deste modo, o CAR é um mecanismo que auxiliará na regularização e na garantia de cumprimento da legislação ambiental por parte dos produtores rurais, até mesmo como incentivo ao produtor a buscar novos investimentos.

Assim, o produtor rural que pretenda regularizar sua atividade agrícola precisará adotar medidas para garantir a viabilidade ambiental da sua propriedade rural, resultando em benefícios para o meio ambiente que se reflete em ganhos próprios e para toda a sociedade. Dentre as possíveis medidas a serem tomadas pelo agricultor, está a adoção de práticas conservacionistas para o manejo do solo para diminuir as perdas de fertilidade, que em conjunto com a escolha apropriada das culturas em relação às características ambientais da propriedade, são os mecanismos essenciais para o desenvolvimento rural sustentável.

Deste modo, apesar de já ocorrer uma mobilização para a expansão do número de produtores que adotem estas práticas, é importante observar a conjuntura, ou seja, como está o percentual de adoção dessas práticas nas regiões brasileiras, que será apresentado na próxima subsecção.

2.2 Práticas Agrícolas Conservacionistas no Brasil

As práticas agrícolas como plantio em curva de nível, terraços, pousio ou descanso dos solos, rotação de culturas e uso de lavouras para recuperação de pastagens possuem diferentes potenciais conservacionistas e podem ser utilizadas em conjunto pelos agricultores visando à conservação do solo. Estas práticas são destinadas principalmente ao controle da erosão ou a recuperação do solo por meio do melhoramento das suas condições químicas, físicas e biológicas (TELLES, 2018). Além disso, em comum possuem o propósito de manter o solo produtivo ou recuperar suas condições de produtividade, quando degradado.

Porém, apesar da existência de alternativas produtivas de redução do impacto ambiental da atividade agrícola, é necessário destacar que o percentual de utilização de práticas conservacionistas é muito pequeno no país. Segundo dados do Censo Agropecuário de 2006, em termos percentuais da área total, 28,25% possuem plantio em curvas de nível, 8,59% em terraços, 13,39% em rotação de cultura, 11,11% em lavouras para recuperação de pastagem e 7,78% com pousio ou descanso do solo (IBGE, 2009).

No caso do plantio em curvas de nível, esta é uma técnica adotada para o aproveitamento de terrenos em declive para a produção agrícola, no qual todas as operações de preparo do solo, marcação e plantio obedecem às curvas de nível do espaço agricultável. Essa técnica de plantio consiste em sulcos alinhados em um mesmo nível, onde são colocadas as sementes, deixando espaços entre cada fileira de vegetais. Assim, esta disposição espacial ao respeitar o relevo do terreno, faz com que as linhas de plantio interceptem a enxurrada, reduzindo a velocidade de escoamento água e aumentando a sua infiltração, tendo assim, um papel essencial na recarga do lençol freático, além de prevenir o arraste das partículas do solo (EMBRAPA, 2012).

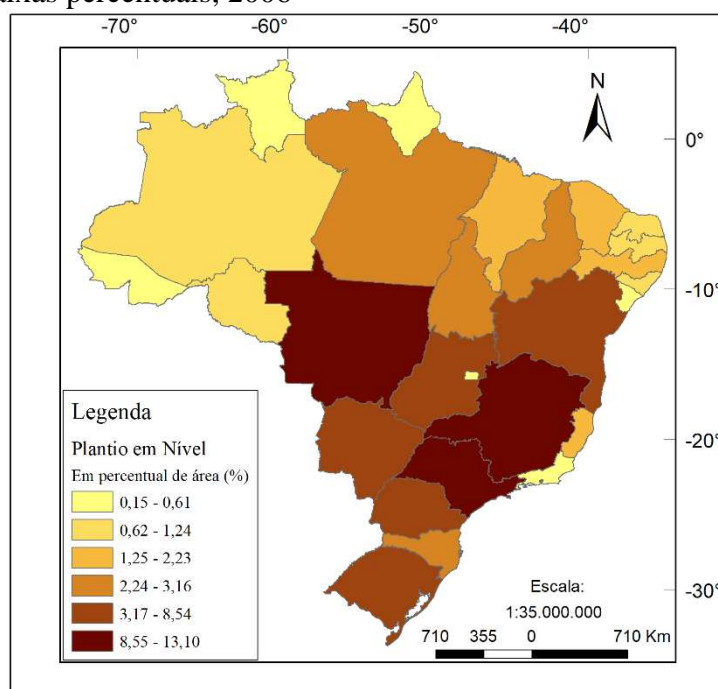
No entanto, apesar desses benefícios, em algumas regiões brasileiras, ainda se observa o plantio que não leva em consideração as curvas de nível do terreno e são realizados no sentido de declive. Esse tipo de plantio, ao contrário do plantio em nível,

tem implicações danosas ao meio ambiente, porque cria condições ideais para ocorrer a erosão, ao facilitar os caminhos pelos quais a água pode percorrer e ganhar velocidade.

Um dos principais motivos da resistência em adotar essas técnicas conservacionistas de manejo do solo é o costume inerente dos agricultores, em usar técnicas passadas de geração para geração, como o cultivo morro abaixo. Além disso, há a falta de um acompanhamento técnico, o que dificulta a disseminação dessa técnica e a conscientização do produtor com relação à forma adequada de plantio em terrenos íngremes.

Na Figura 1 é apresentada a distribuição estadual do percentual da área de uso da prática do plantio em curvas de nível no Brasil. O destaque está nas áreas mais escuras do mapa; na região Sudeste, destacam-se São Paulo (10,81%) e Minas Gerais (13,10%) e, no Centro-Oeste, o destaque é o estado de Mato Grosso (12,01%).

Figura 1 - Participação relativa do plantio em nível, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais, 2006



Fonte: Elaborado pela autora, a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

Entretanto, o plantio em nível aplicado isoladamente não controla a perda de solo, seja em terrenos de relevo irregulares, regiões de chuvas cuja intensidade e volume superam a capacidade de infiltração da água ou em solos passíveis de erosão (EMBRAPA, 2012). Comumente, a eficácia do plantio em nível está associada ao uso

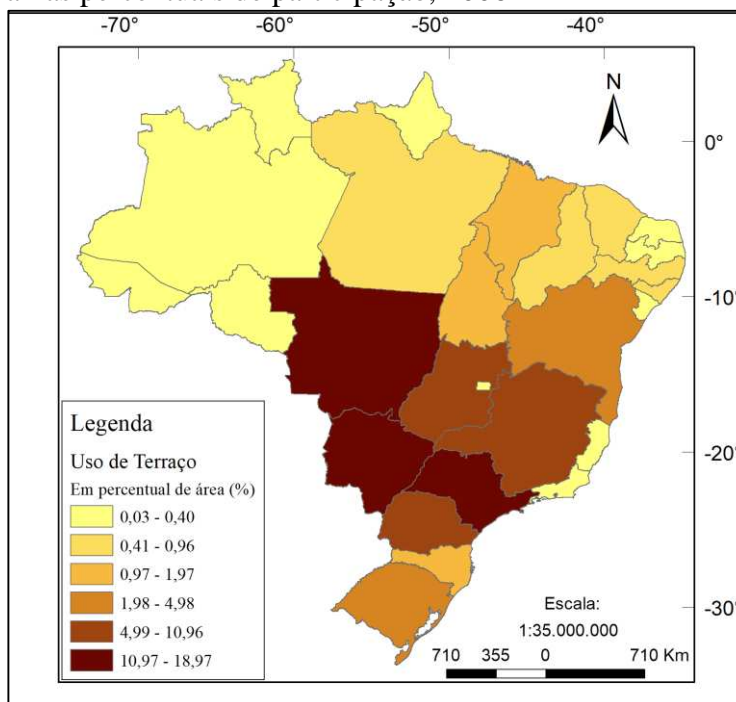
dos sistemas de terraços, rotações de culturas, manutenção da cobertura do solo dentre outros sistemas.

A construção dos terraços, por sua vez, são técnicas mecânicas adotadas quando o terreno é muito inclinado, assim, a plantação deve ser feita em faixas planas, similar a degraus de uma escada. Ou seja, esta prática consiste na construção de degraus no sentido transversal à declividade do terreno (PRUSKI, 2009; PIRES e SOUZA, 2006). A terminologia “terraços” usualmente se refere há um conjunto composto de um canal (valeta) com um camalhão (monte de terra), construído em intervalos dimensionados (PIRES e SOUZA, 2006). A grande vantagem desse método, semelhante ao plantio em curvas de nível, consiste na diminuição da velocidade de escoação da água das chuvas ao descer pela encosta, o que reduz o escoamento de agroquímicos e nutrientes evitando assim a erosão.

Segundo Pires e Souza (2006), o uso da prática de terraceamento diminui as perdas de solo em 70% a 80% e a de água em até 100%, confirmando a eficiência desta prática quanto ao controle de erosão. Ainda assim, para funcionar em sua capacidade máxima e exercer plenamente suas funções, os terraços devem ser cuidadosamente delineados (saber qual o tipo de terraço certo em conformidade com as características do terreno, dimensioná-lo, etc.), construídos e conservados (limpo, reforçado, etc.), por profissionais que possuam formação para este fim e que tenham orientação técnica. Por se tratar de um procedimento mecânico, o terraceamento é umas das práticas agrícolas que exigem um aporte financeiro maior. Por isso, deve ser usado apenas quando não é possível controlar a erosão hídrica em níveis satisfatórios com a adoção de outras práticas mais simples de conservação do solo.

A Figura 2 apresenta o percentual da área de uso de terraços no Brasil. Nota-se a concentração na região Centro-Oeste, ressaltando os estado de Mato Grosso (18,97%) e Mato Grosso do Sul (14,31%). Na região Sudeste, destaca-se o estado de São Paulo (16,71%). Norte (2,79%) e Nordeste (10,21%) são as regiões que menos utilizam terraços.

Figura 2 - Participação relativa do uso de terraços, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação, 2006



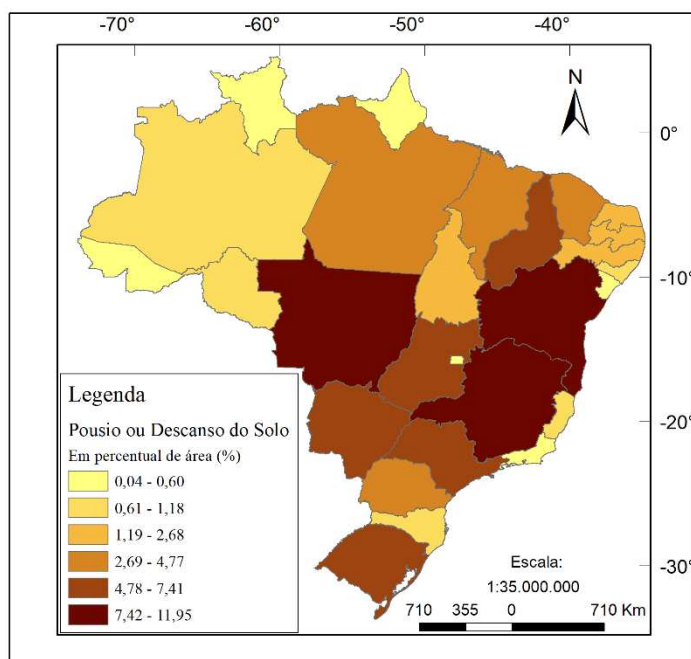
Fonte: Elaborado pela autora, a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

Na atividade agrícola, é importante respeitar as condições naturais da terra e as particularidades de cada cultura para garantir a qualidade dos alimentos provenientes desse processo produtivo e manter a saúde do solo para utilização em futuros plantios. Nessa perspectiva, o pousio é uma prática conservacionista que consiste no descanso proposital do terreno por algum período, de modo que o solo recupere sua estrutura física, química e biológica além de restaurar a profundidade de enraizamento, tornando-se fértil outra vez (EMBRAPA, 2012).

Esta é uma prática tipicamente adotada por pequenos agricultores, que geralmente realizam o plantio por três anos seguidos e deixam esta área “descansar” por um tempo. Ou seja, é uma forma de regeneração natural do solo. A quantidade de tempo de repouso depende do meio ao qual se está inserido e tipo de cultura.

Esse tipo de prática, de acordo com os dados do Censo Agropecuário de 2006, é pouco utilizado no Brasil. Os estados de Minas Gerais (11,82%), Mato Grosso (11,95%) e Bahia (10,68%) sobressaem como aqueles com maiores percentuais da área total que adotam pousio ou descanso do solo. Roraima (0,22%) e Amapá (0,04%) se destacam por terem os menores percentuais da área total, com tal prática (Figura 3).

Figura 3 - Participação relativa do pousio ou descanso do solo, segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação, 2006



Fonte: Elaborado pela autora, a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

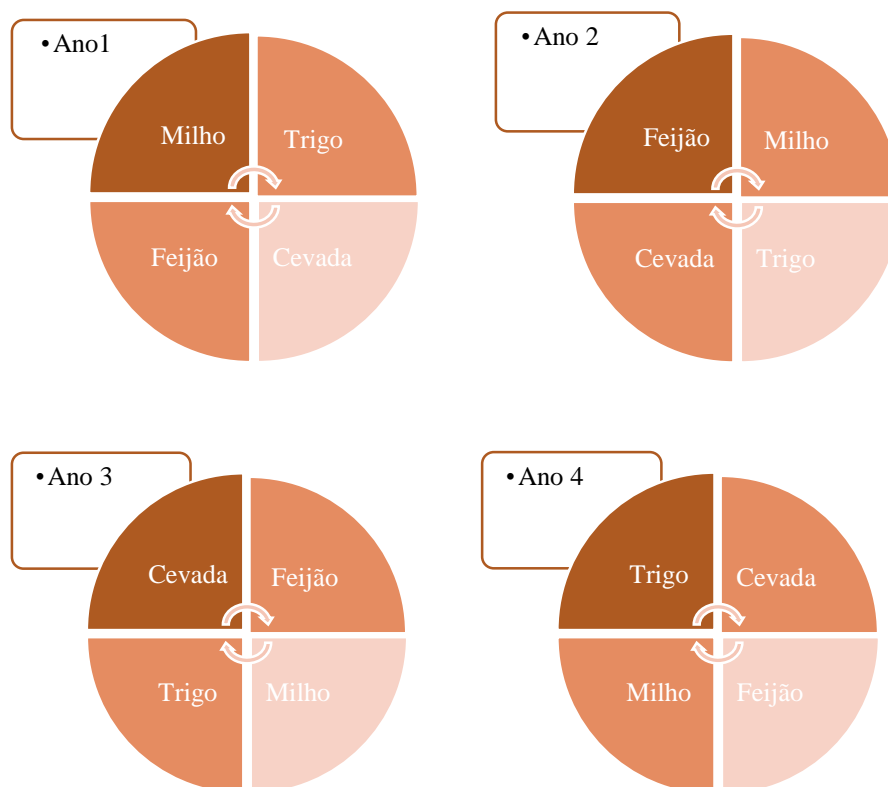
Na natureza, os processos tendem a ser diversificados, o que contribui para um equilíbrio dinâmico e torna sustentável a disponibilidade de recursos naturais (ISGA, 2010). Porém, a persistência de atividades repetitivas num mesmo ecossistema, como o uso de monoculturas, leva ao aumento continuado dos esforços para manutenção do seu equilíbrio, colaborando para a degradação física, química e biológica do solo e queda da produtividade. No entanto, buscando reduzir a vulnerabilidade promovida pela adoção da monocultura, é fundamental a adoção da rotação de culturas, que torna, ao longo do tempo, o sistema mais produtivo e ambientalmente mais sustentável, possibilitando o aumento do equilíbrio dos processos (ISGA, 2010).

Em termos conceituais, a rotação de culturas é definida como sendo a alternância de diferentes espécies vegetais de forma ordenada, em determinado espaço de tempo (ciclo), na mesma área e na mesma estação do ano, preferencialmente com culturas que possuem sistemas radiculares diferentes, a exemplo de gramíneas e leguminosas, onde cada espécie deixa um residual positivo no solo beneficiando a cultura sucessora (GONÇALVES *et al.*, 2007; FRANCHINI *et al.*, 2011). Comumente, há confusão entre os conceitos de rotação e sucessão de culturas, no entanto, há diferenças consideráveis entre ambas as práticas. Diferentemente da prática conceituada anteriormente, a sucessão

de culturas consiste no ordenamento de duas culturas na mesma área agrícola por tempo indeterminado, cada uma cultivada em uma estação do ano.

Assim, um exemplo de sistemas de sucessão de culturas é o cultivo do trigo ou do milho safrinha em 100% da área no inverno e pela soja em 100% no verão, sendo que isso se repete por todos os anos. Por outro lado, Franchini *et al.* (2011) em seu estudo fornecem como exemplo de sistema de rotação de culturas, a alternância de diferentes espécies vegetativas em uma mesma estação, de forma que, no inverno, cultiva-se 25% da área com aveia preta e nabo forrageiro, 25% com aveia branca para grão, 25% com milho safrinha e 25% com trigo, enquanto que, no verão, cultiva-se 75% da área com soja e 25% com milho. Outra forma de rotação de cultura utilizada está esquematizada na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de rotação de culturas.



Fonte: Elaborado pela autora.

A alternância de diferentes culturas auxilia na manutenção do balanço da matéria orgânica do solo, na maior exploração de diferentes camadas do solo, além de promover maior fluxo de nutrientes no solo e prevenir a ocorrência de compactação do solo. A

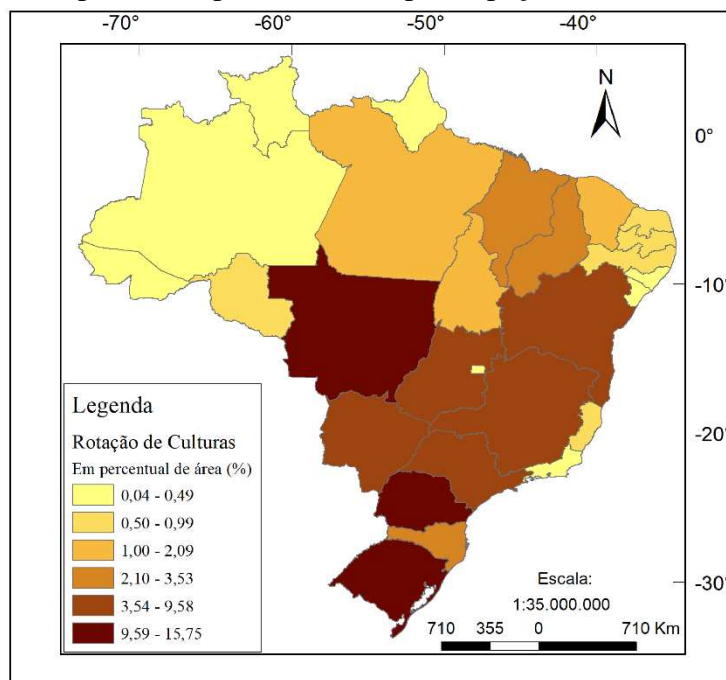
rotação é importante para a produção de palhada para o controle da erosão, elevação dos níveis de carbono no solo, diminuição de ervas daninhas e fertilização dos solos.

Segundo Franchini *et al.* (2011), esse conjunto de potenciais benefícios da rotação de culturas contribui para viabilizar produtividades mais elevadas e a estabilidade da produção com mínima alteração ambiental, além de recuperar ou preservar as características físicas, químicas e biológicas do solo, auxiliar no controle de plantas daninhas, doenças e pragas, assim como racionalizar a utilização de insumos. Adicionalmente, repõe restos orgânicos e protege o solo da ação dos agentes climáticos, sendo executável a semeadura direta e seus efeitos benéficos sobre a produção agropecuária e o meio-ambiente como um todo. Além do mais, a utilização de diferentes culturas para produção de grãos e/ou forragem permite a diversificação da renda, diminuindo os riscos de mercado e de clima inerentes à atividade agropecuária (FRANCHINI *et al.*, 2011).

Neste contexto, nota-se que a rotação de culturas é uma prática viável para a sustentabilidade da produção agrícola, no entanto é preciso que a assistência técnica e os produtores entendam que a adoção desta prática como um investimento na propriedade, cujo retorno irá ocorrer a médio e longo prazo. Porém, no Brasil a utilização de rotação de culturas é pouco expressiva em relação ao total de estabelecimentos: do total de estabelecimentos agropecuários, apenas 12,7% adotam esta prática. Além disso, segundo o IBGE (2009), mais da metade (54,9%) destes não recebem assistência técnica para a aplicação desta prática (IBGE, 2009).

No que se refere ao uso de rotação de culturas em percentual da área total, apresentado na Figura 5, nota-se que na região Sul os estados do Rio Grande do Sul (15,75%) e Paraná (11,15%) são os que apresentam maiores percentuais de área. Na região Centro-Oeste, destaca-se o estado do Mato Grosso (13,79%). Em contrapartida, Amapá (0,04%) e Roraima (0,08%) foram os estados com o menor percentual da área total que adota a rotação de culturas.

Figura 5 - Participação relativa do uso de rotação de culturas segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação, 2006



Fonte: Elaborado pela autora, a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

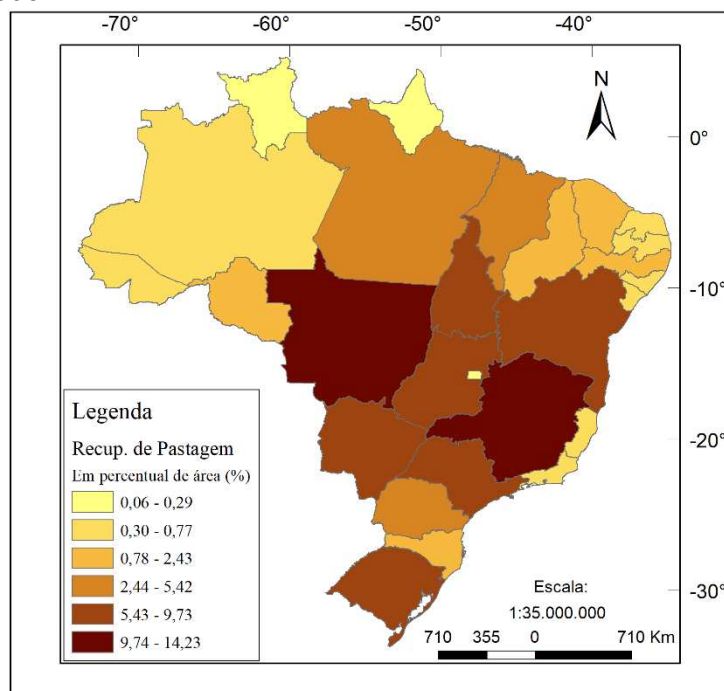
Segundo Gonçalves *et al.* (2007), dentre as espécies que auxiliam na recuperação do solo, as forrageiras se destacam, o que leva a associar a atividade pecuária como uma forma eficiente de manejar o ambiente rural. No entanto, ressalta-se que áreas com pastagem também exigem manejo racional da fertilidade do solo, para obter-se a máxima eficiência de ganho de peso do animal e consequente aumento na produção de carne. Ao fertilizar as culturas anuais nos sistemas de rotação lavoura - pecuária, pode ser possível recompor as propriedades químicas dos solos destinados às espécies forrageiras (GONÇALVES *et al.*, 2007)

Assim, o plantio de lavoura para recuperação de pastagem constitui em uma prática adotada para restaurar as pastagens degradadas em consórcio com o uso de culturas anuais, além do restabelecimento da biomassa forrageira e aumento da capacidade de lotação da pastagem. A degradação das pastagens pode estar vinculada a nutrição deficiente das plantas. Neste caso, a rotação da pastagem com culturas anuais adubadas pode ser a solução para uma boa produção tanto de grãos quanto de carne.

Na Figura 6 é apresentado o percentual da área de uso de plantio de lavoura para recuperação de pastagens no Brasil. Nota-se a concentração do maior percentual nos estados do Mato Grosso (14,23%) e Minas Gerais (11,40%). Por outro lado, a região

Norte destaca-se pelos menores percentuais da área total, a exemplo dos estados de Roraima (0,29%) e Amapá (0,06%) além do Distrito Federal (0,13%).

Figura 6 - Participação relativa do uso de plantio de lavoura para recuperação de pastagem segundo as Unidades da Federação do Brasil, por faixas percentuais de participação, 2006



Fonte: Elaborado pela autora, a partir de tabulações especiais do Censo Agropecuário 2006 do IBGE.

Após estas análises, nota-se que, entre as regiões brasileiras, a adoção das práticas conservacionistas supracitadas está mais concentrada nas regiões do Sul (especialmente nos estados do Paraná e Rio Grande do Sul), Centro-Oeste (destaque para Mato Grosso) e Sudeste (evidenciando os estados de Minas Gerais e São Paulo). Como possível explicação ressalta-se que a predominância do sistema financeiro na região Sul, devido à superioridade de pequenos e médios produtores, pode facilitar o investimento para adoção de práticas conservacionistas. Quanto à região Centro-Oeste, há o predomínio de grandes produtores, além da participação de empresas, *traders* e do autofinanciamento dos produtores que são mais relevantes (BINI *et al.*, 2016).

Em geral, observa-se um baixo percentual de adoção das práticas conservacionistas, visto que há no Brasil o predomínio do sistema agrícola mecanizado e químico, que embora eficiente do ponto de vista da produção em larga escala, possui um impacto ambiental hostil. A preocupação se concentra no elevado consumo de insumos externos que apresentam reservas finitas no planeta, como fósforo, potássio e petróleo.

Em especial, Sambuichi *et al.* (2012) e Shepherd *et al.* (2016) demonstraram grande preocupação com o acesso ao fósforo que está se tornando gradativamente limitado, podendo levar à insegurança alimentar. Além disso, sua aplicação excessiva também causa degradação ambiental e quando escorre para os corpos d'água, é o principal gerador da eutrofização, ou contaminação das águas de lagos, córregos e rios (SAMBUICHI *et al.*, 2012). Deste modo, Shepherd *et al.* (2016) alegam que é imprescindível uma rápida ação de todas as partes interessadas para garantir o uso responsável do fósforo de maneira econômica, ambiental e social.

Nesta perspectiva, o desafio que os pesquisadores e formuladores de políticas públicas enfrentam é compreender os fatores e os processos que levam à adoção de práticas agrícolas em cada caso. Além de buscar por mecanismos que proporcionem aos agricultores dos países em desenvolvimento os incentivos econômicos necessários para expandir as práticas de uso e gestão do solo mais sustentáveis (ANTLE e DIAGANA, 2003).

Por conseguinte, a revisão de literatura apresentada na próxima seção almeja exatamente trazer essa discussão dos principais fatores que podem influenciar na adoção ou não das práticas conservacionistas. Pretende-se com isto dar um importante suporte para a escolha das variáveis que compõem os modelos de probabilidade de adoção estimados neste estudo, além de auxiliar nas discussões dos resultados.

2.3 Fatores que Afetam a Capacidade de Adoção das Práticas Conservacionistas

De modo geral, a teoria econômica não oferece muita orientação para explicar os fatores que influenciam a decisão de um agricultor de realizar a conservação do solo (ASAFU-ADJAYE, 2008). No entanto, há uma ampla literatura que disserta sobre a adoção e difusão de inovações agrícolas e inúmeros estudos que se concentram especificamente na adoção de melhores práticas de gestão, agricultura sustentável ou agricultura de conservação (CARLISLE, 2016). Segundo Antle e Diagana (2003), há uma variedade de fatores que influenciam o uso do solo e as decisões de manejo dos agricultores que, em última análise, podem resultar em conservação ou degradação do solo.

Ressalta-se que, neste estudo não se pretende analisar fatores ligados à atitude do produtor rural, mas sim a sua capacidade. Em outras palavras, a preocupação está em entender os fatores que interferem no aumento ou na diminuição da capacidade dos

agricultores de adotar práticas conservacionistas. Assim, nesta subseção, ao invés de analisar a literatura altamente diversificada sobre a adoção de novas práticas agrícolas, buscou-se identificar fatores que provavelmente serão relevantes para influenciar a capacidade de adoção de práticas conservacionistas por meio da literatura internacional e nacional.

Lee e Stewart (1983) analisaram as relações entre as condições de propriedade da terra e a adoção de práticas de conservação do solo que são eficazes no controle da perda de solo e na redução dos custos totais com insumo nos Estados Unidos. Esta análise indica que os agricultores proprietários possuem baixa probabilidade de adoção da agricultura de conservação quando comparados aos outros grupos (arrendatários e parceiros). Uma explicação para isso é que os proprietários operam em propriedades com áreas menores do que os arrendatários e parceiros, o que sugere que o tamanho operacional pode ser um fator inibidor na adoção das práticas pelos proprietários.

Soule, Tegene e Wiebe (1999) analisaram a influência da posse da terra na adoção de práticas agrícolas de conservação. Os autores distinguiram-se das análises anteriores ao separar os arrendatários conforme o tipo de arrendamento, além de diferenciar as práticas agrícolas de acordo com os custos e possíveis retornos. Assim, Soule, Tegene e Wiebe (1999) identificaram que os agricultores que se enquadram como arrendatários ou parceiros são menos propensos a usarem práticas agrícolas de conservação quando comparados com aqueles que são proprietários. Tanto os “*cash-renters*¹” quanto os “*share-renters*²” têm menos probabilidade do que os proprietários de adotarem práticas (a exemplo de cursos de água, reflorestamento, plantio direto e rotação de culturas) que proporcionam benefícios de longo prazo.

Weir e Knight (2000) investigaram o papel da escolaridade nos níveis de adoção e difusão de inovações agrícolas na parte rural da Etiópia. Por conseguinte, verificaram que o nível educacional é relevante no momento da adoção, mas menos decisivo para a questão de saber se já adotou a prática. Isto acontece porque os adotantes iniciais tendem a ser mais educados e a serem copiados, em um momento posterior, por aqueles produtores com menores níveis de escolaridade, por meio de um processo de

¹ *Cash-renters* refere-se a um tipo de arrendamento em que ocorre a remuneração ao dono da terra por meio de um aluguel com valor pré-estabelecido, independente se houver riscos ou do lucro do arrendatário.

² *Share-renter* refere-se a uma sociedade em que o dono da terra entra com o imóvel e o parceiro com o trabalho, partilhando os riscos, custos, lucros ou eventuais prejuízos.

aprendizagem social, escondendo a verdadeira relação entre educação e adoção. Uma vez que a aprendizagem social pode ocorrer, os autores constataram que um produtor não precisa ter nível de escolaridade elevado para poder observar e compreender as possíveis vantagens de novos insumos, práticas ou técnicas agrícolas.

Ramírez e Schultz (2000) avaliaram a adoção de tecnologias agrícolas e de recursos naturais por pequenos agricultores de países em desenvolvimento. Especificamente, esta análise ocorreu no âmbito de três projetos de transferência de tecnologia na América Central: gerenciamento integrado de pragas na Costa Rica, sistemas agroflorestais no Panamá e conservação do solo em El Salvador. Algumas conclusões gerais dos três casos analisados são que a participação em organizações comunitárias/atividades de agricultores está positivamente relacionada à adoção. Além disso, dependendo do tipo de tecnologia, fatores como acesso ao crédito, assistência técnica, disponibilidade de mão de obra contratada/família, nível de escolaridade, área e o tipo de sistema de cultivo também podem ser importantes determinantes da adoção. Em algumas ocasiões, a idade e a experiência do agricultor podem ter um efeito não linear na adoção e na posse da terra. Embora estatisticamente significativo, os resultados foram contraditórios com a adoção das práticas (em alguns casos efeitos positivos e em outros efeitos negativos).

Antle e Diagona (2003), a respeito da condição do produtor, afirmam que os direitos de propriedade da terra, quando bem estabelecidos, e quando os agricultores entendem como sustentar a produtividade (prevenir a erosão, manter o carbono no solo, etc.), claramente representam um incentivo para gerenciar suas terras, de modo a mantê-las como uma forma valiosa de capital. No entanto, ainda segundo os autores, quando os agricultores não possuem seus direitos assegurados, operando em parcelas de terras marginais, com baixos níveis de escolaridade e desconhecimento de como sua gestão prejudica a produtividade, podem tomar ações que deterioram os recursos do solo de modo involuntário. Além disso, a degradação dos recursos está associada a falhas de mercado causadas pela falta de instituições políticas, jurídicas e econômicas que funcionem bem (ANTLE e DIAGANA, 2003).

Hammad e Borresen (2006) estudaram os impactos socioeconômicos da erosão do solo e da adoção da prática terraços. Para isso realizaram um experimento de campo para a coleta de dados primários por meio de um questionário, em sete aldeias do distrito de Ramallah, localizadas na Palestina. Assim, os autores observaram um lucro líquido de

3,5 a 6 vezes maior em áreas que implementaram terraços comparado às áreas que não adotaram essa prática. Quanto aos fatores percepções dos agricultores, propriedade da terra e geomorfologia foram significativamente e negativamente relacionados aos incentivos para adotar a prática de terraços.

Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007) examinaram a conexão entre adoção de práticas de conservação dos solos e a eficiência técnica dos pequenos e grandes estabelecimentos de agricultores que participaram de projetos de gerenciamento de recursos naturais que buscavam promover a diversificação de culturas e práticas de conservação do solo em Honduras e El Salvador. Os autores concluíram que a educação, a conscientização sobre a erosão do solo, a frequência das visitas de extensão rural e a posse da terra desempenham um papel positivo e significativo na determinação do nível de adoção das práticas de conservação, ao contrário do tamanho da propriedade. Além disso, os produtores com maior nível de investimento na conservação do solo também apresentaram maior eficiência técnica média e operavam em fazendas menores níveis de investimento.

Nyangena (2008) analisou os fatores (capital social, capital humano e integração de mercado) que determinam a adoção bem sucedida de práticas de conservação do solo no Quênia. Um dos principais resultados encontrados refere-se às medidas do capital social (associações, comunidade e informação) que são determinantes significativos e positivos do investimento na conservação do solo. Além disso, o acesso aos mercados e a segurança da posse da terra são cruciais para a adoção das práticas de conservação. No entanto, a educação reduziu os esforços de conservação do solo dos pequenos agricultores à medida que este fator aumentou as oportunidades das famílias em obter maior renda fora do estabelecimento rural. Apesar desta constatação, Nyangena (2008) aconselha que o investimento em educação deva ser persistido além de sugerir a inserção da temática sustentabilidade na agricultura nos currículos escolares para poder auxiliar na conscientização de uma gestão sustentável da terra.

Duarte (2009) focou em identificar os fatores que influenciam a adoção de tecnologias preservacionistas do ponto de vista ambiental pelos agricultores familiares do Nordeste do Brasil. Como resultado, as variáveis referentes ao capital humano, como a escolaridade do chefe da família e a experiência do trabalho, contribuíram positivamente para a adoção de técnicas de produção sustentáveis. Ressaltou-se, também, a importância

do papel do gênero e a presença de serviços de assistência técnica rural na adoção de práticas sustentáveis.

No estudo de Sarcinelli, Marques e Romeiro (2009), o objetivo foi avaliar a viabilidade econômica (custos e benefícios) da adoção de práticas agrícolas e medidas de conservação do solo pelos agricultores da microbacia do Córrego Oriçanguinha, localizada no município do Espírito Santo do Pinhal, São Paulo. Tal análise foi realizada para diferentes sistemas agropecuários, como a construção e a manutenção de terraços, o plantio direto na produção de milho e a manutenção de cordões de mato nas áreas de culturas perenes pela roçada mecanizada. Os resultados demonstraram que a adoção das práticas e medidas de conservação do solo são viáveis economicamente, uma vez que, em todos os sistemas estudados, observaram-se uma relação em que o benefício foi maior que o custo. Entretanto, ocorreu uma redução no valor presente líquido de todas as práticas e medidas estudadas, em função do aumento do custo de implantação e manutenção, sendo este o principal fator considerado pelos agricultores em adotar ou não tais medidas. Portanto, os autores concluem que há a necessidade da elaboração de incentivos de ordem técnica e econômica que estimulem os agricultores à renúncia de parte de sua rentabilidade no curto prazo consoante a uma maior sustentabilidade econômica e ecológica dos sistemas agropecuários em médio e longo prazo.

Tosakana *et al.* (2010) tiveram como objetivo determinar quais os fatores que influenciam a adoção de práticas de conservação, especificamente faixas de proteção e “*gully plugs*”³. A pesquisa envolveu mais de 1.500 agricultores localizados no Norte de Idaho e Leste de Washington, durante nos anos de 2006 e 2007. Em geral, Tosakana *et al.* (2010) mostraram que o nível de educação dos entrevistados, a experiência de gestão e o compromisso em tempo integral com a agricultura não influenciaram a adoção dessas práticas de conservação. Embora uma maior porcentagem de terras arrendadas tenha sido convincente para a adoção de “*gully plugs*” em terrenos altamente inclinados, o arrendamento não impactava no uso de faixas de proteção em terras com leves declives. O custo da implementação não foi um impedimento para a adoção dessas práticas, ao contrário dos regulamentos governamentais e dos custos de manutenção, que foram considerados como desincentivos para convencer os agricultores. Além disso, Tosakana *et al.* (2010) concluem que o principal fator que afetou o uso das práticas analisadas foi a

³ Tradução: duto de escoamento de barranco.

eficácia percebida pelos produtores. Em outras palavras, se os entrevistados percebessem que a eficácia era alta, eles estariam mais propensos a investir na adoção das práticas.

Por sua vez, Kassie *et al.* (2012) examinaram os fatores que interferem na tomada de decisões de adoção e difusão de tecnologias agrícolas sustentáveis. Para isso, os dados de 681 famílias de agricultores foram coletados em 2010 em 04 distritos e 88 aldeias na parte rural da Tanzânia. Por conseguinte, a investigação de Kassie *et al.* (2012) revelou que choques pluviométricos, insetos e surtos de doenças, *status* de posse do terreno, capital social, localização e tamanho do terreno além da propriedade dos ativos influenciam na tomada de decisão de adoção de práticas sustentáveis. Portanto, os autores concluem que as políticas que visem organizar os agricultores, melhorar a segurança da posse da terra e a qualificação dos técnicos agropecuários têm potencial para aumentar a adoção de práticas e tecnologias agrícolas sustentáveis por parte dos pequenos agricultores.

Nesta mesma linha de análise, Tittoto (2014) buscou identificar quais os fatores determinantes para a adoção de práticas ambientais responsáveis. Para tanto, foi realizado um estudo de caso em um empreendimento agrícola de grande porte, que tem a produção de cana-de-açúcar como principal atividade, localizado em Jaboticabal, São Paulo. Como resultado, entre as características do produtor, foram identificados como determinantes a escolaridade, a cultura, a experiência, a adesão às cooperativas ou associações de produtores, a renda familiar, a orientação para o lucro e a consciência ambiental. Dentre as características da prática, há a testagem tecnológica, o custo de oportunidade, a compatibilidade e especificidade, a observabilidade, a complexidade e a credibilidade. Em meio às características do negócio, observa-se o que é produzido, o tamanho da área de produção, o capital humano, o capital financeiro, a estrutura organizacional, as políticas organizacionais, a rentabilidade, a renda adicional e a qualidade da produção. E, entre as características do ambiente externo, os cuidados com os recursos naturais, o relacionamento com fornecedores, o relacionamento com a comunidade/sociedade, a concorrência, o acesso a agentes de extensão e universidades, a cooperação, a imagem corporativa e o incentivo dos acionistas. Deste modo, Tittoto (2014) ressalta que o maior entendimento desses determinantes ajuda a identificar quais são os desafios para adoção das práticas agrícolas e, a partir disso, podem ser elaboradas estratégias de ação que incentivem uma maior adoção destas práticas entre os empreendimentos agrícolas.

Arslan *et al.* (2014) analisaram os determinantes da adoção por agricultores de práticas de agricultura de conservação, especificamente perturbação mínima do solo e rotação de culturas, na Zâmbia. Com os resultados, observaram que o acesso aos serviços de extensão afeta positivamente a adoção e a intensidade de adoção de ambas as práticas analisadas. Além disso, perceberam uma relação muito forte e robusta entre a variação do nível de precipitação histórica e a adoção, bem como a intensidade da adoção de perturbação mínima do solo na Zâmbia. Isto sugere que os agricultores estão usando esta prática como uma estratégia para mitigar o risco de variabilidade da chuva. Além disso, fatores econômicos como disponibilidade de mão de obra, educação e riqueza são mais importantes para explicar a adoção de rotação de culturas do que a perturbação mínima do solo (que é dependente de fatores climáticos como o início da precipitação). Outra importante constatação do estudo foi que os fatores que conduzem a adoção são significativamente diferentes na província oriental do que no resto do país. Assim, Arslan *et al.* (2014) concluem que a maior importância dos fatores socioeconômicos na adoção da rotação de culturas em comparação com a outra prática dá uma ideia de como as restrições que os agricultores enfrentam na adoção variam de acordo com cada prática.

Pittelkow *et al.* (2014), realizaram uma meta-análise utilizando 5.463 observações de rendimento emparelhados de 610 estudos para comparar a adoção da agricultura de conservação com a adoção de práticas de preparo convencional em 48 culturas e 63 países. Em geral, os resultados revelaram que a agricultura de conservação reduz os rendimentos, mas esta resposta é variável e, sob certas condições, a adoção das práticas conservacionistas pode produzir rendimentos equivalentes ou maiores do que o preparo convencional. É importante ressaltar que, quando as práticas são adotadas em conjunto, seus impactos negativos são minimizados. No entanto, os autores alertam que qualquer expansão da agricultura de conservação deve ser feita com cautela, uma vez que a implementação das práticas é muitas vezes desafiadora em sistemas produtivos de pequenos agricultores desprovido de recursos, aumentando assim a probabilidade de perdas de rendimentos e não de ganhos.

Kotu *et al.* (2017) analisaram a adoção e os impactos das práticas de intensificação sustentável usando os dados de Gana. Os autores constataram que uma infraestrutura rural em boas condições associadas a serviços agrícolas, como a rede rodoviária rural, o sistema de entrega de insumos a nível regional, acesso ao crédito de custeio e aos meios de compartilhamento de informações/conhecimento mais informais podem aumentar a

probabilidade de adoção. Outro ponto ressaltado pelos autores é a promoção de um uso integrado das práticas, ao contrário de adotar uma tecnologia apenas, teria um impacto positivo maior na produtividade e na renda agrícola familiar.

Assim, com base nas situações retratadas pelos estudos apresentados nesta seção, relacionando os fatores que influenciam a tomada de decisão dos agricultores por determinadas práticas e com base nas conclusões obtidas pelas meta-análises realizadas por Knowler e Bradshaw (2007) e Prokopy *et al.* (2008), constata-se que não há variáveis que universalmente explicam a adoção da agricultura de conservação. Contudo, há variáveis que são avaliadas como as mais importantes e devem ser consideradas em estudos dessa natureza, como as variáveis: idade, experiência, escolaridade, financiamento, membro de cooperativas e acesso a assistência técnica. Por conseguinte, a principal evidência encontrada nessa revisão de literatura é que as propriedades rurais e os agricultores são muito heterogêneos e, portanto, não se pode generalizar o efeito dos fatores na tomada de decisão de adoção das práticas conservacionistas.

A seguir, é apresentado um resumo com as evidências empíricas mais importantes sobre o tema de estudo (Quadro 2), conforme descrito nesta subseção.

Quadro 2 - Evidências empíricas sobre os fatores que afetam a adoção de práticas agrícolas conservacionistas

| Autor | Período Analisado | Objetivo/ País | Principais Resultados |
|-------------------------------------|-------------------|---|---|
| Lee e Stewart (1983) | 1977-1978 | Analisaram as relações entre as condições de propriedade da terra e a adoção de práticas de conservação do solo nos Estados Unidos. | Agricultores proprietários possuem baixa probabilidade de adoção da agricultura de conservação quando comparados aos outros grupos (arrendatários e parceiros). |
| Soule, Tegene e Wiebe (1999) | 1996 | Analisaram a influência da posse da terra na adoção de práticas agrícolas de conservação nos EUA. | Os arrendatários ou parceiros são menos propensos a usarem práticas agrícolas de conservação quando comparados com aqueles que são proprietários. |
| Weir e Knight (2000) | 1994 -1995 | Investigaram o papel da escolaridade nos níveis de adoção e difusão de inovações agrícolas na parte rural da Etiópia. | Os adotantes iniciais tendem a ser mais educados e a serem copiados, em um momento posterior, por aqueles com menores níveis de escolaridade, por meio de um processo de aprendizagem social, escondendo a verdadeira relação entre educação e adoção. |
| Ramírez e Schultz (2000) | 1991-1995 | Avaliaram a adoção de tecnologias agrícolas e de recursos naturais por pequenos agricultores de países em desenvolvimento na América Central. | A participação em organizações comunitárias está positivamente relacionada à adoção. Além disso, dependendo do tipo de tecnologia, fatores como acesso ao crédito, assistência técnica, disponibilidade de mão de obra, nível de escolaridade, área e o tipo de sistema de cultivo também podem ser importantes determinantes da adoção. |
| Hammad e Borresen (2006) | 2003 | Estudaram os impactos socioeconômicos da erosão do solo e da adoção da prática terraços na Palestina. | O lucro líquido foi de 3,5 a 6 vezes maior em áreas que implementaram terraços comparado às áreas que não adotaram essa prática. Quanto a condição de propriedade da terra e geomorfologia foram significativamente e negativamente relacionados aos incentivos para adotar a prática de terraços. |
| Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007) | 2002 | Examinaram a conexão entre adoção de práticas de conservação dos solos e a eficiência técnica dos pequenos e grandes estabelecimentos de agricultores que participaram de projetos em Honduras e El Salvador. | Os produtores com maior nível de investimento na conservação do solo também apresentaram maior eficiência técnica média e operavam em fazendas com menores níveis de investimento. |
| Nyangena (2008) | 2003 | Analisou os fatores que determinam a adoção bem sucedida de práticas de conservação do solo no Quênia. | As medidas do capital social (associações, comunidade e informação) são determinantes significativos e positivos do investimento na conservação do solo. Além disso, o acesso aos mercados e a segurança da posse da terra são cruciais para a adoção das práticas de conservação. No entanto, a educação reduziu os esforços de adoção de conservação do solo dos pequenos agricultores. |
| Duarte (2009) | 2005 | Identificou os fatores que influenciam a adoção de tecnologias preservacionistas do ponto de vista ambiental pelos agricultores familiares do Nordeste do Brasil. | O capital humano, como a escolaridade do chefe da família e a experiência do trabalho, contribuíram positivamente para a adoção de técnicas de produção sustentáveis. Comportamento parecido, ocorreu para as variáveis <i>dummies</i> gênero e acesso a assistência técnica. |

Fonte: Elaborado pela autora. (Continua)

(CONTINUAÇÃO)

| | | | |
|--------------------------------------|-------------|--|---|
| Sarcinelli, Marques e Romeiro (2009) | 2006 | Avaliaram a viabilidade econômica (custos e benefícios) da adoção de práticas agrícolas e medidas de conservação do solo pelos agricultores da microbacia do Córrego Oriçanguinha, localizada no município do Espírito Santo do Pinhal, São Paulo. | A adoção das práticas e medidas de conservação do solo são viáveis economicamente, uma vez que, observaram-se uma relação em que o benefício foi maior que o custo. Entretanto, ocorreu uma redução no valor presente líquido de todas as práticas e medidas estudadas, em função do aumento do custo de implantação e manutenção, sendo este o principal fator considerado pelos agricultores em adotar ou não tais medidas. |
| Tosakana <i>et al.</i> (2010) | 2006-2007 | Determinar quais os fatores que influenciam a adoção de práticas de conservação, especificamente faixas de proteção e “gully plugs”, no Norte de Idaho e Leste de Washington | O nível de educação dos entrevistados, a experiência de gestão e o compromisso em tempo integral com a agricultura não influenciaram a adoção dessas práticas de conservação. No entanto, o principal fator que afetou o uso das práticas analisadas foi a eficácia percebida pelos produtores. |
| Kassie <i>et al.</i> (2012) | 2010 | Examinaram os fatores que interferem na tomada de decisões de adoção e difusão de tecnologias agrícolas sustentáveis, na Tanzânia. | Choques pluviométricos, insetos e surtos de doenças, status de posse do terreno, capital social, localização e tamanho do terreno além da propriedade dos ativos influenciam na tomada de decisão de adoção de práticas sustentáveis. |
| Tittoto (2014) | 2014 | Identificou quais os fatores determinantes para a adoção de práticas ambientais responsáveis, em Jaboticabal, São Paulo. | Entre as características do produtor, foram identificados como determinantes a escolaridade, a cultura, a experiência, a adesão às cooperativas ou associações de produtores, a renda familiar, a orientação para o lucro e a consciência ambiental. |
| Arslan <i>et al.</i> (2014) | 2004 e 2008 | Analisaram os determinantes da adoção por agricultores de práticas de agricultura de conservação, especificamente perturbação mínima do solo e rotação de culturas, na Zâmbia. | A maior importância dos fatores socioeconômicos na adoção da rotação de culturas em comparação com a outra prática dá uma ideia de como as restrições que os agricultores enfrentam na adoção variam de acordo com cada prática. |
| Pittelkow <i>et al.</i> (2014) | 2014 | Realizaram uma meta-análise para comparar a adoção da agricultura de conservação com a adoção de práticas de preparo convencional em 48 culturas e 63 países. | A agricultura de conservação reduz os rendimentos, mas esta resposta é variável e, sob certas condições, a adoção das práticas conservacionistas pode produzir rendimentos equivalentes ou maiores do que o preparo convencional. |
| Kotu <i>et al.</i> (2017) | 2014 | Analisaram a adoção e os impactos das práticas de intensificação sustentável usando os dados de Gana. | Uma infraestrutura rural em boas condições associadas a serviços agrícolas, como a rede rodoviária rural, o sistema de entrega de insumos a nível regional, acesso ao crédito de custeio e aos meios de compartilhamento de informações/conhecimento mais informais podem aumentar a probabilidade de adoção. |

Fonte: Elaborado pela autora.

Portanto, deve-se, assim, concentrar os esforços em entender as particulares condições locais e os fatores que interferem na capacidade do produtor em tomar a decisão de adotar as práticas conservacionistas, além de analisar quais os benefícios que estas trazem em termos de eficiência técnica, produtividade e lucro que é foco deste estudo. Neste sentido, procede-se do pressuposto que os agricultores objetivam a maximização do lucro, e para isso buscam alocar os insumos da melhor forma possível. Assim, o modelo teórico retratado na próxima seção apresenta o problema de maximização do lucro dos produtores rurais considerando a adoção das práticas conservacionistas.

3. MODELO DE OTIMIZAÇÃO DA PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA

Esta seção aborda uma discussão teórica que auxiliará no entendimento do problema de pesquisa analisado, de modo a fornecer as bases para o modelo empírico. Destaca-se aqui que a Teoria da Produção é a mais adequada para este estudo, pois seus princípios gerais constituem-se em elementos fundamentais para a análise da alocação eficiente dos fatores de produção no sistema produtivo agrícola, considerando que a maximização do lucro é importante para os produtores rurais. Assim, este modelo é simplificado para se concentrar nas decisões de produção onde as práticas conservacionistas são relevantes para a análise, focalizando o modelo teórico na parte da função de produção, dando ênfase no modelo de eficiência.

Nesse sentido, a Economia da Produção consiste em uma análise de como os produtores combinam os diversos fatores de produção para obter certo volume de produto economicamente eficiente, adotando determinada tecnologia. Na atividade agrícola, os produtores necessitam de uma série de recursos produtivos tais como terra, recursos naturais, sementes, animais reprodutores, conhecimentos técnicos, tecnologia, mão de obra, ferramentas, máquinas, gerenciamento, administração, entre outros. Em conjunto, esses recursos produtivos são denotados como fatores de produção.

O problema enfrentado pelo agricultor é o de decidir por uma alternativa viável de produção, sendo norteado pela premissa fundamental de maximização dos lucros. Deste modo, o produtor busca estabelecer a quantidade ótima de seus fatores de produção de forma a obter o maior lucro possível, ou seja, maximiza seu lucro sujeito à restrição dada pela função de produção. Uma vez que a disponibilidade dos insumos é restrita, a função de produção pode ser definida por meio da relação que indica a quantidade máxima que se pode obter de um produto, por unidade de tempo, a partir da utilização de uma determinada quantidade de fatores de produção, e mediante a escolha do processo de produção mais adequado (VARIAN, 2000).

Por conseguinte, considera-se que este agricultor produz um vetor de produtos denotado por Y a partir de um vetor de insumos X . Deste modo, o problema da maximização do lucro é representado matematicamente pelas expressões (1) e (2).

$$\text{Max. } \pi = \sum P_m Y_m - \sum W_n X_n - CF \quad (1)$$

$$\text{Sujeito a } Y_m = f(X_n, \omega) \quad (2)$$

Onde, π corresponde o lucro agrícola; P_m é o preço do produto m , sendo $m = 1, 2, \dots, M$; Y_m é a quantidade produzida do produto m ; W_n é o custo dos n insumos, $n = 1, 2, \dots, N$; X_n é a quantidade dos n insumos; CF são os custos fixos; e ω é um vetor de variáveis exógenas, que incluem características socioeconômicas, estruturais, entre outras.

No entanto, segundo Abdulla (2009), se os agricultores adotarem um conjunto de práticas conservacionistas (PC), isso alterará a função de produção, em razão de propiciarem a melhora nas condições físicas do solo e as sinergias entre os insumos, podendo obter maior eficiência na utilização destes, assim como afetará a rentabilidade agrícola, uma vez que a adoção de tais práticas gera custos. De tal modo, para o agricultor que adota práticas conservacionistas, o problema de maximização de lucros é representado matematicamente pelas expressões (3) e (4), adaptadas do estudo de Abdulla (2009).

(3)

$$\text{Max. } \pi^{PC} = \sum P_m Y_m^{PC} - \sum W_n X_n - CF - h(PC_n)$$

$$\text{Sujeito a } Y_m^{PC} = f(X_n, PC_n, \omega) \quad (4)$$

Onde, PC_n é o conjunto de n práticas de conservação; e $h(PC_n)$ são os custos das n práticas de conservação. Assim, o lucro pode ser maximizado pelo produtor ao escolher níveis ótimos de insumos agrícolas e práticas conservacionistas. Assume-se que estas práticas aumentam a produção do estabelecimento rural que as utiliza, para todos os elementos PC_n contidos em PC.

De acordo com Abdulla (2009), o problema de maximização representado pelas expressões (3) e (4) é distinto do que é apresentado nas expressões (1) e (2) basicamente por dois motivos: (i) a presença de um conjunto extra de variáveis de escolha PC_n , as práticas conservacionistas, que podem ser escolhidas pelo produtor, incorrendo em alguns custos fixos e variáveis associados a elas (representados por $h(PC_n)$, onde g é uma função com $h(0) = 0$); e (ii) a função de produção considerando a adoção das práticas conservacionistas, na expressão (4), refletem os benefícios para a produtividade do estabelecimento agrícola, além da melhora na qualidade dos recursos (qualidade da água, fixação do carbono no solo, manutenção da matéria orgânica no solo, controle da erosão

do solo, entre outros). Portanto, na ocasião do agricultor optar por não adotar qualquer prática conservacionista ($PC = 0$), o problema de maximização representado pelas expressões (3) e (4) simplifica-se nas expressões (1) e (2).

Por conseguinte, a decisão de produzir utilizando tais práticas será tomada principalmente se a relação na expressão (5) prevalecer.

$$\pi^{PC}(P_m, W_n, h(PC_n), CF, \omega) > \pi(P_m, W_n, CF, \omega) \quad (5)$$

em que π^{PC} e π , denotam o retorno associado à produção que faz uso das práticas conservacionistas e do sistema produtivo que não o faz, respectivamente. Ressalta-se que a gestão destas práticas para este estudo pode ser interpretada como uma utilização contínua, em razão dos agricultores adotá-las no mínimo por um ano.

Em suma, em uma função de produção, o agricultor depara-se com um conjunto de combinações de distintas proporções de insumos para gerar uma dada quantidade de produto, que compreendem formas tecnologicamente viáveis de produção. No entanto, para que os produtores rurais possam atingir seus objetivos econômicos, faz-se necessário que os mesmos sejam eficientes em seus sistemas produtivos.

Uma das formas de identificar se um estabelecimento agrícola é eficiente ou não, é compará-lo com outros estabelecimentos. Se, por eventualidade, o estabelecimento agrícola consegue gerar a mesma quantidade de produtos que os outros com, no máximo, a mesma quantidade de insumos ele é considerado eficiente, caso contrário, ineficiente. Isso, em razão de que as diversas formas de utilização de insumos geram níveis diferentes de eficiência entre as unidades produtivas. Por conseguinte, é por meio da função de produção que se derivam os conceitos e medidas de eficiência.

Debreu (1951), Koopmans (1951) e Shephard (1953) foram os pioneiros em estudos sobre o nível eficiente do sistema produtivo. Os conceitos, para Debreu (1951) e Shephard (1953), de eficiência técnica relacionavam-se a distância do produtor até a fronteira de produção (produto ótimo). Em relação à definição de eficiência dada por Koopmans (1951), um produtor seria tecnicamente eficiente quando não pudesse elevar a produção de determinado produto sem reduzir a de algum outro ou quando não pudesse diminuir o uso de qualquer insumo, mantendo a produção inalterada.

Farrell (1957) sustentado nesses conceitos, estabeleceu que a eficiência consiste em dois elementos: (i) eficiência alocativa, que reflete a capacidade da unidade produtiva

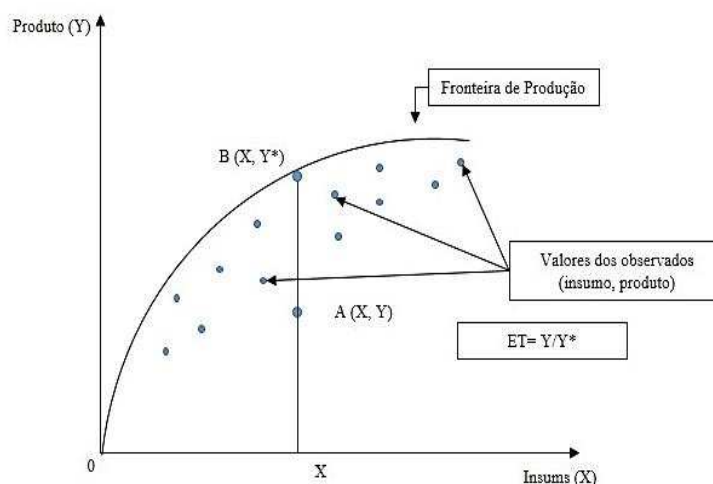
em utilizar os insumos em proporções satisfatórias, dados os seus preços relativos; e (ii) eficiência técnica, que reflete a habilidade da unidade produtiva em obter máximo produto, dado um conjunto de insumos. Por conseguinte, a combinação dessas duas medidas resulta na eficiência econômica total. Além disso, a eficiência pode ser vista sob duas orientações: (i) para insumo - quando a finalidade é diminuir os insumos mantendo a produção fixa; e (ii) para produto - quando o foco é o aumento do produto sem alterar o uso dos insumos.

Neste estudo, em razão da ausência de informação referente aos preços de determinados fatores de produção, a análise é focada na eficiência técnica pela orientação-produto. Assim, a eficiência técnica é compreendida como a capacidade de um agricultor maximizar a produção, dado um conjunto de insumos e tecnologias.

Por conseguinte, faz-se necessário estimar uma função de produção de fronteira que configura a melhor tecnologia, permitindo fazer as comparações entre os estabelecimentos rurais no que se refere à eficiência técnica. Ressalta-se que a estimação de funções de produção de fronteira admite obter informações sobre eficiência técnica, mas não sobre eficiência alocativa, uma vez que são utilizadas as quantidades de insumos, mas não seus preços.

Assim, Battese (1992) elaborou uma representação mais genérica do conceito de função de produção de Farrell, considerando somente o conceito de eficiência técnica. A Figura 7 retrata um esquema de fronteira de produção, na qual o eixo vertical representa a produção y e o eixo horizontal refere-se ao vetor de insumos (x). Os pontos situados na fronteira correspondem aos estabelecimentos rurais eficientes e aqueles localizados abaixo da fronteira possuem algum grau de ineficiência, o que significa que estes estabelecimentos não conseguem produzir o máximo de produto possível, dada a quantidade de insumos utilizados e a tecnologia existente.

Figura 7 - Eficiência Técnica em um espaço insumo-produto.



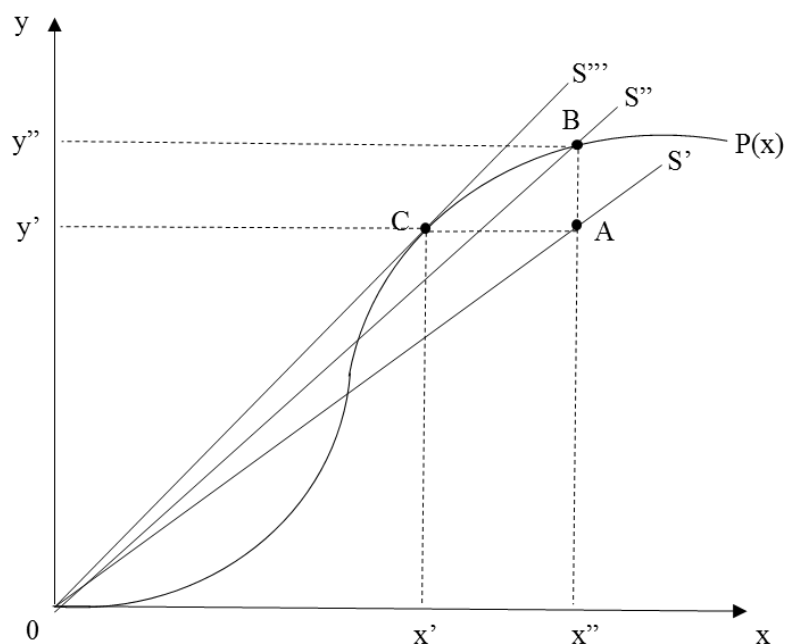
Fonte: Battese (1992).

Isto posto, a eficiência técnica mostra a diferença entre a produção observada e a potencial para um determinado nível de tecnologia e insumos. Observando a Figura 7, uma medida da eficiência técnica de algum estabelecimento rural operando no ponto A, é dada pela razão y/y^* , onde y^* é a produção de fronteira pertinente ao nível de insumos x utilizados (ponto B) e y é a produção apresentada no ponto A, referente ao mesmo nível de insumos x .

Deste modo, entre as opções, um dado método (que faz uso de práticas conservacionistas no processo produtivo) será tecnicamente mais eficiente a outro método (que não adota práticas conservacionistas) se utilizar menos insumos e resultar em um mesmo volume de produção, ou de outra forma, com um mesmo volume de insumos, derivar em uma maior produção.

Por outro lado, essa relação entre volume da produção e uso do insumo, além de ser expressa em termos de eficiência, também pode ser analisada em termos de produtividade. Conforme Coelli *et al.* (2005), os termos produtividade e eficiência são frequentemente usados de forma equivalente, mas isto é incorreto porque eles possuem conceitos distintos, o que é ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Produtividade, eficiência técnica e economia de escala.



Fonte: Coelli *et al.* (2005).

Analisando a Figura 8, observa-se que todos os pontos (B e C) que estão em cima da fronteira de possibilidades de produção, são considerados tecnicamente eficientes, portanto seus escores de eficiência podem ser considerados iguais à unidade, que corresponde a máxima eficiência. Quanto ao ponto A, este representa o ponto de ineficiência, uma vez que gasta uma maior quantidade de insumos (x'') para produzir a mesma quantidade de produto (y') que o ponto C. Analisando de outra forma, o ponto A produz uma quantidade inferior de produto (y'), quando comparado a produção (y'') do ponto B, usando a mesma quantidade de insumo (x'').

Em termos de produtividade, sua medida em um ponto é fornecida pela inclinação y/x do raio que sai da origem, onde y e x são as quantidades de produção e de insumo, respectivamente. A princípio, considerando que o produtor rural que operava no ponto A (tecnicamente ineficiente) mova-se para o ponto B (tecnicamente eficiente), a inclinação (y/x) do raio (OS'') seria maior, o que implicaria em uma maior produtividade no ponto B. No entanto, ao se deslocar para o ponto C, o raio (OS''') que sai da origem torna-se tangente à fronteira de produção e, portanto, define o ponto de produtividade máxima possível. Segundo Coelli *et al.* (2005), o ponto C é o ponto da escala ideal, sendo que a operação em qualquer outro ponto da fronteira de produção resulta em menor produtividade, uma vez que o segmento OS''' tangencia a função no ponto C com o maior

ângulo, sinalizando que, até este ponto, a produtividade média do insumo é crescente e a partir dele, a produtividade média passa a ser decrescente.

Por conseguinte, observa-se que um estabelecimento rural pode estar em um ponto tecnicamente eficiente, mas ainda pode ampliar sua produtividade ao explorar as economias de escala. Com a ressalva de que a mudança da escala de produção de uma propriedade rural dificilmente é alcançada de forma imediata (COELLI *et al.*, 2005).

Como comentado anteriormente, o ponto A é tecnicamente ineficiente e de menor produtividade quando comparado aos pontos B ou C. No entanto há duas formas exequíveis que podem transformar A eficiente. A primeira se dá por meio de medidas que reduzam a quantidade de uso de insumo de x'' para x' , mantendo fixa a quantidade produzida y' . Assim, seu escore de eficiência considerando essa orientação pode ser demonstrado por $0 < (y'/x'') / (y'/x') = \theta < 1$, caminhando no sentido AC. A segunda forma que pode tornar o ponto A eficiente é aquela que aumenta a quantidade produzida de y' para y'' , mantendo o nível de insumos em x'' . Desse modo, seu escore de eficiência pode ser representado por $0 < (y''/x'') / (y'/x'') = \theta < 1$ e projetando-se para a fronteira no sentido AB. Por via de regra, a eficiência técnica pode ser entendida como a comparação da relação (y/x) obtida com a relação $(y/x)^*$ ótima. Por conseguinte, dado que o ponto A não está sobre a curva de produção de fronteira, isto significa que o seu escore θ é menor que a unidade, além disso, quanto mais próximo de zero for θ , mais distante a propriedade rural estará da fronteira.

Portanto, estimar o lucro, a produtividade e a eficiência técnica das práticas agrícolas conservacionistas, pode munir de informações relevantes para melhorar a gestão da produção e dos recursos naturais, tornando os usos destas práticas viáveis tanto em termos econômicos, quanto ambientais. No entanto, diante do exposto, é necessário ter cautela com as relações de causa e efeito, além do fato de que as medidas parciais de produtividade não medem eficiência. Outro ponto é que lucro, produtividade e eficiência nem sempre caminham no mesmo sentido.

Assim, dado esse quadro teórico e os dados disponíveis, pode-se desenvolver modelos empíricos que permitam avaliar os aspectos relacionados a adoção das práticas conservacionistas.

4. ESTRATÉGIA EMPÍRICA

4.1 Modelo Analítico

Em síntese, para atender os objetivos traçados por este estudo, adotou-se um procedimento de estimativa dividido em duas partes. A princípio, considerando a possibilidade de existência de viés de seleção na adoção das práticas agrícolas conservacionistas, por efeito das características observáveis de pré-tratamento, utilizou-se então o método de balanceamento por Entropia, para obter um grupo de controle o mais parecido possível ao grupo de tratamento (os adotantes), de modo a eliminar este viés. Em seguida, foram testadas as diferenças de produtividade e lucro entre os que adotaram e aqueles que não adotaram para cada uma das cinco práticas conservacionistas, usando as amostras pareadas pelo procedimento anterior.

A segunda parte compreendeu as estimações das fronteiras estocásticas de produção, por intermédio da abordagem de dois estágios concebida por Heckman (1979). No primeiro estágio, estimam-se cinco modelos de escolha binária (modelo *probit*) que buscam explicar a probabilidade das fazendas adotarem as práticas agrícolas conservacionistas (considerando como variáveis explicativas as características que seriam observadas no pré-tratamento). No segundo estágio, estima-se a fronteira estocástica de produção para cada grupo de adotantes e não adotantes de cada prática agrícola conservacionista analisada, incorporando a Razão Inversa de Mills (IMR), obtida no primeiro estágio, além da amostra estar ponderada com pesos obtidos no Equilíbrio de Entropia. Isto posto, ao combinar essas duas abordagens, faz-se possível obter escores médios de eficiência técnica comparáveis entre os grupos analisados e livres de vieses originados por características tanto observáveis quanto não observáveis. Análoga abordagem foi utilizada mais recentemente por Bravo-Ureta, Greene e Solís (2012); Duangbootsee e Myers (2014); e Freitas, Silva e Braga (2017).

Ao longo deste capítulo, são feitas considerações sobre os diferentes métodos usados, apresentando os modelos analíticos que foram estimados, a origem dos dados e as variáveis utilizadas.

4.1.1 Mensuração dos Impactos das Práticas Conservacionistas

Para atender o primeiro objetivo deste estudo, deve-se mensurar o efeito da variável binária (adoção ou não de diferentes práticas agrícolas conservacionistas) sobre a produtividade e lucro dos estabelecimentos agropecuários brasileiros. No entanto, um dos principais problemas econométricos encontrados ao estimar o efeito da adoção das práticas agrícolas conservacionistas nestas variáveis de resultado, é o viés de variáveis observáveis, dado que a atribuição ao tratamento (adoção de tais práticas agrícolas) não é aleatória e depende das características do produtor e do estabelecimento agropecuário.

Em consonância, Caliendo e Kopeinig (2008) alegam que um dos principais problemas das metodologias de avaliação de tratamento é a omissão de dados, principalmente porque a unidade de análise não é observada simultaneamente em dois estados (antes e depois). Entretanto, devem-se comparar os resultados de um tratamento (adoção das práticas conservacionistas) com uma simulação do que os resultados teriam sido, caso não existisse nenhum tratamento (não adoção das práticas conservacionistas), contornando o problema da omissão de dados. Para isto, esse método requer a comparação entre uma amostra que recebeu um tratamento específico e uma amostra de controle idêntica (ou o mais razoavelmente próximo) que não recebeu o tratamento ou que recebeu um tratamento alternativo.

Nesse sentido, Rosenbaum e Rubin (1983) afirmam que, em experimentos não aleatórios, a comparação direta dos resultados entre grupos de controle e de tratamento pode ser enganosa, uma vez que as unidades expostas a um tratamento podem diferir das demais, além de existir variáveis de *background* que são diferentes entre os grupos e que podem exercer influência nos resultados. Nesta perspectiva, o desafio é criar unidades semelhantes (grupos tratados e controle) quanto a determinadas características observáveis, para poder assim, avaliar o impacto de determinado tratamento nas variáveis de resultado.

Para tentar superar esse problema de viés de variáveis observáveis, há na literatura diversas abordagens propostas como é o caso do pareamento por escore de propensão (*Propensity Score Matching* – PSM) (ROSENBAUM; RUBIN, 1983). Rosenbaum e Rubin (1983) desenvolveram o PSM, que proporciona a comparação dos resultados utilizando-se de grupos tratado e controle que sejam similares nas características observáveis (a exemplo de escolaridade, idade, renda, etc.) para reduzir o viés de variáveis observáveis na estimativa de efeitos de tratamento. Segundo Caliendo e Kopeinig (2008),

esse método de pontuação de propensão é frequentemente aplicado para aumentar a semelhança entre os dois grupos.

No entanto, segundo Hainmueller (2012) e Watson e Elliot (2016), o PSM possui uma limitação prática, ao envolver o pesquisador em um processo de *back-and-forward* que demanda muito tempo ao fazer manualmente a estimativa do escore de propensão, correspondência e verificação de equilíbrio no esforço de identificar o algoritmo que resulta na distribuição da variável explicativa mais equilibrada, em outras palavras, até alcançar uma solução de equilíbrio satisfatória. Por conseguinte, ainda segundo esses autores, raramente por meio desse procedimento anteriormente citado, consegue-se encontrar a especificação do modelo correto equilibrando simultaneamente todas as variáveis explicativas, principalmente em amostras muito grandes, como é o caso deste estudo, ao usar os microdados do Censo Agropecuário de 2006.

Além disso, Diamond e Sekhon (2013) alegam que como resultado deste complexo processo, baixos níveis de equilíbrio prevalecem em muitos estudos. Além da possibilidade da correspondência encontrada contrariar a redução do viés para a estimativa seguinte do efeito do tratamento quando melhorar o equilíbrio em algumas variáveis explicativas e diminuir o equilíbrio em outras (DIAMOND e SEKHON, 2013).

Por estas razões, este estudo adotou uma técnica de pré-processamento para obter uma amostra “pareada” equilibrada, ou seja, uma amostra com unidades de controle mais próximas possíveis das unidades de tratamento (estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas), com base em um vetor de características observáveis, denominada de *Entropy Balancing* (Equilíbrio de Entropia) e recentemente proposta por Hainmueller (2012), que aborda essas deficiências, anteriormente citadas. Segundo McMullin e Schonberger (2015), o equilíbrio de entropia requer uma configuração onde as observações podem ser divididas em amostras tratadas e de controle. Além disso, os pesquisadores devem especificar um conjunto de variáveis explicativas e restrições de equilíbrio.

Em termos práticos, o Balanceamento por *Entropia* atua como um esquema de reponderação que incorpora diretamente o equilíbrio da variável explicativa na função de peso que é aplicada às unidades da amostra, a um nível especificado pelo pesquisador (GEMENIS e ROSEMA; 2014). Este método busca o conjunto de pesos que satisfaça as restrições de equilíbrio, mas permanece o mais próximo possível (em um sentido de entropia) para um conjunto de pesos de base uniformes para reter informações

(HAINMUELLER, 2012). De acordo com Hainmueller (2012), esta técnica mantém informações importantes, pois não exclui as unidades dos grupos de tratamento ou controle. Além disso, ainda segundo Hainmueller (2012), o Equilíbrio de Entropia viabiliza a ponderação de um conjunto de dados, de modo que as distribuições das variáveis nas observações reponderadas atendam um conjunto de condições específicas de momentos, para que haja equilíbrio exato sobre o primeiro, segundo e terceiro momentos (média, variância e assimetria respectivamente) das distribuições de variáveis independentes nos grupos de tratamento e controle. Tais condições impostas sobre os momentos amostrais das distribuições das variáveis explicativas asseguram que os grupos ponderados tenham os mesmos momentos especificados. Essa ponderação garante o equilíbrio e à similaridade entre os grupos de controle e tratamento.

A principal vantagem desta abordagem é que ela não depende do processo iterativo de cálculo do índice de propensão através de regressão logística e verificando se o equilíbrio foi alcançado através de uma série de diagnósticos como é o caso do PSM (GEMENIS e ROSEMA; 2014). Além disso, devido à sua simples interpretação e computação rápida, o Equilíbrio de Entropia alcançou grande popularidade nas áreas de estudos aplicados (MARCUS, 2013).

Assim, para a demonstração desse método apresentado por Hainmuller (2012), suponha uma amostra com n_1 unidades pertinentes ao grupo dos tratados e n_0 observações do grupo de controle, os quais foram selecionados aleatoriamente de uma população de tamanho N_1 e N_0 , respectivamente, sendo que $n_1 \leq N_1$ e $n_0 \leq N_0$. Sendo a variável binária (adoção de prática agrícola conservacionista) $D_i \in \{1,0\}$, onde admiti o valor igual a 1 se a observação i pertence ao tratamento, e 0 caso contrário. Seja X uma matriz que contém as observações de J variáveis exógenas de pré-tratamento; X_{ij} corresponde o valor da j -ésima variável explicativa da unidade i , sendo que $X_i = [X_{i1}, X_{i2}, \dots, X_{ij}]$ refere-se ao vetor de características da unidade i e X_j refere-se ao vetor coluna com j -th variável explicativa. A densidade das variáveis explicativas nas populações de tratamento e controle é dada por $f_{X|D=1}$ e $f_{X|D=0}$, respectivamente. O resultado potencial $Y_i(D_i)$ corresponde ao par de resultados para a unidade i dadas as condições de tratado e controle, assim, o resultado observado é dado por

$$Y = DY(1) + (1 - D)Y(0) \tag{6}$$

O Efeito Médio Tratamento sobre os Tratados (EMTT) é dado por

$$\tau = E[Y(1)|D = 1] - E[Y(0)|D = 1] \quad (7)$$

Em (7), a primeira expressão de esperança pode ser diretamente identificada no grupo de tratamento. Já a segunda expressão, que corresponde ao contrafactual, não é observada. Rosenbaum e Rubin (1983) mostram que, assumindo seleção nos observáveis, $Y(0) \perp D|X$, e sobreposição, $\Pr(D = 1|X = x) < 1$ para todo x no suporte de $f_{X|D=1}$, o EMTT é identificado como:

$$\tau = E[Y|D = 1] - \int E[Y|X = x, D = 0] f_{X|D=1}(x) dx \quad (8)$$

Para estimar o último termo da Equação 8, a distribuição da variável explicativa no grupo de controle necessita ser ajustada para torná-la semelhante à distribuição no grupo de tratamento. De modo que o indicador de tratamento D se torne mais perto de ser ortogonal em relação às variáveis explicativas. O método de pré-processamento de dados proposto para reduzir o desequilíbrio na distribuição de variáveis independentes, como dito anteriormente, é o equilíbrio de entropia.

O balanceamento por entropia generaliza a abordagem de ponderação do escore de propensão ao estimar os pesos diretamente de um conjunto de restrições de equilíbrio que exploram o conhecimento do pesquisador sobre os momentos de amostra. De acordo com McMullin e Schonberger (2015), as condições de equilíbrio indicam se a amostra de controle, tratada e ponderada deve ter distribuições de variáveis explicativas com a mesma média, variância e/ou assimetria. O pesquisador também deve especificar um nível de tolerância que determina o grau mínimo de equilíbrio das variáveis explicativas que deve ser alcançado antes que o programa de equilíbrio de entropia cesse de ajustar pesos de amostra de controle.

Assim, em termos matemáticos, considere w_i o peso do Equilíbrio de Entropia escolhido para cada unidade de controle, os quais foram encontrados pelo seguinte esquema de reponderação que minimiza a distância métrica de entropia:

$$\min_{w_i} H(w) = \sum_{\{i|D=0\}} w_i \log\left(\frac{w_i}{q_i}\right) \quad (9)$$

Sujeito as restrições de equilíbrio e normalização

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i c_{ri}(X_i) = m_r \quad \text{com } r \in 1, \dots, R. \quad (10)$$

$$\sum_{\{i|D=0\}} w_i = 1 \quad (11)$$

$$w_i \geq 0, \forall i / D = 0 \quad (12)$$

Onde $q_i = 1/n_0$, é um peso base e $c_{ri}(X_i) = m_r$ delinea um conjunto de R restrições atribuídas aos momentos das variáveis explicativas no grupo de controle reponderados. Inicialmente, escolhe-se a variável explicativa que será incluída na reponderação. Por conseguinte, para cada uma destas variáveis define-se um conjunto de restrições de balanceamento (Equação 10), para igualar os momentos das distribuições destas variáveis explicativas entre os grupos de tratamento e controles reponderados. As restrições de momentos podem ser a média, a variância, e a assimetria, sendo definidos como o primeiro, segundo e terceiro momento respectivamente. Uma restrição característica do balanceamento é estabelecida de modo que m_r compreenda o momento de uma variável explicativa específica X_j para o grupo de tratamento e a função de momento para o grupo de controle é definida como: $c_{ri}(X_{ij}) = X_{ij}^r$ ou $c_{ri}(X_{ij}) = (X_{ij} - \mu_j)^r$, sendo μ_j , a média.

Isto posto, nota-se que o balanceamento por entropia procura, para um conjunto de unidades, pesos $W = [w_i, \dots, w_{n_0}]'$ em que minimize a Equação 9, distância de entropia entre W e o vetor base de pesos $Q = [q_i, \dots, q_{n_0}]'$, sujeita às restrições de balanceamento (Equação 10), de normalização (Equação 11), e de não-negatividade (Equação 12).

Na prática, McMullin e Schonberger (2015) explicam que o Equilíbrio de Entropia usa um algoritmo iterativo para identificar um peso para cada observação na amostra de controle, de modo que a esta amostra ponderada atenda as condições de equilíbrio dentro do nível de tolerância especificado, sendo que pesos negativos não são permitidos. Se as condições do balanço não estiverem satisfeitas, os pesos das unidades de controle são ajustados na próxima iteração e as condições de equilíbrio são verificadas novamente.

Uma vez que as restrições de equilíbrio são satisfeitas, o processo iterativo finda e o controle de pesos da amostra é mantido, a não ser que seja verificado que a satisfação das condições de equilíbrio é impossível devido à falta de suporte comum da amostra de controle com a amostra tratada (MCMULLIN e SCHONBERGER, 2015).

Mas, quando o algoritmo de Equilíbrio de Entropia satisfaz todas as condições de equilíbrio pré-estabelecidas, Hainmueller (2012, pág. 26) esclarece que isso "evita a necessidade de verificação de equilíbrio no sentido convencional, pelo menos para as características incluídas nas restrições de resultado especificadas".

Dessa forma, este estudo segue esse procedimento, minimizando os desequilíbrios entre os grupos de tratados e controle. Sendo que a restrição de momento empregada refere-se à imposição de que o primeiro momento das variáveis explicativas seja atendido. Deste modo, para todas as variáveis explicativas (selecionadas com base em sua influência no fato de ter adotado as práticas conservacionistas), o método calcula as médias no grupo de tratamento e busca por um conjunto de pesos de entropia tal que as médias ponderadas do grupo de controle sejam similares. E uma vez que as distribuições de variáveis independentes são ajustadas, tais pesos são utilizados nas estimações seguintes como em métodos de análise padrão, tais como a regressão simples para estimar o tratamento com menor erro e livres do viés de seleção ocasionado por observáveis.

Assim, para estimar o impacto da adoção das práticas agrícolas conservacionistas na produtividade parcial da terra e também no lucro, regrediu-se a adoção de cada uma das cinco práticas, consideradas neste estudo, usando os pesos de Equilíbrio de Entropia⁴ calculados com base nas variáveis explicativas que estão listadas na próxima subseção, de modo a atender o segundo objetivo deste estudo.

4.1.2 Controle do Viés de Variáveis Não Observadas

De acordo com Garen (1984), os modelos de seletividade amostral partem da suposição de que a escolha não é uma variável exógena, mas uma ação de otimização. No presente caso, a escolha entre adotar ou não a prática agrícola conservacionista não pode ser analisada como uma decisão aleatória, visto que qualquer uma das decisões é tomada

⁴Para o cômputo dos pesos, primeiramente fez-se a estimação do Equilíbrio de Entropia por meio do comando “*ebalance*” no *software* STATA®, sendo que as variáveis independentes foram as mesmas utilizadas na estimação dos modelos binários, apresentados na próxima subseção, ressaltando que esse procedimento repetiu-se cinco vezes, sendo um para cada prática conservacionista.

em um processo de maximização dos seus benefícios. Nesse sentido, com o intuito de verificar a existência do possível viés de seleção amostral no estudo em tela, decorrente do fato de que os fatores que afetam a eficiência técnica dos estabelecimentos são diferentes daqueles que influenciam a probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se empregou o procedimento proposto por Heckman (1979). Esse procedimento é formado por dois estágios, criando a razão inversa de Mills (*Inverse Mills Ratio* – IMR) calculado a partir da estimação dos modelos *Probit* (denominada de equações de seleção) no primeiro estágio e posteriormente esta variável é incluída na estimativa de fronteira estocástica de produção. Além disso, são incorporados na fronteira estocástica os pesos obtidos com o equilíbrio de entropia, pois além de corrigir o viés de seletividade também corrige o viés de variáveis observáveis. Destaca-se que este procedimento é realizado onze vezes no total, primeiramente para o Brasil de modo geral, e posteriormente para cada uma das cinco práticas agrícolas conservacionistas e ainda para adotantes e não adotantes de tais práticas.

4.1.2.1 Determinantes da adoção das práticas agrícolas conservacionistas

O primeiro estágio do procedimento de Heckman (1979) reside em estimar o modelo binário *Probit* para prever a probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas. Em outras palavras, inicialmente os modelos binários são utilizados para investigar os fatores determinantes da decisão de adoção, por parte dos agricultores brasileiros, das práticas agrícolas conservacionistas, de modo a alcançar o segundo objetivo proposto por este estudo. Nesse sentido, por meio do modelo *Probit*, estima-se a equação de seleção representada na Equação 13, com a probabilidade do produtor rural adotar as práticas conservacionistas. Ressalta-se que esta etapa foi realizada cinco vezes, considerando as práticas separadamente.

$$P(X) = \text{Prob}(D_{ij} = 1 | X) = \alpha X_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (13)$$

Onde *Prob* representa a função de probabilidade, *D* é a variável binária que assume valor um se o agricultor faz uso de práticas conservacionistas e zero caso contrário, *i* indexa o agricultor e *j* o tipo de prática agrícola conservacionista, *X* é o conjunto de características pessoais dos agricultores e de seus respectivos

estabelecimentos, α é o vetor de parâmetros a serem estimados e ε é um termo de erro aleatório normalmente distribuído com média zero e variância um, tal que $\varepsilon \sim N(0,1)$.

Por conseguinte, a escolha do vetor de variáveis observáveis independentes que são utilizadas nas estimações dos modelos de probabilidade para cada uma das cinco práticas agrícolas conservacionistas (uso de terraços, plantio em curva de nível, rotação de culturas, uso de lavouras para recuperação de pastagens e pousio ou descanso dos solos), pautou-se na análise dos fatores que podem influenciar a capacidade de tomar a decisão de adoção, estas variáveis agrupam-se nas seguintes dimensões: características do proprietário, características físicas e da gestão financeira do estabelecimento agrícola. Além disso, essas variáveis explicativas utilizadas baseiam-se na literatura empírica da adoção de práticas agrícolas. Dessa forma, a equação de seleção (*Probit*) estimada é:

$$D_{ij} = \alpha_0 + \alpha_1 idade + \alpha_2 sexo + \alpha_3 educ1 + \alpha_4 educ2 + \alpha_5 educ3 + \alpha_6 educ4 + \alpha_7 educ5 + \alpha_8 educ6 + \alpha_9 educ7 + \alpha_{10} exp1 + \alpha_{11} exp1_5 + \alpha_{12} exp5_10 + \alpha_{13} qualif + \alpha_{14} norte + \alpha_{15} nordeste + \alpha_{16} sudeste + \alpha_{17} centro + \alpha_{18} Arrend + \alpha_{19} Parc + \alpha_{20} Ocup + \alpha_{21} sefinanc + \alpha_{22} assist + \alpha_{23} coop + \varepsilon_{ij} \quad (14)$$

em que *sexo* é uma variável *dummy* que recebe valor 1 se é homem e 0 caso contrário; *idade* representa a idade do dirigente do estabelecimento; em termos de escolaridade do dirigente, criou-se oito categorias: não sabe ler e escrever (*educ0*), sabe ler e escrever (*educ1*), alfabetizado (*educ2*), fundamental incompleto (*educ3*), fundamental completo (*educ4*), técnico agrícola (*educ5*), médio completo (*educ6*) e ensino superior (*educ7*), sendo a primeira utilizada como base; no que se refere à experiência, considerando os anos em que o dirigente está no comando da atividade, criou-se oito categorias, sendo que: até 1 ano (*exp1*), entre 1 e 5 anos (*exp1_5*), entre 5 e 10 anos (*exp5_10*), acima de 10 anos (*exp10*) sendo este último usado como base; *qualif* refere-se a qualificação que é uma variável *dummy* que recebe o valor de 1 se houver presença de mão de obra qualificada no estabelecimento; em termos da condição do produtor em relação à terra, criou-se *dummies* sendo: arrendatário (*Arrend*), parceiro (*Parc*), ocupante (*Ocup*) e Proprietário (*Prop*) usado como base; *sefinanc* é uma variável *dummy* que recebe valor 1 se o agricultor responsável pela produção obteve financiamento; *assist* é uma variável *dummy* que recebe valor 1 se obteve acesso a assistência técnica; *coop* é uma variável *dummy* que recebe valor 1 se é membro de

cooperativa. Além dessas, há as *dummies* para cada região do Brasil, como Norte, Nordeste, Sudeste, Centro-Oeste e Sul (usado como categoria base).

Os dados demográficos considerados pelo estudo incluem nível de educação, experiência de gerenciamento de fazenda e envolvimento atual na agricultura. Prokopy *et al.* (2008) classificaram estas como variáveis de capital humano e alegam que influenciam no aumento da capacidade dos agricultores em adotar práticas de conservação.

Em seguida, por meio dos erros dos modelos *Probit* estimados, se calcula o inverso da razão de Mills, para poder introduzi-lo como novo termo no modelo das fronteiras estocásticas de produção. De acordo com Heckman (1979), a razão inversa de *Mills* é definida como:

$$\lambda^A_i(\alpha_\varepsilon) = -\frac{\varphi(\alpha X_i / \sigma_\varepsilon)}{\phi(\alpha X_i / \sigma_\varepsilon)} \quad (15)$$

$$\lambda^{NA}_i(\alpha_\varepsilon) = \frac{\varphi(\alpha X_i / \sigma_\varepsilon)}{1 - \phi(\alpha X_i / \sigma_\varepsilon)} \quad (16)$$

em que φ é a função densidade de probabilidade normal padrão e, Φ a função de distribuição normal acumulada. O $\lambda_i(\alpha_\varepsilon)$, é o IMR e segundo Heckman (1979), esta razão é utilizada como variável explicativa na regressão principal (fronteiras estocásticas de produção) para eliminar o viés de seletividade amostral, pois este viés é como um erro de especificação, cuja origem está na omissão de variáveis explicativas.

Na prática, é analisada a significância estatística do parâmetro ρ que acompanha λ e o seu sinal. Isso em razão de que um ρ estatisticamente significativo comprova a importância da correção do viés de seleção.

4.1.2.2 Estimação da Eficiência Técnica

Após o Equilíbrio por entropia da amostra utilizada, os níveis de eficiência técnica dos produtores, levando em conta a decisão de adotar ou não cada prática agrícola

conservacionista, são estimados por meio do modelo de Fronteira Estocástica de Produção, considerando a correção do viés de seletividade e de variáveis observáveis.

A eficiência técnica proporciona a máxima produção possível dado um conjunto de fatores e adoção de determinada tecnologia. Ou seja, para qualquer estabelecimento agropecuário que possui um determinado nível de tecnologia, a quantidade produzida pode estar sobre ou abaixo da fronteira de produção. Dessa forma, o quanto a produção desse estabelecimento fica aquém da fronteira, fornece uma medida de ineficiência técnica (TAYLOR e SHONKWILER, 1986).

Autores como Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Meeusen e Van Den Broeck (1977), Taylor e Shonkwiler (1986), Battese (1992), Coelli e Battese (1996) recomendam que a eficiência técnica do setor agropecuário seja mensurada por meio de funções de fronteira estocástica de produção. Em consonância, Coelli, Rao e Battese (1998) também sugerem essa metodologia para análises do setor agrícola, sobretudo tratando-se dos países em desenvolvimento. Portanto, fundamentado nesses autores, este procedimento é adotado para a estimação da eficiência técnica sendo que os dados que são utilizados para tal estimação são de natureza *cross section*, provenientes dos microdados do Censo Agropecuário de 2006.

A análise de Fronteiras Estocásticas segue uma abordagem paramétrica com enfoque econométrico, introduzida concomitantemente por Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Meeusen e Van den Broeck (1977). Ressalte-se que este tipo de abordagem impõe uma maneira funcional à função de produção a ser estimada. Sendo assim, optou-se pela utilização da função *Cobb-Douglas*, principalmente pelo fato de que esta função na forma logarítmica torna-se linear nos parâmetros, o que é mais indicado para o procedimento de *Heckman*. Além dessa vantagem do uso da *Cobb-Douglas*, Chambers (1988) e Silva (1996) enumeram algumas outras: i) os coeficientes da regressão são as elasticidades de produção; ii) a soma dos coeficientes equivale aos rendimento à escala, por ser uma função que por característica é homogênea; e iii) essa forma funcional da função de produção apresenta um menor número de parâmetros a serem estimados quando comparada à transcendental logarítmica (*translog*), isto implica em menores chances de incorrer em problemas de multicolinearidade no momento de estimação da função de produção.

De acordo com Taylor e Shonkwiler (1986), a natureza estocástica do modelo está diretamente relacionada à possível existência de fatores que provocam desvios da

fronteira e que fogem do controle do estabelecimento rural, a exemplo de variações climáticas, pragas e doenças. Ressalta-se que este estudo, estimou as fronteiras para cada prática agrícola conservacionista para adotantes e não adotantes, totalizando em 10 estimações, além da estimacão realizada para o Brasil de forma geral, para poder fazer comparações. Deste modo, a forma genérica da função de fronteira estocástica de producao é dada pela Equacão 17.

$$Y_{ij} = f(X_{ij}b)e^{(v_{ij}-u_{ij})} \quad (17)$$

onde Y_{ij} é o valor da quantidade de producao pelo produtor i que adota a prática conservacionista j em 2006, X é um vetor de despesas com insumos i empregados no tipo de prática conservacionista j no mesmo período e β_{ij} é um vetor dos parâmetros a serem estimados, que definem a tecnologia de producao. Os termos de erro v_{ij} e u_{ij} são vetores que representam componentes distintos do erro. Sendo que v_{ij} é o termo de erro aleatório, com distribucao normal, independente e identicamente distribuıda (iid), truncada em zero e com variância σ^2_v ($v \sim \text{iid } N [0, \sigma^2_v]$), além de apreender os efeitos estocásticos em que a unidade produtiva não possui controle (clima, desastres naturais, erros de medida, etc.).

O termo u_{ij} , apresentado na Equacão (18), capta a ineficiencia técnica do i -ésimo produtor adotante ou não adotante das práticas agrícolas conservacionistas, isto é, a parte do erro que constitui um desvio para baixo com relacão à fronteira de producao, e são variáveis aleatórias não-negativas ($u_{ij} \geq 0$) (COELLI *et al.*, 2005). Ou seja, a eficiencia técnica, por oportuno, é mensurada pelo componente unilaterial, que por sua vez, a condicao ≥ 0 , assegura que todas as observações situam-se abaixo da fronteira.

$$u_{ij} = \mu Z_{ij} + \varepsilon_{ij} \quad (18)$$

em que Z é um vetor de variáveis que explicam a ineficiencia técnica, e μ é um vetor de parâmetros relacionados a Z . Por hipótese, a ineficiencia técnica u_{ij} é independentemente distribuıda, porém não é identicamente distribuıda, com distribucao normal truncada em zero ($u_i \geq 0$) com média μZ_{ij} e variância σ^2_u , desde que, ε_{ij} tenha distribucao $N(0, \sigma^2_\varepsilon)$.

Introduzindo variáveis *dummies* representando as Unidades Federativas⁵ brasileiras (UF_n), assim como as *dummies* para representar os quatro Grupos de Área (GA_g) considerados neste estudo, a razão inversa de Mills ($\rho Mills_i$) obtida após a estimação do modelo *Probit* e o peso (W_i) obtido pelo balanceamento por entropia de modo a obter estimativas livres de viés de seleção causado por observáveis. Por conseguinte, passando a Equação (17) para a forma funcional geral da *Cobb-Douglas*, origina-se a Equação 19.

$$\ln Y_{ij} = \beta_0 + \sum_{k=1}^n \beta_k \ln X_{ki} + \sum_{n=1}^{27} UF_n + \sum_{g=1}^4 GA_g + \rho Mills_{ij} + W_{ij} + v_{ij} - u_{ij} \quad (19)$$

Ressalta-se que a hipótese de viés de seleção foi analisada por meio da significância estatística do parâmetro ρ . Assim, após a estimação da função de fronteira estocástica de produção, para a obtenção da medida de eficiência técnica, o estudo em tela baseou no procedimento de Jondrow *et al.* (1982) de modo a separar os desvios da fronteira em seus elementos aleatórios e de ineficiência. Conforme este processo, a eficiência técnica pode ser definida como a razão entre o produto observado e o produto potencial da amostra. Assim, a expressão para eficiência técnica de determinada observação pode ser definida pela Equação 20.

$$ET_{ij} = \frac{Y_{ij}}{Y_{ij}^*} = \frac{Y_{ij}}{f(X_{ij})} = \frac{\exp(X_{ij}\beta + v_{ij})\exp(-u_{ij})}{\exp(X_{ij}\beta + v_{ij})} = \exp(-u_{ij}) \quad (20)$$

em que o valor de ET_{ij} está entre o intervalo [0;1], sendo que zero representa completa ineficiência e 1, total eficiência. Deste modo, o intuito deste estudo será estimar os parâmetros das Equações (18), (19) e (20).

4.2 Fonte e Tratamento dos Dados

⁵ Tais *dummies* foram incluídas para captar características fixas de cada Estado e grupo de área, além de tentar controlar possível autocorrelação espacial, de forma a obter uma estimativa da eficiência, livre desses efeitos.

Este estudo fez uso de dados secundários provenientes dos microdados do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. As unidades de pesquisa são os estabelecimentos agropecuários, compreendendo toda unidade de produção destinada, total ou parcialmente, à exploração agropecuária, florestal e aquícola, considerando os diferentes grupos de área.

Embora haja um grande número de observações e volume de informações que podem ser obtidas a partir dos microdados do Censo Agropecuário 2006 do IBGE, no estudo em questão era de interesse apenas uma parte dessas informações. Para isso, tendo como fundamento os estudos de Schuntzemberger (2016), Braga, Freitas e Silva (2017), foram realizados recortes e tratamento dos dados, de modo que a base resultante estivesse propícia para as análises. Como os diagnósticos buscam verificar os efeitos da adoção das práticas conservacionistas, foram excluídos os estabelecimentos localizados na área urbana, bem como os estabelecimentos dos setores especiais (favelas, quartéis, embarcações, aldeias indígenas, penitenciárias, asilos etc.), conservando-se apenas aqueles que se enquadram no setor normal.

Do mesmo modo, para evitar possíveis erros de mensuração das variáveis, foram retirados os estabelecimentos pertencentes a assentamentos e aqueles classificados como agroindústrias. Segundo Santos e Braga (2013), estes tipos de estabelecimento não estariam representando um único estabelecimento e sim um conjunto deles, pois geralmente são compostos por um conjunto de famílias, e com isso tem a possibilidade de haver problemas de *outliers* na amostra. Em conformidade, Kageyama, Bergamasco e Oliveira (2013) alegam que, embora a instrução dada aos recenseadores fosse considerar cada lote de assentado como um único estabelecimento, em múltiplos casos a área do assentamento em sua totalidade foi considerada nessa categoria porque a atividade agrícola (a exemplo do cultivo da soja) era realizada de forma coletiva.

Nesse sentido, a amostra compreendeu apenas os estabelecimentos de quem a propriedade era de um único produtor, não sendo considerados aqueles rotulados como condomínio, consórcio ou sociedade de pessoas, cooperativa, sociedade anônima ou por cotas de responsabilidade limitada, instituição de utilidade pública, governo ou outra condição e explorações comunitárias em que os dirigentes são produtores. Pois, apesar das características poderem definir um único responsável por esses estabelecimentos, na realidade eles possuem múltiplos proprietários. Além disso, foram excluídos os

estabelecimentos sem declaração de área e aqueles nos quais o tipo do produtor não é constatado.

Por conseguinte, após as transformações e recortes, ao todo 915.673 observações foram excluídas (o que corresponde a 17,69% da amostra original), resultando na amostra final composta de 4.259.963 estabelecimentos agropecuários. Com a finalidade de obter uma estimativa mais apurada e para a verificação das hipóteses desse estudo, quanto a relação entre a eficiência da adoção das práticas conservacionistas e tamanho do estabelecimento agropecuário, os microdados utilizados foram organizados em quatro grupos. Assim como no estudo de Braga, Freitas e Silva e (2017), esses grupos foram estabelecidos em função do tamanho dos estabelecimentos (minifúndio, pequeno, médio e grande), classificadas pelo IBGE conforme as classes de módulos fiscais⁶. Por conseguinte, foram criadas variáveis *dummies* que representam essas quatro classes de tamanho dos estabelecimentos, sendo incorporados na função da fronteira estocástica de produção. É importante destacar que todas as agregações, dados gerados e análises foram realizados utilizando-se o *software* STATA[®].

Para a avaliação do impacto das práticas agrícolas conservacionistas, as variáveis de resultado produtividade e lucro resultado foram calculadas pelo procedimento adotado por Alves, Souza e Rocha (2012). A variável lucro, segundo esses autores, é resultado da subtração do valor bruto da produção pela despesa total. A produtividade, por sua vez, é a divisão do valor bruto da produção pela área total do estabelecimento em hectares. Assim, a produtividade é a contribuição por hectares em termos de renda bruta.

Para a estimação da fronteira estocástica, o valor bruto da produção (ly) será definido como a variável produto, ou seja, a variável dependente da função de fronteira estocástica de produção. A respeito dos fatores de produção, estes serão determinados pelas seguintes variáveis: área produtiva total (lx_1), incluindo as áreas de lavoura, pecuária e agrossilvicultura, como *proxy* do fator terra; despesa realizada não remuneradora de fator produtivo (lx_2), referindo-se ao somatório dos gastos com corretivos do solo, adubos, agrotóxicos, medicamentos para animais, sementes e mudas, sal/ração, combustível e energia, representando uma *proxy* dos insumos; soma do número

⁶ O módulo fiscal é parâmetro para a classificação fundiária dos tamanhos dos imóveis rurais do município, em consenso com a Lei nº. 8.629, de 25/02/1993, classificados em: a) minifúndios (até um módulo fiscal); b) pequenas, (entre um e quatro módulos fiscais); c) médias, (entre quatro e 15 módulos fiscais); e d) grandes propriedades, (maior do que 15 módulos fiscais) (LANDAU *et al.*, 2012).

de trabalhadores familiares e contratados (Ix_3), sendo uma *proxy* do fator trabalho; e o valor total dos bens dos estabelecimentos agropecuários (Ix_4) obtido pela soma do valor dos prédios, instalações e outras benfeitorias dos estabelecimentos, como *proxy* para bens de capital. Ressalta-se que todas essas variáveis, que compuseram a fronteira estocástica de produção foram transformadas para a forma logarítmica.

No que se refere à análise dos determinantes da eficiência produtiva, as variáveis utilizadas para esta estimação estão disponíveis no Quadro 3.

Quadro 3 - Especificação das variáveis que irão compor a estimação dos determinantes da eficiência produtiva.

| Agrupamento | Variável | Descrição |
|---------------------------------------|-----------------|--|
| Características do estabelecimento | Inareatot | Logaritmo da área total do estabelecimento. |
| Acesso à tecnologia | irrig | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso tenha acesso à tecnologia, representado pelo acesso à tecnologia de irrigação e 0 caso contrário. |
| Acesso a instituições e bens públicos | Infinanc | Logaritmo do valor total financiado no ano de 2006. |
| | assist | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso tenha acesso à assistência técnica e 0 caso contrário |
| Participação em redes de informação | coop | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso o estabelecimento tenha participação em cooperativas e 0 caso contrário |
| | urbano | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso o dirigente do estabelecimento resida na área urbana e 0 caso contrário |
| Capital humano | exp1-exp10 | <i>Dummies</i> que representam os intervalos de anos de experiência ao dirigir os trabalhos do estabelecimento. |
| | educ0-educ7 | São oito variáveis <i>dummies</i> que representam os níveis de escolaridade do indivíduo, desde não saber ler ou escrever até ensino superior. |
| Condição do Produtor | Arrend | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso seja arrendatário e 0 caso contrário |
| | Parc | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso seja parceiro e 0 caso contrário |
| | Ocup | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso seja ocupante e 0 caso contrário |
| | Prop | <i>Dummy</i> que recebe o valor 1 caso seja proprietário e 0 caso contrário |

Fonte: Elaboração própria.

Ressalta-se que as variáveis relativas aos determinantes da adoção das práticas agrícolas conservacionistas são aquelas anteriormente descritas na seção 4.1.2.1. Além disso, no Equilíbrio de Entropia utiliza-se o mesmo rol de variáveis independentes empregadas na estimação dos modelos *Probit*.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo, são apresentados e discutidos os resultados obtidos nas estimações dos modelos utilizados, com o intuito de cumprir com os objetivos estabelecidos neste estudo. Por uma questão de correspondência, os resultados são apresentados na mesma sequência da estratégia empírica.

5.1 Análise Descritiva dos Dados

Nesta subseção, apresentam-se as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas diferentes análises deste estudo, de modo que amparem a interpretação dos resultados dos modelos estimados. Assim, as estatísticas descritivas dos microdados⁷, são apresentadas por meio de frequências, parciais e totais, além do número de observações, médias e desvios-padrão das variáveis, conforme o tamanho (minifúndio, pequeno, médio ou grande, classificado pelo IBGE segundo as classes de módulos fiscais) dos estabelecimentos rurais.

Por conseguinte, na Tabela 2, apresenta-se a distribuição por tamanho dos estabelecimentos que compõem a amostra total. O que chama mais atenção é a concentração (93,4%) de estabelecimentos agropecuários da amostra entre minifúndios (77,1%) e pequenas propriedades (16,3%). O restante da amostra (6,6%) é classificado como médias (4,90%) e grandes propriedades (1,71%), com área total entre quatro e quinze módulos fiscais e maiores de 15 módulos fiscais, respectivamente.

Tabela 2 - Distribuição por tamanho dos estabelecimentos agropecuários da amostra

| Tamanho | Número de estabelecimentos | Frequência Relativa (%) |
|--------------------|----------------------------|-------------------------|
| Mini (<1 MF) | 3.283.982 | 77,09 |
| Pequeno (1 a 4 MF) | 694.133 | 16,30 |
| Médio (>4 a 15 MF) | 208.886 | 4,90 |
| Grande (>15 MF) | 72.962 | 1,71 |
| Total | 4.259.963 | 100,00 |

Fonte: Elaboração própria, com base nos microdados do Censo Agropecuário 2006.

Como um dos objetivos do estudo é verificar a relação entre a eficiência e o tamanho do estabelecimento, a Tabela 3 foi elaborada com o objetivo de apresentar

⁷ Em razão dos microdados do Censo Agropecuário 2006 serem considerados uma base de dados de acesso restrito e de caráter sigiloso, não é autorizado, pelo IBGE, a realização de estatísticas que incluam valores mínimos e máximos das variáveis que foram utilizadas nas estimações.

estatísticas descritivas considerando o comportamento das variáveis consideradas nas variadas análises realizadas, em relação a diferentes classes de área.

Na Tabela 3, o desvio-padrão é posto em evidência, pois em alguns casos seus valores são, por comparação, relativamente grandes. A heterogeneidade existente entre os estabelecimentos agropecuários brasileiros que constituem a amostra é uma explicação para isso, devido à ampla variedade de condições edafoclimáticas, do mesmo modo que os aspectos regionais, históricos e culturais contribuem para tal comportamento do desvio padrão.

No que se refere ao valor bruto da produção (*VBP*), valor dos bens (*Capital*), gastos com insumos (*Insumos*) e valor total financiado (*Financiamento*), os dados evidenciam que esses valores crescem com o tamanho da área do estabelecimento. Em relação à área produtiva, verificou-se o mesmo comportamento, ou seja, aumenta de acordo com o tamanho do estabelecimento. Ressalta-se o fato de que, para os minifúndios, a área produtiva média é de 7,2 ha, o que corresponde a aproximadamente seis vezes menor do que os pequenos estabelecimentos (47,1 ha). Comparativamente às médias e grandes propriedades, a área produtiva média dos minifúndios é, respectivamente, em torno de 27 e 156 vezes menor.

No que tange à variável trabalho, quanto maior a área do estabelecimento, maior a presença de trabalhadores contratados e familiares. Este resultado era esperado, pois as menores classes de área estão normalmente associadas a uma menor quantidade de mão de obra, predominantemente familiar, na medida em que, em estabelecimentos maiores há a necessidade de um número maior de trabalhadores.

Com relação à assistência técnica, nota-se que o acesso a esse serviço aumenta com a ampliação do tamanho do estabelecimento, ao passo que apenas 16% dos mini estabelecimentos tinham acesso, no que se refere às grandes propriedades, o percentual de acesso correspondeu a 59%. Os serviços de extensão rural constituem um caminho de muita relevância na disponibilização e acesso à informação no meio rural. No entanto, segundo Souza Filho *et al.* (2011), apesar da ampla capilaridade desse serviço público, sua capacidade de atender ao conjunto de demandas deteriorou-se, e por conseguinte, a questão da difusão de informações e capacitação apresenta-se ainda como um gargalo para o avanço da agricultura, particularmente no segmento dos pequenos produtores.

Tabela 3 - Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas nas análises, por tamanho dos estabelecimentos agropecuários.

| Variáveis | Mini (n=3.283.982) | | Pequeno (n=694.133) | | Médio (n=208.806) | | Grande (n=72.962) | | Brasil (n=4.259.963) | |
|-----------------------------|--------------------|---------|---------------------|---------|-------------------|-----------|-------------------|------------|----------------------|-----------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| VBP (R\$) | 10.189 | 218.338 | 37.304 | 412.398 | 98.849 | 702.204 | 430.706 | 3.700.000 | 26.157 | 571.345 |
| Capital (R\$) | 43.566 | 413.962 | 247.325 | 642.276 | 898.876 | 2.376.000 | 4.418.000 | 11.400.000 | 193.625 | 1.743.000 |
| Insumos (R\$) | 1.793 | 193.952 | 8.881 | 105.819 | 33.416 | 688.302 | 234.519 | 7.305.000 | 8.485 | 984.340 |
| Financiamento (R\$) | 830 | 9.036 | 3.845 | 20.343 | 13.018 | 91.645 | 58.949 | 806.783 | 2.914 | 108.409 |
| Se_financiamento (%) | 0,1690 | 0,3750 | 0,2500 | 0,4330 | 0,1930 | 0,3940 | 0,1990 | 0,3990 | 0,1840 | 0,3870 |
| Área Produtiva (ha) | 7,207 | 9,736 | 47,130 | 42,290 | 198,60 | 164,30 | 1.125,00 | 1.959,00 | 42,240 | 299,40 |
| Trabalho (unidades) | 2,5220 | 5,8440 | 2,8880 | 4,2560 | 3,7730 | 13,0700 | 6,6210 | 19,4200 | 2,7140 | 6,6680 |
| Assistência Técnica (%) | 0,1600 | 0,3670 | 0,3750 | 0,4840 | 0,4520 | 0,4980 | 0,5880 | 0,4920 | 0,2170 | 0,4120 |
| Irrigação (%) | 0,0597 | 0,2370 | 0,0691 | 0,2540 | 0,0734 | 0,2610 | 0,0796 | 0,2710 | 0,0623 | 0,2420 |
| Cooperativa (%) | 0,0730 | 0,2600 | 0,2240 | 0,4170 | 0,2470 | 0,4310 | 0,2440 | 0,4300 | 0,1090 | 0,3120 |
| Urbano (%) | 0,1050 | 0,3070 | 0,1990 | 0,3990 | 0,3040 | 0,4600 | 0,3390 | 0,4740 | 0,1340 | 0,3410 |
| Sexo (%) | 0,8620 | 0,3450 | 0,9290 | 0,2570 | 0,9420 | 0,2330 | 0,9510 | 0,2150 | 0,8780 | 0,3270 |
| Idade (anos) | 49,6500 | 14,9100 | 52,7700 | 14,1200 | 52,2000 | 14,5800 | 50,4000 | 14,5300 | 50,3000 | 14,8100 |
| Exp1 (%) | 0,0265 | 0,1610 | 0,0217 | 0,1460 | 0,0321 | 0,1760 | 0,0382 | 0,1920 | 0,0262 | 0,1600 |
| Exp1_5 (%) | 0,1730 | 0,3790 | 0,1270 | 0,3330 | 0,1600 | 0,3670 | 0,1820 | 0,3860 | 0,1650 | 0,3710 |
| Exp5_10 (%) | 0,1740 | 0,3790 | 0,1450 | 0,3520 | 0,1630 | 0,3690 | 0,1930 | 0,3950 | 0,1690 | 0,3750 |
| Exp10 (%) | 0,6260 | 0,4840 | 0,7070 | 0,4550 | 0,6450 | 0,4790 | 0,5860 | 0,4920 | 0,6400 | 0,4800 |
| Não sabe ler e escrever (%) | 0,1030 | 0,3040 | 0,0746 | 0,2630 | 0,0560 | 0,2300 | 0,0364 | 0,1870 | 0,0948 | 0,2930 |
| Sabe ler e escrever (%) | 0,2890 | 0,4530 | 0,1120 | 0,3160 | 0,0738 | 0,2610 | 0,0480 | 0,2140 | 0,2460 | 0,4310 |
| Alfabetizado (%) | 0,0546 | 0,2270 | 0,0481 | 0,2140 | 0,0413 | 0,1990 | 0,0349 | 0,1830 | 0,0526 | 0,2230 |
| Fund. Incompleto (%) | 0,4160 | 0,4930 | 0,4920 | 0,5000 | 0,3970 | 0,4890 | 0,3270 | 0,4690 | 0,4260 | 0,4940 |
| Fund. Completo (%) | 0,0719 | 0,2580 | 0,1130 | 0,3170 | 0,1330 | 0,3400 | 0,1360 | 0,3430 | 0,0827 | 0,2750 |
| Técnico Agrícola (%) | 0,0092 | 0,0954 | 0,0214 | 0,1450 | 0,0362 | 0,1870 | 0,0484 | 0,2150 | 0,0132 | 0,1140 |
| Médio Completo (%) | 0,0444 | 0,2060 | 0,0904 | 0,2870 | 0,1410 | 0,3480 | 0,1660 | 0,3720 | 0,0587 | 0,2350 |

Fonte: Elaboração própria, com base nos microdados do Censo Agropecuário 2006. Nota: DP=Desvio-padrão. (Continua)

(Continuação)

| Variáveis | Mini (n=3.283.982) | | Pequeno (n=694.133) | | Médio (n=208.806) | | Grande (n=72.962) | | Brasil (n=4.259.963) | |
|---------------------|--------------------|--------|---------------------|--------|-------------------|--------|-------------------|--------|----------------------|--------|
| | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP | Média | DP |
| Ensino Superior (%) | 0,0121 | 0,1100 | 0,0479 | 0,2140 | 0,1220 | 0,3280 | 0,2030 | 0,4020 | 0,0266 | 0,1610 |
| Qualificação (%) | 0,0256 | 0,1580 | 0,0671 | 0,2500 | 0,1160 | 0,3200 | 0,1760 | 0,3810 | 0,0394 | 0,1950 |
| Arrendatário (%) | 0,0505 | 0,2190 | 0,0328 | 0,1780 | 0,0398 | 0,1960 | 0,0321 | 0,1760 | 0,0468 | 0,2110 |
| Parceiro (%) | 0,0348 | 0,1830 | 0,0077 | 0,0872 | 0,0061 | 0,0776 | 0,0036 | 0,0596 | 0,0284 | 0,1660 |
| Ocupante (%) | 0,1050 | 0,3070 | 0,0236 | 0,1520 | 0,0181 | 0,1330 | 0,0080 | 0,0889 | 0,0858 | 0,2800 |
| Proprietário (%) | 0,8100 | 0,3930 | 0,9360 | 0,2450 | 0,9360 | 0,2450 | 0,9560 | 0,2040 | 0,8390 | 0,3680 |
| Norte (%) | 0,0846 | 0,2780 | 0,1070 | 0,3100 | 0,0904 | 0,2870 | 0,0931 | 0,2910 | 0,0887 | 0,2840 |
| Nordeste (%) | 0,5480 | 0,4980 | 0,2260 | 0,4180 | 0,2080 | 0,4060 | 0,1510 | 0,3580 | 0,4720 | 0,4990 |
| Sudeste (%) | 0,1630 | 0,3690 | 0,2470 | 0,4310 | 0,2780 | 0,4480 | 0,1970 | 0,3980 | 0,1830 | 0,3860 |
| Centro-Oeste (%) | 0,0325 | 0,1770 | 0,0858 | 0,2800 | 0,1860 | 0,3890 | 0,3180 | 0,4660 | 0,0536 | 0,2250 |
| Sul (%) | 0,1720 | 0,3770 | 0,3340 | 0,4720 | 0,2380 | 0,4260 | 0,2420 | 0,4280 | 0,2020 | 0,4020 |
| Terraço (%) | 0,0290 | 0,1680 | 0,0604 | 0,2380 | 0,0713 | 0,2570 | 0,0974 | 0,2960 | 0,0374 | 0,1900 |
| PECN (%) | 0,2920 | 0,4550 | 0,3320 | 0,4710 | 0,3170 | 0,4650 | 0,3180 | 0,4660 | 0,3000 | 0,4580 |
| RotCult (%) | 0,1150 | 0,3190 | 0,1760 | 0,3810 | 0,1410 | 0,3480 | 0,1510 | 0,3580 | 0,1270 | 0,3330 |
| LavRecPast (%) | 0,0450 | 0,2070 | 0,0743 | 0,2620 | 0,0926 | 0,2900 | 0,1170 | 0,3220 | 0,0533 | 0,2250 |
| PouDescSol (%) | 0,0650 | 0,2460 | 0,0632 | 0,2430 | 0,0615 | 0,2400 | 0,0706 | 0,2560 | 0,0646 | 0,2460 |

Fonte: Elaboração própria, com base nos microdados do Censo Agropecuário 2006. Nota: DP=Desvio-padrão.

No que concerne ao acesso às tecnologias de irrigação, constata-se que, de modo geral, sua aquisição ainda é pequena entre os estabelecimentos agropecuários brasileiros, posto que os percentuais médios variaram de 6% para os minifúndios, 7% para pequenos e médios e 8% entre os grandes estabelecimentos.

Quanto ao capital social presente na propriedade rural, referente à participação em cooperativas, nota-se que os responsáveis pelos médios estabelecimentos (24,7%) eram os mais participativos, seguidos dos grandes (24,4%), pequenos (22,4%) e mini estabelecimentos (7,3%). Nesse sentido, Souza Filho *et al.* (2011) ressaltam que o grau de organização e a participação do agricultor em organizações sociais (cooperativas, associações de produtores, etc.) têm impacto direto sobre a capacidade de produção, assim como na eficiência do uso dos recursos.

No que diz respeito à residência do dirigente em área urbana, o maior percentual foi verificado para os grandes estabelecimentos rurais (33,9%), enquanto que a menor porcentagem foi verificada nos minifúndios (10,5%). Analisando ainda a Tabela 3, quanto ao sexo e à idade, observou-se que, em todos os grupos, a maior parte dos responsáveis pelas propriedades rurais eram homens com idade média em torno de 50 anos. Esta evidência está de acordo com os estudos que alegam que está ocorrendo um processo de envelhecimento da população rural devido à baixa participação de jovens na atividade agrícola, em razão de melhores condições de remuneração no meio urbano (ABRAMOVAY *et al.*, 1998).

Em relação às categorias relacionadas ao tempo de experiência, aquela classificada como acima de dez anos (*Exp10*) foi a que teve maior percentual entre os grupos de áreas. Destaque para os pequenos estabelecimentos, que possuem o maior percentual observado (71%) de responsáveis pela direção com mais de dez anos de experiência. A categoria *até um ano de experiência (Exp1)* foi comparativamente a que teve menor percentual de produtores nesse enquadramento para todos os grupos de área.

No tocante à escolaridade, observa-se que apenas 1% dos dirigentes dos minifúndios possui ensino superior completo, enquanto que 20% dos responsáveis das grandes propriedades integram essa categoria. Paralelo a isso, 10,3% dos dirigentes dos minifúndios estão situados no nível educacional “não sabe ler ou escrever”. Observa-se que os maiores percentuais de dirigentes para todas as classes de áreas foram aquele de ensino fundamental incompleto, sendo 42% dos minifúndios, 49% dos pequenos, 40% dos médios e 33% dos grandes. É importante ressaltar que o baixo nível educacional

restringe a adoção das práticas agrícolas conservacionistas, perdurando práticas de plantio tipicamente menos produtivas, uso impróprio dos recursos naturais e de defensivos agrícolas, acarretando danos ambientais potencialmente significativos.

Quanto à variável qualificação, aproximadamente, 18% dos estabelecimentos grandes tiveram acesso a esse serviço, enquanto que para os estabelecimentos enquadrados como minifúndios, este foi apenas de 3% do total. Isto evidencia a baixa qualificação da mão de obra ainda presente no meio rural, principalmente entre os minifúndios e pequenos estabelecimentos.

Em relação à categoria de variáveis “condição do produtor em relação à terra”, observa-se que para todos os grupos de área, a maioria se enquadra como proprietários. Os ocupantes são mais representativos em minifúndios (10,5%) e menos representativos em grandes estabelecimentos (0,8%). Nas categorias parceiro e arrendatários, encontraram-se baixas médias percentuais para todas as quatro classes de tamanho.

No que diz respeito à relação das regiões com o tamanho dos estabelecimentos rurais brasileiros, 54,8% dos minifúndios estão localizados na região Nordeste. Os pequenos estabelecimentos rurais estão em sua maioria (33,4%) localizados no Sul, quanto aos médios, 27,8% estão situados no Sudeste e 31,8% das grandes propriedades estão concentradas na região Centro-Oeste.

Dentre as práticas conservacionistas consideradas neste estudo, plantio em curvas de nível foi a mais adotada para todos os grupos de áreas, sendo 29% dos minifúndios, 33% dos pequenos 31,7% dos médios e 31,8% dos grandes estabelecimentos rurais. Em relação a terraço, 10% dos grandes estabelecimentos contra 3% dos minifúndios adotaram essa prática. Os pequenos estabelecimentos, comparados aos demais grupos de área, são os que mais adotam rotação de culturas, aproximadamente 18%. No que se refere à lavoura para recuperação de pastagem, esta prática agrícola possui baixo percentual de adoção, sendo 12% dos grandes, 9% dos médios, 7% dos pequenos e 4% dos mini estabelecimentos rurais a adotam. E por fim, para a prática de pousio ou descanso do solo, o percentual de adoção concentra-se em torno de 6% de adotantes para cada um dos grupos de áreas. De modo geral, os dados revelam baixo percentual de adoção para todas as práticas agrícolas conservacionistas entre os produtores rurais brasileiros.

5.2 Seleção dos Grupos Correspondentes: Equilíbrio por Entropia

Com o intuito de alcançar o equilíbrio entre os grupos de tratamento e controle, nas variáveis explicativas de interesse, empregou-se o equilíbrio de entropia. Essa é uma técnica de pré-processamento que procura um conjunto de pesos de modo que minimize as diferenças entre esses grupos e satisfaça as restrições de equilíbrio, para que permaneça o mais próximo possível (em um sentido de entropia), mantendo todas as informações importantes (HAINMUELLER, 2012).

Em outras palavras, o algoritmo busca equilibrar os valores dos momentos (média, variância e assimetria) especificados na amostra de referência, neste caso, o grupo de agricultores adotantes de cada prática conservacionista, e procura, a partir de um conjunto de pesos, ajustar o grupo controle. A convergência ocorre quando todos os momentos são pareados entre ambos os grupos dentro de um determinado número de interações.

Nesse sentido, os resultados desse procedimento para cada prática conservacionista, consideradas neste estudo, são apresentados nas Tabelas A.1 a A.5 localizadas no Apêndice A, nas quais se compara as médias, as variâncias e as assimetrias dos grupos de tratamento com os grupos de controle antes e depois do balanceamento por Entropia. Nota-se que, de modo geral, antes da realização dos balanceamentos, o comportamento das médias, variâncias e assimetrias das variáveis eram distintos entre os grupos para cada uma das práticas conservacionistas. Contudo, depois de concretizado os balanceamentos pelo método da Entropia, houve o ajustamento correto dessas estatísticas para todas as variáveis independentes. Isto implica que, para cada grupo de tratados, há um contrafactual bastante similar, diferenciando-se apenas pela adoção ou não de cada uma das práticas agrícolas conservacionistas, o que sugere que tenha sido alcançado um grau de equilíbrio suficiente.

O equilíbrio observado nos três primeiros momentos para cada uma das cinco práticas agrícolas conservacionistas apresentadas anteriormente é também confirmado pela não rejeição da hipótese nula do teste de igualdade de médias cujos resultados se encontram entre a Tabela A.6 a Tabela A.10, disponíveis no Apêndice A. A principal informação dos testes de igualdade de médias para cada prática agrícola conservacionista é a existência de médias significativamente diferentes entre os grupos de tratamento e de controle para a maioria das variáveis antes do pareamento (amostra não pareada - NP). Essas diferenças estatísticas desaparecem na amostra pareada depois de adotar o

balanceamento por Entropia. Isto porque, para todas as práticas conservacionistas, por meio do teste *t* que testa a hipótese de que o valor médio de cada variável é o mesmo nos grupos de tratamento e controle, antes e depois do pareamento. Como este teste apresentou o *p-valor* maior que 0,10 para todas as variáveis, assim a hipótese nula não foi rejeitada ao nível de 10% de significância.

Além dos valores médios das variáveis, as Tabelas (A.6 até A.10) disponíveis no Apêndice A ainda apresentam o viés normalizado, que calcula a diferença percentual em relação às médias dos grupos tratados e controle dividido pelo erro padrão médio das duas amostras, apresentando que o percentual de redução no valor absoluto desse viés para a maioria das variáveis foi de 100%.

Outro teste que confirma o equilíbrio é o teste conjunto⁸ das variáveis que é reportado na Tabela 4. Observa-se que os resultados apresentaram redução do valor médio do viés, com diminuição significativa do valor *Qui-quadrado*. Ademais, o *p-valor* resultante da amostra pareada foi insignificante, e assim a hipótese nula, em que se considera a igualdade de médias entre os grupos, para cada prática conservacionista, não foi rejeitada.

Tabela 4 - Complemento do Teste de Médias para a prática agrícola Terraços.

| Prática | Amostra | Pseudo R ² | LR chi ² | p>chi ² | B | R |
|--------------------------------------|---------|-----------------------|---------------------|--------------------|--------|-------|
| Terraços | NP | 0,12 | 162.607,9 | 0,00 | 106,1* | 1,36 |
| | P | 0,00 | 0,09 | 1,00 | 0,10 | 0,99 |
| Plantio em Curva de Nível | NP | 0,04 | 214.424,5 | 0,00 | 49,3* | 1,19 |
| | P | 0,00 | 0,09 | 1,00 | 0,00 | 1,00 |
| Rotação de Culturas | NP | 0,15 | 476.394,2 | 0,00 | 101,3* | 2,12* |
| | P | 0,00 | 5,4 | 1,00 | 0,4 | 0,98 |
| Lavoura para Recuperação de Pastagem | NP | 0,02 | 33.598,5 | 0,00 | 39,2* | 1,13 |
| | P | 0,00 | 0,06 | 1,00 | 0,10 | 1,00 |
| Pousio ou Descanso do Solo | NP | 0,03 | 51.778,4 | 0,00 | 45,8* | 0,85 |
| | P | 0,00 | 0,16 | 1,00 | 0,10 | 0,98 |

Fonte: Elaboração própria, com base nos microdados do Censo Agropecuário 2006. Nota: * Se B>25%, R fora [0.5;2]; NP = Amostra Não Pareada, P = Amostra Pareada.

Duas estatísticas adicionais, recomendadas por Rubin (2001), podem ser calculadas para medir a robustez do equilíbrio entre as variáveis explicativas e o ajuste do pareamento realizado, representadas pelo parâmetro B que deve assumir valor menor

⁸ O teste conjunto das variáveis acompanha a tabela de resultados do teste de médias, com o comando *pstest* do *Stata*.

que 25% e pelo parâmetro R que deve estar no intervalo [0,5;2]. Assim, observa-se na Tabela 4 que para todas as amostras pareadas de cada prática conservacionista, os valores dos parâmetros R e B estão dentro dos intervalos que foram estabelecidos.

Do mesmo modo, para verificar se o pareamento foi bem sucedido, Sianesi (2004) sugere ainda uma análise comparativa do teste de *Pseudo-R²*, antes e depois do pareamento. Esse teste evidencia o poder de explicação dos regressores quanto às probabilidades dos agricultores adotarem cada uma das práticas conservacionistas e, após o pareamento, caso não ocorram diferenças sistemáticas na distribuição das variáveis entre os dois grupos (de tratados e controles), o valor do *Pseudo R²* diminuirá sensivelmente. Isto posto, pela Tabela 4, nota-se que, para cada prática conservacionista, ocorreu uma diminuição acentuada para esse parâmetro, indicando que não existem diferenças significativas na distribuição das variáveis e o teste conjunto mostrou-se coerente com a metodologia proposta.

Por conseguinte, mediante as análises dos três momentos antes e depois do balanceamento, testes de médias e o teste conjunto das variáveis explicativas, infere-se que o viés das variáveis observáveis foi reduzido substancialmente. Além disso, o pareamento realizado pelo Equilíbrio por Entropia construiu um grupo de controle com características muito próximas às observadas no grupo tratado. Portanto, considerando os testes supracitados, o conjunto da amostra encontra-se equilibrado e pronto para as próximas estimações.

5.3 Impacto da Adoção das Práticas Agrícolas Conservacionistas

A principal questão metodológica da primeira etapa desse estudo foi estabelecer um grupo que representasse um adequado contrafactual para os agricultores que adotaram as práticas conservacionistas, ou seja, que representasse qual seria a produtividade e o lucro do agricultor, caso não tivessem adotado tais práticas. O método apresentado até aqui criou um grupo de comparação com base no Equilíbrio por Entropia, dado um conjunto de características observadas.

Uma vez definido os grupos de produtores rurais tratados e controles, foram estimados os efeitos médios de tratamento sobre os tratados (ATT) para as variáveis de resultado: produtividade parcial da terra e o lucro. Na Tabela 5, são apresentados os valores do ATT, que foram mensurados pelas diferenças entre as médias dos valores das

variáveis de resultado dos grupos de tratamento e controle para cada uma das práticas agrícolas conservacionistas. Em outras palavras, os valores dos ATT representam as diferenças nos lucros e nas produtividades parciais da terra entre os indivíduos adotantes e não adotantes de cada uma das práticas agrícolas conservacionistas. Nesse sentido, quando o ATT apresenta valor positivo, isso significa que a média dos valores da variável de resultado para os adotantes é superior à média desta variável para os não adotantes das práticas conservacionistas. Similarmente, os valores negativos indicam que a média de uma variável no grupo de não adotantes supera a média desta mesma variável no grupo de adotantes.

Consoante aos resultados apresentados na Tabela 5, nota-se que o impacto da adoção das práticas conservacionistas nas variáveis de resultado foi diferente de prática para prática. Observa-se que o efeito da adoção das práticas conservacionistas sobre a produtividade parcial da terra apenas não foi significativa para a prática terraços, sendo que para as demais práticas apresentou-se estatisticamente significativa e com relação negativa. Isto implica que a adoção dessas práticas conservacionistas reduz a produtividade parcial da terra do estabelecimento agropecuário.

Tabela 5 - Análise do Impacto da adoção das Práticas Agrícolas Conservacionistas no lucro e na produtividade.

| Prática Conservacionista | Variável de Resultado | ATT | Erro Padrão | p-valor |
|---------------------------------------|-----------------------|-----------|-------------|---------|
| Terraço | Produtividade | -263,23 | 163,502 | 0,107 |
| | Lucro | 8.626,43 | 2.330,348 | 0,000 |
| Plantio em Curvas de Nível | Produtividade | -799,65 | 192,243 | 0,000 |
| | Lucro | 5.991,61 | 1.405,372 | 0,000 |
| Rotação de Culturas | Produtividade | -781,35 | 155,326 | 0,000 |
| | Lucro | -1.189,99 | 1.434,500 | 0,407 |
| Lavouira para recuperação de pastagem | Produtividade | -1512,23 | 140,356 | 0,000 |
| | Lucro | 2.996,13 | 1.955,873 | 0,126 |
| Pousio ou descanso do solo | Produtividade | -804,60 | 155,870 | 0,000 |
| | Lucro | -5442,60 | 1572,222 | 0,001 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

É relevante ressaltar que a produtividade é um indicador econômico que relaciona valores de produção com quantidades dos insumos utilizados, sendo, portanto, um indicador importante para a análise comparativa do desempenho de propriedades rurais que adotam práticas conservacionistas com aquelas que não adotam. No entanto, a diferença entre produtividade parcial e a produtividade total dos fatores podem ter diferentes implicações. A primeira delas reflete a relação entre o que é produzido, medido

de alguma forma e o que é consumido de um dos insumos utilizados, aqui considerado o fator terra. Já a produtividade total dos fatores é a razão entre a produção total e a soma de todos os fatores, refletindo o impacto conjunto de todos os insumos na produção.

De acordo com Fonseca (2007), na agricultura é habitual o uso da produtividade parcial da terra como indicador de desempenho nas análises do setor. No entanto, a implicação da maior utilização conjunta dos outros insumos (capital e trabalho) na produção final não é considerada pela produtividade parcial terra, podendo não refletir com precisão a capacidade produtiva por não considerar as interações entre os três fatores (COELLI *et al.*, 2005). Assim, a medida parcial da produtividade da terra, calculada para cada uma das práticas conservacionistas, pode estar sinalizando direção oposta daquela que seria obtida quando se usam indicadores de produtividade total.

Em relação ao efeito da adoção das práticas conservacionistas sobre o lucro, nota-se que não foi estatisticamente significativo para as práticas rotação de culturas e também lavoura para recuperação de pastagens. Por outro lado, para as práticas terraços e plantio em curvas de nível, quem as adota possui lucro maior quando comparado aos não adotantes.

O lucro maior pode ser em razão do menor uso de insumos ao adotar estas práticas conservacionistas (terraços e plantio em curvas de nível). De acordo com os microdados do Censo Agropecuário de 2006, os adotantes de práticas conservacionistas gastam em média R\$ 3.955,00 com insumos, e aqueles que não adotam despendem R\$ 11.656,00, ou seja, os não adotantes gastam 2,9 vezes a mais que os adotantes (Tabela 6). Isto porque, segundo a FAO (2015), na maioria dos estabelecimentos rurais que adotam as práticas conservacionistas, menos operações são necessárias de serem executadas no processo produtivo ao longo do tempo, resultando na necessidade de menos equipamentos e consequente redução dos custos com mão de obra e combustível. Nesse sentido, ao passo que a matéria orgânica do solo aumenta sob a adoção destas práticas conservacionistas, a fertilidade do solo e o teor de umidade resultam em uma maior eficiência dos fertilizantes, o que reduzirá a sua necessidade ao longo do tempo (FAO, 2015).

Tabela 6 - Estatística descritiva entre adotantes e não adotantes das práticas conservacionistas.

| Variável | Práticas agrícolas conservacionistas | |
|---------------------|--------------------------------------|-----------|
| | Adota | Não Adota |
| VBP_total (R\$) | 17.117 | 32.486 |
| Área_utilizada (ha) | 49,45 | 37,20 |
| Insumos (R\$) | 3.955 | 11.656 |
| Trabalho (Un.) | 2,48 | 2,88 |
| Capital (R\$) | 181.438 | 202.156 |
| Área_total (ha) | 73,71 | 55,09 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Entretanto, conforme Tittoto (2014), os lucros podem ter variações em função da adaptabilidade da tecnologia, como o caso das práticas conservacionistas que, por sua vez, varia de acordo com as condições ambientais particulares, como a qualidade do solo, clima, entre outras.

Para plantio em curvas de nível, ambas variáveis de resultado foram estatisticamente significativas, sendo que a produtividade foi menor para quem adota tal prática, embora o lucro fosse maior nesta comparação. Este não foi um resultado esperado, o que fez levantar a hipótese de que apesar da produtividade menor, o lucro foi maior em decorrência da possível redução dos custos produtivos, como supracitado. A redução da produtividade em estabelecimentos rurais, os quais fazem uso de plantio em curvas de nível, é devido à redução na área cultivada, necessária para a sua construção. Isto acontece porque a construção de curvas de nível demanda muita terra que não seja compensada pelo aumento da produção da área restante, devido aos espaços entre as linhas de plantação.

Quanto à prática de terraços, o resultado de maior lucro para os adotantes também foi encontrado por Hammad e Borresen (2006), ao desenvolverem um estudo em sete aldeias do distrito de Ramallah, localizadas na Palestina. De acordo com Hammad e Borresen (2006), aqueles agricultores que implementaram terraço como prática de conservação obtiveram um lucro de 3,5 a 6 vezes maior do que aquelas propriedades que não adotaram esta prática. Isso acontece porque, segundo os autores, ao adotar a prática terraços há uma menor incidência de erosão, o solo fica mais fértil, mais profundo e com maior capacidade de armazenamento de umidade do solo, fazendo com que tenha água disponível para o crescimento das plantas,

O efeito da rotação de culturas na produtividade da terra, segundo Oswald e Ransom (2001), depende das condições agroecológicas e edafoclimática do

estabelecimento rural, sobre quais culturas foram selecionadas, como estas foram combinadas e em que medida melhoraram as condições de fertilidade e aumento de matéria orgânica no solo.

Em consonância, Putte *et al.* (2010) alegam que em rotações de culturas que somente usam cereais, as produtividades tendem a diminuir com o tempo, provavelmente devido ao aumento da incidência de pragas e ervas daninhas e aumento da perda de nitrogênio e nutrientes no solo. No entanto, ainda segundo Putte *et al.* (2010), os efeitos negativos potenciais sobre a produtividade agrícola podem ser reduzidos pelo uso de um sistema de rotação de culturas que inclua outras culturas além dos cereais.

Em conformidade, Primavesi (2002) afirma que se deve optar por combinações de espécies com diversidade botânica além de distintas exigências nutricionais, hábitos de crescimento, produção de biomassa e sistemas radiculares abundantes e diferentes. Ainda seguindo o autor, isto pode ter efeito na interrupção dos ciclos de pragas e doenças, na redução de custos e no aumento da produtividade da cultura principal.

Assim, nessa análise tem-se que considerar que no manual do questionário do Censo Agropecuário de 2006, disponibilizado pelo IBGE para orientação dos recenseadores, o conceito de rotação de culturas encontra-se como a “alternância dos cultivos de gramíneas, leguminosas e outras, podendo ter períodos de pousio intercalados”, não considerando a rotação de pastagens. Isto implica que esse conceito abriu margem para que o recenseador tenha considerado como rotação de cultura a prática de sucessão. Segundo Resende *et al.* (2017) isto é comum visto que os próprios produtores rurais confundem os conceitos de ambas as práticas.

No Brasil, de acordo com Resende *et al.* (2017) é adotado a sucessão de culturas, principalmente de soja e milho, por serem duas *commodities* comerciais de grande relevância para a economia. Uma vez que a maioria das culturas recomendadas para rotação com a soja não proporcionam retorno financeiro satisfatório, o produtor brasileiro opta por manter o sistema soja-milho. Apesar de que este seja considerado um avanço quando comparado às práticas de monocultivos, a repetição da prática de sucessão soja/milho safrinha de forma contínua é questionável, dado que não garantiria a sustentabilidade necessária ao sistema (RESENDE *et al.*, 2017).

Em conformidade, Primavesi (2002) alega que um dos motivos para o insucesso de uma rotação de culturas considerando a perda de produtividade é em razão de fazer “rotação errada”, ou seja, utilizar uma ordem de culturas que não se complementam de

forma adequada, e, por conseguinte não ocasionar em um equilíbrio físico, químico e biológico do solo.

Outra questão, de acordo com Resende *et al.* (2016), reside no fato de que a rotação de culturas compreende espécies com diferentes necessidades nutricionais e a adubação deve atender àquelas mais exigentes. Este é um ponto importante, no qual demanda muita atenção do produtor, em razão de se tratar de um sistema mais complexo que o monocultivo, o que pode levar a importantes implicações no resultado final. Segundo Resende *et al.* (2016) se eventual desbalanço de nutrientes ocorrido em um cultivo não for observado, poderá ocasionar em prejuízos nas culturas posteriores, comprometendo todo o sistema produtivo. Um exemplo que reflete isso consiste na situação em que não se aduba o milho safrinha e, em face de condições climáticas favoráveis, a colheita é abundante e resulta em grande exportação de nutrientes e consumo das reservas presentes no solo, o que poderá impactar negativamente na produtividade da soja no verão seguinte e de outras culturas do sistema de rotação de culturas (RESENDE *et al.*, 2016).

Portanto, o sucesso da adoção da rotação de culturas é condicionado, além dos fatores básicos citados por Primavesi (2002), à capacidade de gerenciamento e compreensão do agricultor além de sua experiência com o manejo de diferentes culturas que irão compor os sistemas de rotação. Do contrário, o monocultivo apresentará resultados melhores por ser um sistema mais simples de se cultivar, mesmo que este não leve a uma produção sustentável e acentue a vulnerabilidade da propriedade agrícola às instabilidades climáticas (RESENDE *et al.*, 2016).

Assim, apesar deste estudo ter constatado uma menor produtividade da terra para aqueles que adotam rotação de culturas, esta prática não perde sua importância quando implementada da forma correta. Segundo a EMBRAPA (2011), a rotação é uma prática fundamental para aumentar a estabilidade da produção das culturas devido às variações climáticas, não só pela melhoria na qualidade do solo e pela produção de cobertura, mas também por proporcionar a diversificação de cultivares e o escalonamento da época de semeadura. Além disso, a rotação de culturas reduz os custos de produção pela racionalização no uso dos insumos ao reduzir o uso de fertilizantes e agrotóxicos e pela redução dos custos fixos uma vez que a diversidade do cultivo utiliza a mesma estrutura de máquinas, equipamentos e mão de obra (FAO, 2015).

No que diz respeito à lavoura para recuperação de pastagem, a produtividade da terra também se encontra menor para os adotantes quando comparado aos não adotantes. Segundo Marchão *et al.* (2009) e Bergamin (2017), uma possível explicação pode ser a superlotação das pastagens que leva à compactação e perda da cobertura do solo devido ao pisoteio da terra pela presença dos animais, o que acaba por prejudicar o crescimento radicular das plantas, reduzindo a absorção do solo de água e nutrientes, tendo impactos negativos na produtividade da terra, sobretudo quando, no período de cultivo, ocorre chuvas de forma irregular. Assim, para o uso mais intensivo do solo na lavoura para recuperação de pastagem, deve-se obter a melhor combinação entre o manejo do solo e a atividade pecuária, de modo que a produção pecuária não prejudique a produção de grãos, e vice-versa (MARCHÃO *et al.*, 2009).

Observando a Tabela 5, em particular para quem adota a prática pousio ou descanso do solo, a produtividade e lucro foram menores quando comparados com quem não adota, o que já era um resultado esperado, uma vez que deixar a terra em condição de pousio não gera nenhuma receita ao produtor além de incorrer no custo de oportunidade de se estar produzindo um cultivo comercial.

Assim, de modo geral, a Tabela 5 mostra que, em média, os agricultores que adotam as práticas agrícolas conservacionistas possuem produtividade inferior comparado aos produtores que não as adotam. A ausência de impactos da adoção das práticas agrícolas conservacionistas ou até mesmo os impactos negativos na produtividade levantaram algumas hipóteses específicas a cada prática como supracitado. No entanto, outro aspecto que pode contribuir para este resultado é a respeito do prazo de maturação dos ganhos de produtividade com as tecnologias sustentáveis que, em alguns casos, podem ocorrer no médio a longo prazo (TITTOTO, 2014).

De modo geral, os aspectos estruturais presentes na área em estudo também podem ser apontados como limitantes de uma atuação bem-sucedida das práticas conservacionistas. Os autores Pittelkow *et al.* (2014) e Kotu *et al.* (2017) mostraram em seus respectivos estudos que a promoção do uso integrado das práticas conservacionistas, ao invés de adotar uma prática isoladamente, teria um impacto positivo na produtividade agrícola. Ainda segundo esses autores, é imprescindível a atuação de atores devidamente preparados para a disseminação das práticas conservacionistas, a exemplo dos técnicos agropecuários da EMATER, para que encontrem combinações adequadas de práticas para cada caso particular, considerando diversos fatores, para que se assegure uma maior

produtividade e renda nos estabelecimentos rurais, minimizando os efeitos adversos da degradação do solo.

Portanto, em vista dos resultados obtidos nessa etapa, o agricultor deve adotar diversas práticas conservacionistas que se complementam em uma mesma área, uma vez que em conjunto estas práticas podem garantir melhores resultados. Assim, excelentes níveis de produtividade poderão ser obtidos ao se fazer uso de um pacote de práticas conservacionistas que considere os fatores agronômicos e edafoclimáticos de cada estabelecimento rural, tais quais a qualidade do solo, a seleção das variedades de culturas que serão empregadas, o espaçamento entre as linhas de plantio, o uso balanceado de fertilizantes e nutrientes além do controle de pragas e doenças.

5.4 Determinantes da Adoção de Práticas Agrícolas Conservacionistas

A análise dos modelos⁹ *Probit*, para cada uma das cinco práticas conservacionistas, tem o propósito de estimar a probabilidade de adoção de tais práticas e observar quais fatores interferem nessa escolha. Ressalva-se que os valores dos coeficientes não podem ser diretamente interpretados como efeito marginal do respectivo regressor sobre a probabilidade de adoção de cada uma das cinco práticas conservacionistas. Assim, na Tabela 7, apresenta-se os coeficientes e os efeitos marginais para cada modelo estimado.

O intuito nesta etapa de estudo é analisar se os fatores são estatisticamente significativos ou não, além do sinal da relação, uma vez que apenas os sinais dos parâmetros estimados em um modelo *Probit* podem ser interpretados, pois fornecem a direção da probabilidade de adoção das práticas de conservação em resposta a um aumento na variável independente associada. Além disso, como evidenciado na seção 4.1.2, a estimação do modelo de seleção (*Probit*) é a primeira etapa para a eliminação do possível viés de seletividade amostral na decisão de adotar as práticas agrícolas conservacionistas no meio rural brasileiro.

Com essas ressalvas em mente, nota-se que os modelos foram estimados considerando 4.259.963 produtores e que, de acordo com os resultados apresentados na

⁹ Cada modelo *probit* começou com um conjunto mais amplo de variáveis, incluindo todas aquelas para as quais os impactos seriam estimados. Considerando problemas de multicolinearidade, o número de variáveis foi reduzido até que o modelo parecesse melhor especificado.

Tabela 7, verifica-se que a hipótese nula sobre a insignificância conjunta de todos os coeficientes (χ^2) associados às variáveis explicativas é rejeitada ao nível de 1% em todos os modelos. A respeito dos determinantes da adoção das práticas agrícolas terraços, plantio em curva de nível e lavoura para recuperação de pastagem, observa-se que todas as variáveis explicativas em cada um desses modelos foram estatisticamente significativas a 1% para explicar tais probabilidades de adoção. Quanto aos determinantes da adoção da prática agrícola rotação de cultura, todas as variáveis explicativas foram estatisticamente significativas a 1%, com exceção apenas das *dummies* que representam o ensino fundamental completo (*Fund. Completo*) e a condição do produtor perante o estabelecimento, referente a *Ocupado*. No que tange os determinantes da adoção da prática pousio ou descanso do solo, apenas a variável *idade* e as *dummies* referentes a saber ler e escrever para a região Norte não foram estatisticamente significativas.

No que se refere às características do dirigente do estabelecimento, observou-se que o fato do indivíduo ser do sexo masculino está associado a uma maior probabilidade de adotar as práticas agrícolas conservacionistas. Resultado semelhante para esta variável foi encontrado por Kassie *et al.* (2009), que a justificam pelo fato de que os produtores do sexo masculino frequentemente têm maior acesso e controle sobre os recursos naturais, sobretudo nos países em desenvolvimento.

Os coeficientes estimados para as categorias que representam os anos de experiência do dirigente à frente do estabelecimento rural mostram que produtores com mais de 10 anos de experiência (categoria base) estão associados à maior probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparados aos demais. À medida que o nível de experiência no gerenciamento do estabelecimento aumenta, é provável que os agricultores entendam as consequências da degradação ambiental, e adquiram mais conhecimento, permitindo que eles implementem essas práticas, além de avaliarem melhor o investimento.

Tabela 7 - Resultados dos modelos de regressão *probit* por práticas conservacionistas.

| | Terraço | | PECN | | RotCult | | LavRecPast | | PouDescSol | |
|---------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------|
| | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg |
| Sexo | 0,032*** (0,0042) | 0,002*** (0,0002) | 0,028*** (0,0020) | 0,009*** (0,0007) | 0,052*** (0,0028) | 0,009*** (0,0005) | 0,132*** (0,0034) | 0,013*** (0,0003) | 0,092*** (0,0030) | 0,010*** (0,0003) |
| Exp1 | -0,063*** (0,0086) | -0,003*** (0,0005) | -0,185*** (0,0044) | -0,060*** (0,0014) | -0,310*** (0,0063) | -0,045*** (0,0007) | -0,123*** (0,0072) | -0,011*** (0,0006) | -0,202*** (0,0069) | -0,021*** (0,0006) |
| Exp1_5 | -0,017*** (0,0037) | -0,001*** (0,0002) | -0,066*** (0,0011) | -0,022*** (0,0007) | -0,138*** (0,0026) | -0,023*** (0,0004) | -0,083*** (0,0031) | -0,008*** (0,0003) | -0,113*** (0,0030) | -0,013*** (0,0003) |
| Exp5_10 | -0,015*** (0,0035) | -0,001*** (0,0002) | -0,031*** (0,0019) | -0,011*** (0,0006) | -0,109*** (0,0025) | -0,018*** (0,0004) | -0,062*** (0,0030) | -0,006*** (0,0003) | -0,0944*** (0,0028) | -0,011*** (0,0003) |
| Idade | 0,001*** (9,91e-05) | 0,0001*** (0,0000) | -0,002*** (5,12e-05) | -0,001*** (0,0000) | -0,003*** (6,75e-05) | -0,001*** (0,0000) | 0,0003*** (8,04e-05) | 0,00003*** (0,00001) | 0,00000143 (7,50e-05) | 1.70e-07 (0,0001) |
| Sabe ler e escrever | 0,057*** (0,0059) | 0,003*** (0,00040) | 0,024*** (0,0026) | 0,008*** (0,001) | 0,010*** (0,0035) | 0,002*** (0,0006) | -0,074*** (0,0039) | -0,007*** (0,0004) | -0,0039 (0,0035) | -0,0004 (0,0004) |
| Alfabetizado | 0,143*** (0,0076) | 0,010*** (0,0006) | 0,189*** (0,00355) | 0,068*** (0,0013) | -0,0281*** (0,0050) | -0,005*** (0,0009) | -0,033*** (0,0055) | -0,003*** (0,0006) | -0,156*** (0,0055) | -0,017*** (0,0005) |
| Fund. Incompleto | 0,083*** (0,0054) | 0,005*** (0,0003) | 0,0815*** (0,0025) | 0,028*** (0,0009) | 0,061*** (0,0033) | 0,011*** (0,0006) | -0,039*** (0,0037) | -0,004*** (0,0004) | -0,032*** (0,0034) | -0,004*** (0,0004) |
| Fund. Completo | 0,179*** (0,0064) | 0,012*** (0,0005) | 0,0836*** (0,0032) | 0,029*** (0,0012) | -0,0062 (0,0042) | -0,001 (0,0007) | -0,020*** (0,0049) | -0,002*** (0,0005) | -0,074*** (0,0048) | -0,008*** (0,0005) |
| Técnico Agrícola | 0,106*** (0,0091) | 0,007*** (0,0007) | -0,033*** (0,0062) | -0,011*** (0,0021) | -0,156*** (0,0077) | -0,025*** (0,0011) | -0,081*** (0,0092) | -0,008*** (0,0008) | -0,153*** (0,0096) | -0,016*** (0,0009) |
| Médio Completo | 0,216*** (0,0067) | 0,015*** (0,0006) | 0,049*** (0,0036) | 0,017*** (0,0013) | -0,038*** (0,0047) | -0,007*** (0,0008) | 0,030*** (0,0053) | 0,003*** (0,0006) | -0,0664*** (0,0053) | -0,008 (0,0006) |
| Ensino Superior | 0,271*** (0,0079) | 0,020*** (0,0007) | 0,035*** (0,0047) | 0,012*** (0,0017) | -0,128*** (0,0061) | -0,021*** (0,0009) | 0,091*** (0,0066) | 0,010*** (0,0008) | -0,00082 (0,0069) | -0,0001 (0,0008) |
| Qualificação | 0,174*** (0,0049) | 0,012*** (0,0004) | 0,061*** (0,0034) | 0,024*** (0,0012) | 0,210*** (0,0039) | 0,042*** (0,0009) | 0,230*** (0,0046) | 0,028*** (0,0007) | 0,236*** (0,0048) | 0,033*** (0,0008) |
| Se_Financiamento | 0,121*** (0,0029) | 0,008*** (0,0002) | 0,108*** (0,0017) | 0,038*** (0,0006) | 0,283*** (0,0021) | 0,055*** (0,0005) | 0,142*** (0,0026) | 0,016*** (0,0003) | 0,122*** (0,0025) | 0,015*** (0,0003) |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Nota: Erro padrão entre parênteses; Significância: *** p<0,01; ** p<0,05 e * p<0,1; Número de Observações: 4.259.963. (Continua)

(Continuação)

| | Terraço | | PECN | | RotCult | | LavRecPast | | PouDescSol | |
|-----------------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|----------|--------------|-----------|
| | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg | Coefficiente | EFMg |
| Assistência | 0,351*** | 0,025*** | 0,257*** | 0,091*** | 0,309*** | 0,061*** | 0,172*** | 0,019*** | 0,146*** | 0,019*** |
| Técnica | (0,0021) | (0,0003) | (0,0018) | (0,0007) | (0,0022) | (0,0005) | (0,0027) | (0,0003) | (0,0028) | (0,0003) |
| Cooperativa | 0,254*** | 0,018*** | 0,209*** | 0,075*** | 0,220*** | 0,043*** | 0,116*** | 0,013*** | -0,0170*** | -0,002*** |
| | (0,0032) | (0,0003) | (0,0022) | (0,0008) | (0,0025) | (0,0005) | (0,0033) | (0,0004) | (0,0036) | (0,0004) |
| Arrendatário | 0,132*** | 0,009*** | -0,021*** | -0,007*** | 0,055*** | 0,010*** | -0,281*** | 0,023*** | -0,071*** | -0,008*** |
| | (0,0053) | (0,0004) | (0,0031) | (0,0011) | (0,0039) | (0,0007) | (0,0058) | (0,0004) | (0,0048) | (0,0005) |
| Parceiro | 0,069*** | 0,004*** | 0,107*** | 0,038*** | 0,017*** | 0,003*** | -0,258*** | 0,022*** | 0,027*** | 0,003*** |
| | (0,0079) | (0,0005) | (0,0039) | (0,0014) | (0,0053) | (0,0010) | (0,0075) | (0,0005) | (0,0056) | (0,0007) |
| Ocupante | 0,017*** | 0,001** | -0,100*** | -0,034*** | 0,0026 | 0,0004 | -0,197*** | 0,018*** | 0,072*** | 0,009*** |
| | (0,0052) | (0,0003) | (0,0025) | (0,0008) | (0,0033) | (0,0006) | (0,0043) | (0,0003) | (0,0033) | (0,0004) |
| Norte | -0,962*** | -0,028*** | -0,588*** | -0,171*** | -1,094*** | -0,107*** | 0,159*** | 0,018*** | 0,0045 | 0,0005 |
| | (0,0071) | (0,0001) | (0,0021) | (0,0007) | (0,0042) | (0,0002) | (0,0043) | (0,0006) | (0,0046) | (0,0005) |
| Nordeste | -0,552*** | -0,033*** | -0,206*** | -0,071*** | -0,744*** | -0,129*** | 0,133*** | 0,014*** | 0,427*** | 0,052*** |
| | (0,0037) | (0,0002) | (0,0020) | (0,0007) | (0,0024) | (0,0004) | (0,0033) | (0,0004) | (0,0032) | (0,0004) |
| Sudeste | -0,370*** | -0,017*** | 0,012*** | 0,004*** | -0,769*** | -0,099*** | 0,078*** | 0,008*** | 0,100*** | 0,013*** |
| | (0,0035) | (0,0001) | (0,0021) | (0,0007) | (0,0026) | (0,0003) | (0,0034) | (0,0004) | (0,0035) | (0,0005) |
| Centro-Oeste | -0,345*** | -0,015*** | -0,634*** | -0,178*** | -0,979*** | -0,096*** | 0,245*** | 0,030*** | -0,104*** | 0,011*** |
| | (0,0054) | (0,0002) | (0,0035) | (0,0008) | (0,0046) | (0,0002) | (0,0047) | (0,0007) | (0,0058) | (0,0006) |
| Constante | -1,832*** | | -0,447*** | | -0,642*** | | -1,863*** | | -1,841*** | |
| | (0,0092) | | (0,0046) | | (0,0060) | | (0,0074) | | (0,0069) | |
| <i>Log-likelihood</i> | -598.297 | | -2.495.860,9 | | 1.382.983,7 | | -870.311,65 | | -994.031,02 | |
| <i>LR-Chi2</i> | 162608*** | | 214425*** | | 474056.50*** | | 33598*** | | 51957*** | |
| <i>Pseudo-R²</i> | 0,1200 | | 0,0412 | | 0,1463 | | 0,0189 | | 0,0255 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Nota: Erro padrão entre parênteses; Significância: *** p<0,01; ** p<0,05 e * p<0,1; Número de Observações: 4.259.963.

A variável *idade*, por sua vez, apresentou efeitos variados na probabilidade do produtor adotar as práticas conservacionistas, isto é, tal probabilidade de adoção aumentaria com a idade para as práticas de terraço e lavoura para recuperação de pastagem, e diminuiria para as práticas plantio em curvas de nível e rotação de culturas. Esta variável foi utilizada na literatura de diferentes formas: Baumgart-Getz, Prokopy e Floress (2012) ao fazerem uma meta-análise de estudos que analisaram a adoção de práticas conservacionistas notaram que a idade foi incluída em muitos modelos como uma barreira à adoção, ou seja, a probabilidade de adoção diminuía com o aumento da idade. De acordo com Gould, Saupe e Klemme (1989), a variável idade pode ser usada como *proxy* para a consciência ambiental se for considerada a hipótese de que os agricultores mais novos são mais conscientes dos benefícios da adoção de práticas conservacionistas.

Em conformidade, Ervin e Ervin (1982) e Paudel *et al.* (2008) desenvolveram a ideia de que os produtores mais velhos, por possuírem um horizonte de planejamento menor quando comparados aos mais jovens, são menos predispostos a adotar tais práticas devido ao horizonte de tempo ao qual procuram capturar retornos sobre o investimento.

Em relação ao capital humano, nota-se que neste estudo houve um conjunto de resultados mistos para a categoria nível educacional, uma vez que nem todas as categorias consideradas apresentam maior probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparado com a categoria base, isto é, produtores que não sabem ler e escrever. A variável educação é discutida na maioria dos estudos referente à temática em análise como uma medida positiva para da capacidade individual (BAUMGART-GETZ, PROKOPY e FLORESS, 2012). Segundo os estudos de Foster e Rosenzweig (2010) e Villano *et al.* (2015), os agricultores com maiores níveis educacionais possuem maior capacidade de processar as informações obtidas e buscar por tecnologias apropriadas às suas restrições de produção quando comparado aos produtores com níveis educacionais menores. Deste modo, o resultado demonstra a importância de investimentos em educação no meio rural, visto que estes podem facilitar o acesso à adoção da agricultura de conservação.

A educação torna o indivíduo mais aberto a mudanças, dando a ele mais condições de avaliar o risco e de notar a necessidade de adotar práticas conservacionistas. No entanto, tem-se que levar em conta o conhecimento informal relacionado aos ensinamentos passados de geração em geração, que estão muitas vezes culturalmente

enraizados nos produtores e, por consequência, podem torná-los resistentes a adoção de práticas conservacionistas.

O fato de algumas categorias analisadas apresentarem menor probabilidade de adoção das práticas conservacionistas quando comparado com a categoria base não saber ler e escrever também foi um resultado encontrado por alguns estudos como Weir e Knight (2000) e Nyangena (2008). Uma explicação plausível é que o nível de escolaridade somente pode ser relevante para o exato momento da adoção, sendo menos importante para a questão de saber se o produtor adotou uma tecnologia agrícola (WEIR e KNIGHT, 2000). Em outras palavras, isso quer dizer que os primeiros a adotarem as práticas conservacionistas tendem a ter níveis de escolaridade mais elevados e posteriormente são copiados por aqueles que adotam tais práticas mais tarde, camuflando assim a relação entre educação e adoção (WEIR e KNIGHT, 2000). Outra provável explicação para o comportamento da categoria nível educacional, segundo Nyangena (2008), é o elevado custo de oportunidade do trabalho, em razão de que as pessoas com níveis educacionais mais elevado podem ter ganhos financeiros maiores em afazeres além da atividade agrícola. Para esses produtores rurais, o investimento em práticas conservacionistas é concorrente com outros investimentos efetivados ou que ainda não foram finalizados (NYANGENA, 2008). Portanto, dado o conjunto misto de resultados, mais estudos são necessários para que se estabeleça a relação específica entre educação e comportamento de adoção das práticas conservacionistas.

A variável qualificação, no que lhe concerne, desempenha um papel essencial na gestão do estabelecimento rural, pois algumas práticas conservacionistas são intensivas em mão de obra qualificada. Como parte dos resultados das estimações, a qualificação aumenta a probabilidade de adoção em todas as práticas conservacionistas estudadas. Terraço, por exemplo, é uma prática que exige mão de obra capacitada para sua construção e manutenção, pois se não for feito da forma correta, haverá o risco de piorar a situação da erosão do solo e trazer vultuosos prejuízos. A rotação de culturas é outra prática que necessita de um planejamento bem feito, por alguém especializado, devido aos diversos fatores que precisam ser considerados para que se obtenha sucesso em sua implantação.

O recebimento de financiamento foi estatisticamente significativo e positivo, aumentando a probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas. No Brasil, o crédito e os empréstimos atuam como fontes financeiras alternativas para o

investimento agrícola, muito importantes para que os produtores tenham condições de adotar tais práticas que carecem de um notável aporte financeiro inicial, a exemplo dos terraços. Esta relação também foi encontrada nos estudos de Ramírez e Schultz (2000) e Kotu *et al.* (2017).

A presença de assistência técnica, por sua vez, também aumenta a possibilidade de adoção das práticas conservacionistas. Este tipo de serviço exerce um importante papel de orientação e capacitação dos produtores para que estejam aptos a adotarem estas práticas. A assistência técnica, pertinente às necessidades dos produtores, aliada ao processo de educação informal por meio de minicursos e dias de campo fornecidos pelos técnicos que objetivem o uso racional dos recursos naturais e adoção de práticas conservacionistas, possui grande potencial para garantir a continuidade e sustentabilidade do estabelecimento rural. A relação positiva do acesso a assistência rural com a probabilidade de adoção também foi encontrada Ramírez e Schultz (2000), Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007), Duarte (2009), Kassie *et al.* (2012) e Arslan *et al.* (2014).

O pertencimento a uma cooperativa também aumenta a probabilidade de adoção das práticas conservacionistas. Porém, com exceção para a prática pousio ou descanso do solo, em que o fato de ser cooperado diminui essa probabilidade de adoção. Esse resultado já era esperado, pois esta prática requer que a terra fique “parada” por um período, levando ao seu custo de oportunidade de estar produzindo algo para fornecer a uma cooperativa, por exemplo. Segundo, Kassie *et al.* (2009), os membros de cooperativas têm maiores probabilidades de se tornarem adotantes (ou não) dependendo da prática, em razão do conhecimento compartilhado pelos membros, incluindo “*dos and do not*” (o que fazer e o que não fazer), em face dos prós e contras de uma prática. A informação é difundida por meio de educadores informais como outros agricultores e formais por serviços de extensão. No entanto, os membros de uma cooperativa conhecem uns aos outros e quando um agricultor fala para outro agricultor, a aceitação é maior comparado a alguém externo aquele ambiente que quer inserir mudanças na sua forma produtiva.

Quanto às categorias que representam a condição do produtor perante a propriedade, tiveram comportamentos diferenciados em relação à probabilidade de adoção de cada prática agrícola conservacionista. Para as práticas terraços e rotação de culturas, todas as categorias consideradas (arrendatário, parceiro e ocupante) apresentam maior probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparado com a categoria base, isto é, a dos produtores proprietários do estabelecimento rural. O

contrário ocorre para a prática lavoura para recuperação de pastagem, em que todas as categorias consideradas apresentam menor probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparado com a categoria de base. Para a prática plantio em curva de nível, a probabilidade de adoção é maior quando se é proprietário comparado a arrendatário e ocupante. No entanto, a probabilidade de adoção de tal prática é maior para os parceiros, comparado a categoria base (proprietário). Para pousio ou descanso do solo, ser parceiro ou ocupante tem probabilidade maior de adoção em relação a ser proprietário. Já ser arrendatário tem probabilidade menor de adoção de tal prática, comparado a categoria base.

O fato de ser proprietário incentiva o investimento em práticas que tragam retornos tanto ambientais como econômicos, dado seu horizonte de planejamento ser maior quando comparado a outras categorias. Além disso, por deter a posse da terra, os proprietários possuem a possibilidade de obter financiamentos para que possam investir em novas tecnologias em seu estabelecimento rural. No entanto, na literatura empírica são apresentados resultados contraditórios em relação à condição do produtor perante a propriedade e a adoção de práticas conservacionistas, como o ocorrido neste estudo e por diversos motivos apresentados nos trabalhos de Lee e Stewart (1983); Current, Lutz e Scherr (1995); e Ramírez e Shultz (2000).

Em relação às regiões, como localização geográfica, a região Sul foi utilizada como base de comparação. Assim, para as práticas agrícolas terraços e rotação de culturas, todas as categorias consideradas apresentam menor probabilidade de adoção das práticas conservacionistas se comparadas com a categoria base. O contrário aconteceu com a prática lavoura para recuperação de pastagem, em que todas as categorias consideradas apresentam maior probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas se comparadas com a região Sul. Em relação à prática plantio em curva de nível, as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste apresentam menor probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas comparadas à região Sul, diferentemente da região Sudeste, que teve probabilidade maior que a região Sul. Quanto a Pousio e Descanso do Solo, quem está localizado no Nordeste ou Sudeste apresenta maior probabilidade de adoção do que está na região Sul, o contrário acontece para a região Centro-Oeste.

Em geral, os parâmetros estimados são estatisticamente diferentes de zero e a maioria deles apresenta sinais consistentes com o que seria esperado. O fato de ser

membro de uma cooperativa, ter acesso ao financiamento e assistência técnica, mais anos de experiência, ser homem e ter mão de obra qualificada aumenta a probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas. Já as variáveis categóricas condições do produtor, nível educacional, além da idade e da localização geográfica tiveram resultados variados, dependendo do tipo de prática analisada.

Nesse sentido, o fato de as variáveis educação, assistência técnica e qualificação terem parâmetros positivos e significativos é coerente com a ideia de que a formação de capital humano, por meio de educação formal, treinamento agrícola e orientação técnica, é essencial para ajudar os agricultores a ter melhor conhecimento a respeito dos atributos das práticas conservacionistas.

No entanto, na medida em que o agricultor desconhece os benefícios sociais, ambientais e econômicos das práticas de conservação, é provável que o percentual de adoção seja menor do que socialmente ótimo. Além disso, longos períodos de gestação para os benefícios das práticas conservacionistas se concretizarem podem tornar-se barreiras aos agricultores com horizontes de planejamento de curto prazo e mais avessos ao risco.

5.5 Análise das Fronteiras Estocásticas de Produção

A função *fronteira estocástica de produção* foi estimada como segundo estágio da abordagem de Heckman para a amostra total (Brasil) e para quem adota (A) e não adota (NA) cada uma das cinco práticas agrícolas conservacionistas, totalizando onze estimações. Assim como demonstrado na subseção 4.1.2.2, além dos fatores de produção, acrescentou-se no momento da estimação das funções de produção o peso estimado no Balanceamento por Entropia e a razão inversa de *Mills*, calculada por meio dos erros dos modelos *probit* estimados na etapa anterior para cada uma das práticas, no intuito de considerar o viés de seleção causado por fatores observáveis e não observáveis.

Ressalta-se que em cada modelo estimado, adotou-se o método *cluster por município* para obtenção de erros-padrão robustos e coeficientes mais precisos, solucionando também possível viés causado pela heterocedasticidade. Além disso, os resultados das estatísticas de *Wald* indicaram um bom ajustamento dos modelos, rejeitando-se a 1% a hipótese nula de insignificância conjunta das variáveis em cada um dos onze modelos estimados (Tabela 8).

Tabela 8 - Modelos de Fronteira Estocástica de Produção para cada Prática Agrícola Conservacionista.

| Variáveis | Terraços | | PECN | | RotCult | | Lav. Recup.de Pastagem | | Pousio ou Desc. do solo | | Brasil |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|
| | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | Amostra Total |
| lx1(Área) | 0,196*** (0,0154) | 0,123*** (0,0082) | 0,203*** (0,0086) | 0,163*** (0,0085) | 0,171*** (0,0149) | 0,124*** (0,0095) | 0,184*** (0,0140) | 0,194*** (0,0073) | 0,232*** (0,0152) | 0,228*** (0,0079) | 0,208*** (0,0071) |
| lx2 (Insumo) | 0,398*** (0,0101) | 0,422*** (0,0054) | 0,349*** (0,0063) | 0,339*** (0,0058) | 0,417*** (0,0112) | 0,388*** (0,0063) | 0,384*** (0,0091) | 0,327*** (0,0055) | 0,321*** (0,0092) | 0,285*** (0,0055) | 0,311*** (0,0054) |
| lx3 (Trabalho) | 0,223*** (0,0102) | 0,230*** (0,0061) | 0,215*** (0,0067) | 0,240*** (0,0066) | 0,212*** (0,0076) | 0,239*** (0,0074) | 0,209*** (0,0130) | 0,248*** (0,0058) | 0,232*** (0,0142) | 0,233*** (0,0068) | 0,236*** (0,0057) |
| lx4 (Capital) | 0,101*** (0,0081) | 0,139*** (0,0049) | 0,128*** (0,0052) | 0,134*** (0,0051) | 0,120*** (0,0062) | 0,147*** (0,0055) | 0,135*** (0,0089) | 0,134*** (0,0044) | 0,095*** (0,0119) | 0,117*** (0,0048) | 0,126*** (0,0043) |
| area1 (Mini) | -0,604*** (0,0496) | -0,581*** (0,0275) | -0,571*** (0,0338) | -0,552*** (0,0339) | -0,527*** (0,0406) | -0,548*** (0,0355) | -0,495*** (0,0518) | -0,657*** (0,0327) | -0,719*** (0,0647) | -0,675*** (0,0370) | -0,636*** (0,0316) |
| area2 (Pequeno) | -0,515*** (0,0388) | -0,510*** (0,0231) | -0,499*** (0,0279) | -0,474*** (0,0279) | -0,503*** (0,0328) | -0,461*** (0,0308) | -0,421*** (0,0421) | -0,568*** (0,0275) | -0,617*** (0,0533) | -0,578*** (0,0314) | -0,546*** (0,0259) |
| area3 (Médio) | -0,264*** (0,0278) | -0,290*** (0,0169) | -0,285*** (0,0205) | -0,286*** (0,0210) | -0,299*** (0,0223) | -0,266*** (0,0240) | -0,286*** (0,0310) | -0,324*** (0,0212) | -0,352*** (0,0411) | -0,354*** (0,0247) | -0,317*** (0,0186) |
| <i>millsterraco</i> | -0,016*** (0,0047) | -0,016*** (0,0030) | | | | | | | | | |
| <i>millspecn</i> | | | -0,008*** (0,0031) | -0,003 (0,0041) | | | | | | | |
| <i>millsrotcult</i> | | | | | -0,008** (0,0054) | 0,004*** (0,0027) | | | | | |
| <i>millslavpast</i> | | | | | | | 0,0162** (0,00776) | 0,0028 (0,0018) | | | |
| <i>millspds</i> | | | | | | | | | 0,0101 (0,00738) | -0,0169*** (0,0023) | |
| Constante | 5,361*** (0,1510) | 4,927*** (0,0746) | 5,457*** (0,0930) | 5,399 (0,0882) | 4,989*** (0,0106) | 5,038*** (0,0874) | 5,147*** (0,1390) | 5,537*** (0,0807) | 5,792*** (0,1830) | 5,885*** (0,0870) | 5,669*** (0,0830) |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Nota: Regressões usando cluster de erros-padrão (que estão entre parênteses) robustos ao nível do município; Significância: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1. (Continua)

(Continuação)

| Variáveis | Terraços | | PECN | | RotCult | | Lav. Recup.de Pastagem | | Pousio ou Desc. do solo | | Brasil |
|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|----------------------|-----------------------|
| | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | Amostra Total |
| <i>Usigma</i> | 0,741*** (0,2030) | 1,429*** (0,0954) | 1,599*** (0,1010) | 1,590*** (0,0886) | 1,001*** (0,1710) | 1,594*** (0,0998) | 1,154*** (0,170) | 1,363*** (0,0740) | 0,851*** (0,1940) | 1,452*** (0,0839) | 1,388*** (0,0746) |
| <i>Vsigma</i> | -0,627*** (0,0375) | -0,432*** (0,0217) | -0,263*** (0,0231) | -0,137*** (0,0239) | -0,514*** (0,0354) | -0,245 (0,0227) | -0,259*** (0,0323) | -0,143*** (0,0191) | -0,037*** (0,0438) | 0,071*** (0,0205) | -0,051*** (0,0191) |
| <i>Lambda</i> | 1,18 | 3,31 | 6,08 | 11,61 | 1,95 | 6,51 | 4,46 | 9,53 | 23,00 | 20,45 | 27,22 |
| <i>Wald-Test</i> | 80.838 | 705.192 | 322.002 | 415.984 | 224.872 | 482.611 | 65.088 | 756.837 | 65.271 | 640.090 | 717.674 |
| <i>Prob>chi2</i> | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,000 |
| Observações | 57.622 | 702.789 | 297.909 | 462.502 | 202.894 | 557.517 | 55.296 | 705.115 | 57.718 | 702.693 | 760.411 |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Notas: Regressões usando cluster de erros-padrão (que estão entre parênteses) robustos ao nível do município; Significância: *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,1.

Isto posto, na Tabela 8 encontram-se os resultados das estimações das fronteiras estocásticas de produção para cada tipo de prática conservacionista e para quem adota (A) e não adota (NA). Além disso, ressalta-se que para possibilitar uma melhor visualização, os coeficientes dos efeitos fixos estimados para Unidades Federativas foram omitidos.

Ressalta-se que as estimações das fronteiras foram por meio da forma funcional da *Cobb-Douglas* e os parâmetros foram obtidos por estimadores de Máxima Verossimilhança. Além disso, uma vez que todas as variáveis foram transformadas em seu logaritmo natural, os coeficientes são as elasticidades dos fatores de produção (área, insumos, trabalho e capital) sendo possível examinar seus efeitos sobre a composição do valor bruto da produção agropecuária, para todos os grupos de adotantes e não adotantes de cada uma das práticas conservacionistas consideradas (Tabela 8). Ao mesmo tempo, esses resultados possibilitam identificar se há divergências na alocação dos fatores de produção entre os grupos considerados.

Nesse sentido, observa-se que as elasticidades dos fatores de produção, expostos na Tabela 8, seguem padrões similares nos onze modelos estimados, apesar de suas magnitudes diferirem. Em relação ao modelo estimado para a agropecuária brasileira como um todo (*pooled*), verifica-se que os insumos comprados e o trabalho foram os fatores que mais contribuíram para a formação do valor bruto da produção brasileira em 2006, indicando que o aumento de 10% na quantidade utilizada desses fatores estaria associado a um aumento do valor bruto da produção - VBP, em 3,1% e 2,4%, respectivamente. Já o valor do capital foi a variável de menor elasticidade no modelo referente a amostra total (0,126). Estes resultados estão em conformidade com os encontrados por Helfand, Magalhães e Rada (2015) e Freitas, Silva e Braga (2017), os quais também constataram que os fatores de produção insumos comprados e trabalho obtiveram relativamente as maiores elasticidades e capital a menor, ao estimarem uma função de produção para a agricultura brasileira.

Com relação às elasticidades referentes aos modelos das fazendas que adotam cada uma das práticas conservacionistas e daquelas que não adotam, verificaram-se diferenças significativas na contribuição de cada fator de produção para a formação do VBP agropecuária. Para ambos os grupos de adotantes e não adotantes de cada prática, os insumos comprados e o trabalho ainda representam os fatores de produção com maior participação na geração do VBP. Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2009), ao estudarem a

questão relacionada do impacto da adoção de práticas de conservação do solo na eficiência técnica, também notaram que os fatores insumos comprados e o trabalho foram os que mais contribuíram para a produção.

Quanto ao fator terra, a elasticidade estimada indica que a contribuição da expansão da área para o crescimento do VBP é maior para os estabelecimentos que adotam práticas agrícolas conservacionistas, comparado com aqueles que não adotam, com exceção para a prática de lavoura para recuperação de pastagem.

A variável utilizada como *proxy* do fator capital, valor dos bens, apresentou sinal positivo e foi estatisticamente significativa para todos os grupos de adotantes e não adotantes das práticas agrícolas conservacionistas. Porém, foi o fator de produção que apresentou menor contribuição sobre a elasticidade total da produção, em todos os modelos estimados. Resultado semelhante foi encontrado por Nkegbe (2012), em que o fator capital foi o menos importante para o valor da produção dos produtores rurais do Norte de Gana, sendo que um dos motivos para este resultado é o baixo acesso a esse fator.

Ressalta-se que ao utilizar a forma funcional *Cobb-Douglas* é possível também observar os retornos à escala da função de produção por meio da soma das elasticidades dos fatores produtivos (Tabela 9). Assim, para a função estimada para o Brasil, a soma das elasticidades resultou em 0,88, isso significa que o retorno da tecnologia utilizada enquadra-se em retornos decrescentes à escala. Porém, ressalta-se que esse resultado diverge do que foi encontrado por Alves, Souza e Rocha (2012), os quais também utilizaram os microdados do Censo Agropecuário de 2006 para estimar uma função de produção para a agropecuária brasileira e encontraram retornos constantes à escala. Uma explicação para a divergência desses resultados encontra-se no fato de que consideraram diferentes insumos de produção.

Tabela 9 - Retorno à escala.

| Terraços | | PECN | | RotCult | | Lav. Recup.de Pastagem | | Pousio ou Desc. do solo | | Brasil |
|----------|------|------|------|---------|------|------------------------|------|-------------------------|------|--------|
| A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | |
| 0,92 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,92 | 0,90 | 0,91 | 0,90 | 0,88 | 0,86 | 0,88 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

No que se refere à soma das elasticidades para cada um dos modelos observa-se valores menores que a unidade (1), indicando retornos decrescentes à escala, isto significa

que o aumento nos insumos eleva a produção menos que o proporcional. Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007) e Nkegbe (2012) também encontraram retornos decrescentes à escala em seus estudos sobre adoção da agricultura de conservação. Além disso, nota-se que não há diferenças consideráveis no retorno aos fatores da produção, mesmo considerando adotantes e não adotantes de cada uma das práticas conservacionistas.

Outros resultados apresentados na Tabela 8, dizem respeito aos parâmetros que representam o inverso da razão de *Mills*. Mesmo que para cada prática conservacionista tenham apresentado comportamentos diferentes, deve-se admitir a necessidade do processo de seleção amostral. Assim, a inclusão dessas variáveis nas respectivas equações de fronteira estocástica de produção para as práticas de quem adota e não adota terraço e rotação de culturas, para quem não adota pousio ou descanso do solo e para quem adota plantio em curvas de nível e lavoura para recuperação de pastagem é necessária para a correção do viés de seletividade amostral, dado que foram estatisticamente significativas. Adicionalmente, o fato de possuírem sinal negativo indica que há fatores não observados que influenciam a decisão do produtor de adotar ou não tais práticas agrícolas conservacionistas em sua fazenda, além de diminuir o valor bruto da produção, com exceção das variáveis *millsrotcult* (para quem não adota rotação de culturas) e *millslavpast* (para adotantes de lavoura para recuperação de pastagem) que possui sinal positivo e indica o contrário disso.

No entanto, nas funções de fronteiras estocásticas de produção para aqueles que não adotam plantio em curvas de nível e lavoura para recuperação de pastagem e para aqueles que adotam pousio ou descanso do solo, os coeficientes para as respectivas variáveis que representam o inverso da Razão de *Mills* foram estatisticamente não significantes ao nível de 10%. Nesse sentido, a nulidade do coeficiente que multiplica os fatores de correção sinaliza tão somente que não foi identificado o viés de seletividade amostral.

Outra informação relevante apresentada na Tabela 8 diz respeito aos resultados dos parâmetros *Lambda*, obtidos por meio da divisão da variância do termo de erro relativo à ineficiência (*Usigma*) pela variância do termo de erro aleatório (*Vsigma*), a qual permite testar a existência significativa da ineficiência técnica. Os valores encontrados acima da unidade nas funções estimadas significam que a maior parte do erro se deve à ineficiência. Em outras palavras, isso indica que os efeitos da ineficiência dos produtores exercem um papel importante na explicação da falta de obtenção de resultados máximos.

Deste modo, a análise da eficiência técnica e dos fatores que influenciam a ineficiência técnica é realizada na próxima subseção.

5.6 Eficiência Técnica

Após a estimação das funções de fronteiras estocásticas e obtidos os escores de eficiência, estimou-se o modelo para verificar os determinantes da eficiência técnica dos estabelecimentos rurais que adotam e não adotam cada uma das práticas conservacionistas. Além disso, o procedimento de *cluster por município* foi novamente utilizado para a obtenção de erros padrão robustos, garantindo maior confiabilidade em relação aos coeficientes estimados.

Ressalta-se que, no contexto das implicações políticas, é mais importante determinar quais variáveis exercem influências na eficiência técnica do que apenas medi-la. Além disso, para os resultados apresentados na Tabela 10, a análise é realizada em termos de eficiência técnica em vez de ineficiência técnica. Como os parâmetros estimados refletem o impacto de cada variável selecionada sobre a ineficiência técnica do estabelecimento agropecuário e, por conseguinte, para interpretá-los em termos da eficiência técnica, devem-se inverter os sinais de cada coeficiente.

A partir dos resultados apresentados na Tabela 10, verificou-se para o Brasil uma relação negativa e significativa entre a eficiência técnica e a área total dos estabelecimentos agropecuários. Ao considerar os modelos especificados para cada prática conservacionista, separando quem as adota e quem não as adota, verificaram-se semelhanças significativas entre os resultados destes modelos. Com exceção dos estabelecimentos que adotam e não adotam plantio em curva de nível, rotação de culturas, e para aqueles que não adotam terraços e pousio ou descanso do solo, em que os resultados foram diferentes daqueles encontrados para o Brasil.

As propriedades rurais que tiveram acesso à tecnologia de irrigação (*irrig*) foram estatisticamente mais eficientes (reduziram a ineficiência) independentemente de ter adotado ou não cada uma das práticas conservacionistas. Isto acontece porque a irrigação é uma importante tecnologia para a agricultura, principalmente em períodos de baixa precipitação, onde é empregada para suprir déficits hídricos nas culturas, tornando o sistema produtivo mais eficiente.

O fato do dirigente do estabelecimento morar em área urbana (*urbano*) esteve relacionado a menores níveis de eficiência técnica para quem adota e para aqueles que não adotam as cinco práticas conservacionistas, com exceção apenas para os não adotantes de pousio ou descanso do solo. Assim, a eficiência produtiva é menor quando comparada aos estabelecimentos em que o dirigente reside no meio rural, mantendo constantes os outros atributos. Uma explicação para tal resultado reside no fato de que produtores que moram nos estabelecimentos rurais participam de forma mais ativa e direta nas atividades agrícolas refletindo em um melhor desempenho produtivo quando comparado aos produtores que moram na área urbana.

Entre as variáveis empregadas na identificação da contribuição do capital social para o desempenho produtivo das propriedades rurais, o fato de o dirigente do estabelecimento estar associado a uma cooperativa contribuiu para obtenção de maiores níveis de eficiência independentemente do tipo de prática agrícola conservacionista e se adota ou não. Isto acontece provavelmente porque os membros das cooperativas de modo geral tendem a dividir suas experiências com uso de técnicas usadas na produção, práticas comerciais e que podem levar a melhora na eficiência. Além disso, a troca de informações entre os membros das cooperativas sobre os mercados de insumos, como de fertilizantes, pesticidas e sementes com preços competitivos, permite que estes ajustem seus sistemas produtivos de forma mais eficiente (HONG e YABE, 2015).

No que se refere à variável financiamento total realizado (*Infinanc*), esta foi estatisticamente significativa ao nível de 1% para todos os grupos de adotantes e não adotantes de cada prática conservacionista e, apresentando relação positiva com a eficiência técnica, mostrando a relevância do aumentar da disponibilidade de crédito rural para elevação do desempenho produtivo tanto dos adotantes das práticas conservacionistas quanto dos não adotantes. Em outras palavras, o acesso ao crédito foi um fator determinante da eficiência dos agricultores na área de estudo.

Por conseguinte, explorou-se o efeito da condição do produtor em relação à propriedade rural sobre os níveis de eficiência produtiva. Uma vez que a condição de proprietário foi considerada a categoria base, uma relação negativa encontrada para alguma das condições indicaria que aquele produtor seria mais eficiente que o proprietário. Os resultados para essa variável apresentados na Tabela 10 apontam que, para todos os grupos analisados, os produtores nas condições de arrendatário, parceiro e ocupante foram relativamente mais eficientes que os proprietários. Este resultado não era

esperado, em razão dos estabelecimentos rurais com titulação definitiva terem maiores garantias para aquisição de financiamento e outros tipos de serviços, pois a terra é considerada uma segurança ao pagamento do empréstimo (BESLEY, 1995). Além disso, este resultado contradiz a ideia de que, *ceteris paribus*, a propriedade da terra reduz o risco e, por conseguinte, deve melhorar os retornos esperados e o desempenho produtivo, além de incentivar o investimento de longo prazo em tecnologias agrícolas, a exemplo das práticas conservacionistas, que podem contribuir para incrementos na eficiência produtiva (Gebremedhin e Swinton, 2003).

Tabela 10 - Fatores que influenciam a ineficiência técnica.

| | Terraços | | Plantio em nível | | Rotação de culturas | | Lavoura para Recuperação de pastagem | | Pousio ou descanso do solo | | Brasil |
|---------------------|-----------|------------|------------------|-----------|---------------------|-----------|--------------------------------------|-----------|----------------------------|-----------|---------------|
| | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | Amostra total |
| Inareatot | 0,020* | -0,0233*** | -0,0001 | -0,045*** | -0,065*** | -0,055*** | 0,047*** | 0,022*** | 0,011 | -0,001 | 0,007** |
| | (0,0237) | (0,0116) | (0,0125) | (0,0101) | (0,0228) | (0,0119) | (0,0267) | (0,0090) | (0,0243) | (0,0103) | (0,0089) |
| Irrigação | -0,176*** | -0,391*** | -0,432*** | -0,618*** | -0,301*** | -0,489*** | -0,212*** | -0,573*** | -0,815*** | -0,790*** | -0,688*** |
| | (0,0144) | (0,0497) | (0,0512) | (0,0586) | (0,0675) | (0,0605) | (0,0110) | (0,0422) | (0,0120) | (0,0574) | (0,0471) |
| Urbano | 0,178*** | 0,207*** | 0,069*** | 0,123*** | 0,360*** | 0,116*** | 0,263*** | -0,008 | 0,140*** | -0,060*** | 0,019 |
| | (0,0604) | (0,0357) | (0,0390) | (0,0359) | (0,0515) | (0,0444) | (0,0656) | (0,0287) | (0,0814) | (0,0363) | (0,0281) |
| Cooperativa | -0,508*** | -0,509*** | -0,603*** | -0,752*** | -0,452*** | -0,460*** | -0,927*** | -0,750*** | -0,866*** | -0,917*** | -0,796*** |
| | (0,0564) | (0,0361) | (0,0432) | (0,0470) | (0,0540) | (0,0393) | (0,0729) | (0,0371) | (0,1110) | (0,0495) | (0,0412) |
| Infinanc | -0,108*** | -0,156*** | -0,198*** | -0,185*** | -0,154*** | -0,174*** | -0,176*** | -0,168*** | -0,168*** | -0,200*** | -0,183*** |
| | (0,0219) | 0,0107 | 0,0119 | (0,0105) | 0,0173 | 0,0124 | (0,0175) | (0,0087) | (0,0233) | (0,0102) | 0,0086 |
| Arrendatário | -0,231*** | -0,325*** | -0,341*** | -0,672*** | -0,267*** | -0,377*** | -0,752*** | -0,592*** | -0,452*** | -0,762*** | -0,680*** |
| | (0,1070) | (0,0517) | (0,0758) | (0,0710) | (0,0722) | (0,0566) | (0,1680) | (0,0583) | (0,1610) | (0,0892) | (0,0584) |
| Parceiro | -0,429*** | -0,460*** | -0,399*** | -0,793*** | -0,211*** | -0,608*** | -0,563*** | -0,672*** | -0,663*** | -0,752*** | -0,726*** |
| | (0,1480) | (0,0742) | (0,0948) | (0,0683) | (0,0956) | (0,0925) | (0,1800) | (0,0641) | (0,1690) | (0,0787) | (0,0676) |
| Ocupante | -0,177*** | -0,166*** | -0,156*** | -0,328*** | -0,169*** | -0,207*** | -0,227*** | -0,291*** | -0,336*** | -0,356*** | -0,305*** |
| | (0,0906) | (0,0350) | (0,0461) | (0,0319) | (0,0645) | (0,0361) | (0,0916) | (0,0285) | (0,0875) | (0,0340) | (0,0289) |
| Exp1 | 0,928*** | 0,785*** | 0,655*** | 0,814*** | 0,789*** | 0,840*** | 0,733*** | 0,760*** | 0,478*** | 0,684*** | 0,747*** |
| | (0,1460) | (0,0570) | (0,0675) | (0,0541) | (0,0853) | (0,0626) | (0,1470) | (0,0408) | (0,1910) | (0,0459) | (0,0406) |
| Exp1_5 | 0,398*** | 0,313*** | 0,312*** | 0,324*** | 0,276*** | 0,303*** | 0,387*** | 0,365*** | 0,285*** | 0,307*** | 0,326*** |
| | (0,0591) | (0,0249) | (0,0286) | (0,0248) | (0,0420) | (0,0274) | (0,0576) | (0,0212) | (0,0604) | (0,0237) | (0,0193) |
| Exp5_10 | 0,122*** | 0,135*** | 0,102*** | 0,165*** | 0,179*** | 0,105*** | 0,113*** | 0,169*** | 0,124*** | 0,113*** | 0,138*** |
| | (0,0536) | (0,0233) | (0,0245) | (0,0237) | (0,0372) | (0,0249) | (0,0533) | (0,0203) | (0,0562) | (0,0189) | (0,0182) |
| Assistência Técnica | -0,827*** | -0,898*** | -0,825*** | -1,000*** | -0,909*** | -0,908*** | -0,751*** | -0,857*** | -0,948*** | -0,906*** | -0,965*** |
| | (0,0574) | (0,0290) | (0,0368) | (0,0489) | (0,0483) | (0,0324) | (0,0645) | (0,0282) | (0,0903) | (0,0393) | (0,0342) |
| Sabe ler e escrever | 0,420*** | 0,193*** | 0,165*** | 0,134*** | 0,390*** | 0,129*** | 0,135** | 0,148*** | 0,102** | 0,143*** | 0,149*** |
| | (0,0902) | (0,0349) | (0,0310) | (0,0297) | (0,0796) | (0,0293) | (0,0584) | (0,0208) | (0,0587) | (0,0224) | (0,0216) |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Nota: Regressões usando cluster de erros-padrão (que estão entre parênteses) robustos ao nível do município; *** p<0,01; ** p<0,05 e * p<0,1. (Continua)

(Continuação)

| | Terraceos | | Plantio em nível | | Rotação de culturas | | Lavoura para Recuperação de pastagem | | Pousio ou descanso do solo | | Brasil |
|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|----------------------------|-----------------------|------------------------|
| | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | Amostra total |
| Alfabetizado | 0,326*** (0,1300) | 0,0758*** (0,0540) | 0,171*** (0,0535) | 0,100*** (0,0489) | 0,158*** (0,1090) | 0,102*** (0,0530) | 0,104 (0,1680) | 0,141*** (0,0360) | 0,103 (0,1140) | 0,149*** (0,0423) | 0,142*** (0,0380) |
| Fund. Incompleto | -0,394*** (0,0810) | -0,435*** (0,0392) | -0,346*** (0,0344) | -0,294*** (0,0344) | -0,455*** (0,0841) | -0,320*** (0,0334) | -0,400*** (0,0642) | -0,284*** (0,0248) | -0,197*** (0,0645) | -0,204*** (0,0254) | -0,261*** (0,0247) |
| Fund. Completo | -0,300*** (0,0909) | -0,384*** (0,0456) | -0,318*** (0,0424) | -0,303*** (0,0240) | -0,407*** (0,0882) | -0,266*** (0,0465) | -0,341*** (0,0780) | -0,306*** (0,0312) | -0,306*** (0,1050) | -0,255*** (0,0332) | -0,285*** (0,0304) |
| Técnico Agrícola | -0,139 (0,1410) | 0,017 (0,0619) | -0,0139 (0,0796) | 0,393*** (0,0787) | 0,0120 (0,1230) | 0,115*** (0,0735) | -0,0483 (0,1620) | 0,177*** (0,0578) | 0,753*** (0,2180) | 0,269*** (0,0736) | 0,286*** (0,0607) |
| Médio Completo | -0,166** (0,1060) | -0,166*** (0,0473) | -0,199*** (0,0494) | 0,019 (0,0472) | -0,207*** (0,0967) | -0,070*** (0,0501) | -0,122* (0,0988) | -0,0719*** (0,0355) | 0,00629 (0,1130) | -0,0374 (0,0395) | -0,0566*** (0,0347) |
| Ensino Superior | 0,251*** (0,1210) | 0,218*** (0,0615) | 0,336*** (0,0752) | 0,572*** (0,0754) | 0,320*** (0,1240) | 0,344*** (0,0711) | 0,460*** (0,1310) | 0,386*** (0,0549) | 0,651*** (0,1990) | 0,606*** (0,0704) | 0,497*** (0,0536) |
| Constante | 0,741*** (0,2030) | 1,429*** (0,0954) | 1,599*** (0,1010) | 1,590*** (0,0886) | 1,001*** (0,1710) | 1,594*** (0,0998) | 1,154*** (0,1700) | 1,363*** (0,0740) | 0,851*** (0,1940) | 1,452*** (0,0839) | 1,388*** (0,0746) |

Fonte: Resultados da Pesquisa. Nota: Regressões usando cluster de erros-padrão (que estão entre parênteses) robustos ao nível do município; *** p<0,01; ** p<0,05 e * p<0,1.

No entanto, alguns estudos empíricos como Byiringiro e Reardon, (1996), Binam *et al.* (2003) e Solis, Bravo-Ureta e Quiroga, (2007) também relataram uma associação negativa entre a propriedade da terra e a eficiência da fazenda. Estes autores sugerem que o resultado é coerente com o fato de que os não proprietários adicionaram requisitos de produção para cobrir o aluguel das terras e isso poderia ser um incentivo para serem mais eficientes. Em termos de arrendatários e parceiros, dependeria da forma contratual.

No que tange à experiência dos dirigentes do estabelecimento como determinante do desempenho produtivo, a categoria base utilizada foi para mais de dez anos de experiência (*Exp10*). Os sinais observados foram aqueles esperados para os adotantes e não adotantes de cada uma das cinco práticas conservacionistas, assim como para a amostra total. Para estes estabelecimentos, agricultores com mais de 10 anos à frente da propriedade foram mais produtivos do que aqueles com um período menor, sugerindo que a experiência possibilita o produtor utilizar os insumos de forma mais eficiente.

A variável assistência técnica também foi estatisticamente significativa e positiva, relacionado a maiores níveis de eficiência, apresentando relação esperada para todos os modelos estimados. A assistência técnica, por meio de cursos de treinamento ou instruções técnicas sobre os sistemas produtivos, é essencial para ganhos de conhecimento e mudanças comportamentais positivas entre os produtores rurais. Portanto, é importante que os agricultores tenham fácil acesso aos serviços de extensão, com a finalidade de otimizar a eficiência técnica, haja vista a restrição dos recursos produtivos.

No que diz respeito à relação entre a escolaridade e a eficiência técnica dos estabelecimentos agropecuários, verifica-se a ocorrência de efeitos distintos dentre as categorias. Assim, para os adotantes e não adotantes de cada uma das práticas conservacionistas que estão enquadrados nos seguintes níveis: sabe ler e escrever, alfabetizado, fundamental completo e ensino superior foram mais produtivos comparados à categoria base utilizada que são aqueles que não sabem ler e escrever. No entanto, para os níveis educacionais fundamental incompleto, técnico agrícola e médio completo, o comportamento foi contrário. Apesar de este resultado ter sido contraditório, segundo Freitas *et al.* (2016) uma explicação para isso seria que para a agropecuária brasileira a experiência na atividade produtiva pode sobrepor aos efeitos da escolaridade em si.

Finalmente, um objetivo importante deste estudo é avaliar a relação entre a adoção de práticas de conservação do solo e a eficiência da fazenda comparando para diferentes

grupos de áreas. Assim, depois de estimadas as fronteiras estocásticas de produção, foram calculadas para todos os modelos analisados as médias dos escores de eficiência técnica, livres dos vieses ocasionado por fatores observáveis e não observáveis (Tabela 11).

De acordo com a Tabela 11, observou-se que a eficiência técnica média dos estabelecimentos para quem adota cada tipo de prática conservacionista é maior do que para aqueles que não adotam. Assim, esse resultado não rejeita a hipótese inicial deste estudo em que os estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas são tecnicamente mais eficientes que os demais que não adotam tais práticas. Contudo, é plausível ainda elevar significativamente o desempenho produtivo dos adotantes e não adotantes de cada prática conservacionista sem modificar a quantidade utilizada dos fatores de produção.

De modo geral, este resultado vai ao encontro da literatura internacional acerca da relação entre a adoção de práticas conservacionistas e eficiência técnica, as quais identificam maiores níveis de eficiência entre os estabelecimentos adotantes, como nos resultados encontrados no estudo de Nkegbe (2012). Este autor relatou níveis mais elevados de eficiência técnica entre aqueles que classificou como adotantes de práticas de conservação do solo em sua amostra no Norte de Gana do que aqueles que não adotam. Este achado é ainda corroborado com os resultados encontrado por Solís, Bravo-Ureta e Quiroga (2007) no estudo realizado para um amostra de produtores rurais de Honduras e El Salvador.

Tabela 11 - Análise das médias dos escores de eficiência técnica depois do balanceamento por entropia¹⁰.

| Grupos de área | Terracos | | Plantio em nível | | Rotação de culturas | | Lavoura para Recuperação de Pastagem | | Pousio ou Desc. do solo | |
|----------------|----------|------|------------------|------|---------------------|------|--------------------------------------|------|-------------------------|------|
| | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA | A | NA |
| TOTAL | 0,65 | 0,56 | 0,61 | 0,58 | 0,69 | 0,55 | 0,63 | 0,58 | 0,64 | 0,62 |
| Mini | 0,63 | 0,54 | 0,58 | 0,55 | 0,66 | 0,53 | 0,60 | 0,56 | 0,61 | 0,59 |
| Pequeno | 0,68 | 0,63 | 0,67 | 0,64 | 0,72 | 0,61 | 0,67 | 0,64 | 0,69 | 0,67 |
| Médio | 0,68 | 0,63 | 0,69 | 0,66 | 0,74 | 0,64 | 0,67 | 0,65 | 0,71 | 0,70 |
| Grande | 0,67 | 0,65 | 0,70 | 0,67 | 0,75 | 0,66 | 0,68 | 0,66 | 0,74 | 0,71 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Ao se considerar os diferentes grupos de tamanho de estabelecimento verifica-se ainda, pela Tabela 11, que o incremento na eficiência técnica proporcionado pela adoção

¹⁰ Reforça-se que dentre as regras para o uso da sala de sigilo no IBGE, para impedir que algum agricultor seja identificado, não é autorizado obter valores de máximos e mínimos nas estimativas.

das práticas agrícolas conservacionistas é maior para os grandes estabelecimentos. Em outras palavras, os estabelecimentos classificados como “grandes” são aqueles com maior escore de eficiência técnica, pois transformam os fatores produtivos em valor bruto de produção mais eficientemente. Nesse sentido, à medida que se considera propriedades rurais maiores, os escores médios tendem a aumentar.

Esse resultado pode ser explicado pelo fato dos menores estabelecimentos relacionados à adoção de práticas conservacionistas, como evidenciado na Tabela 3, estarem associados a quantidades relativamente baixas dos fatores produtivos (terra, trabalho, insumos e capital). Além disso, de acordo com Asafu-Adjave (2008), os produtores rurais com estabelecimentos menores possivelmente se empenham menos em adotar práticas agrícolas conservacionistas comparado àqueles de maior porte. Isto ocorre porque as estruturas de conservação ocupam proporcionalmente mais espaço em terrenos menores e os benefícios econômicos futuros podem ser insuficientes para compensar o declínio na produção causado inicialmente. Outro ponto relatado pelos autores é que se espera que grandes propriedades tenham melhor qualidade de gerenciamento, o que implica que eles são mais propensos a compreender o problema e a tomar medidas de conservação, como a adoção de práticas conservacionistas (ASAFU-ADJAYE, 2008).

Em geral, os resultados mostram que a adoção de práticas agrícolas conservacionistas de fato contribui para que os estabelecimentos adotantes utilizem os fatores produtivos mais eficientemente, resultando em escores de eficiência técnica mais elevados, comparados aos não adotantes. Além disso, ao comparar os resultados de acordo com os grupos de áreas observou-se que os maiores estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas mostraram-se tecnicamente mais eficiente que os minifúndios e pequenos estabelecimentos, isto é, estes conseguem converter os fatores produtivos escassos em produtos a taxas relativamente mais elevadas.

Portanto, diante dos resultados encontrados por este estudo, deve-se ter em mente que a adoção de práticas agrícolas conservacionistas não pode continuar sendo um caminho de produção alternativo, pois estas práticas representam a melhor opção para o futuro da agropecuária brasileira com produção sustentável.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

A análise conduzida neste trabalho se configura como uma abordagem econômica e quantitativa do impacto da adoção de práticas agrícolas conservacionistas (terraços, plantio em curvas de nível, rotação de culturas, lavoura para recuperação de pastagem e pousio ou descanso do solo) sobre a produtividade, lucro e a eficiência técnica dos produtores brasileiros.

Uma questão metodológica e empírica específica abordada neste estudo é a indicação da presença de vieses de fatores observáveis e não observáveis, sendo que este último pode levar os agricultores a se auto selecionarem em um dos dois grupos de adotantes e não adotantes de cada prática conservacionista. Se tais vieses estiverem presentes no estudo, então as estimativas dos modelos propostos sem considerá-los levariam a estimativas dos parâmetros serem tendenciosas.

A abordagem de Equilíbrio por Entropia foi utilizada com o intuito de obter grupos de adotantes e não adotantes das práticas conservacionistas estatisticamente comparáveis, com características muito próximas e livres de viés de variáveis observáveis. E por conseguinte, seguiu-se com o procedimento de dois estágios de *Heckman* para corrigir o potencial problema de auto seletividade. Primeiro, estimaram-se os modelos *Probit* para identificar os fatores que influenciam a adoção de cada uma das práticas conservacionistas e também para obter os parâmetros da Razão Inversa de *Mills* para cada estimação. Essas variáveis da Razão Inversa de *Mills* foram então introduzidas nas respectivas fronteiras estocásticas de produção para calcular os estimadores, e posteriormente, obter os escores médios de eficiência técnica e compará-los entre os adotantes e não adotantes de cada prática agrícola divididos por grupo de áreas.

Os resultados podem ser resumidos da seguinte forma, primeiro, ao analisar o impacto da adoção das práticas conservacionistas sobre a produtividade parcial da terra e o lucro, para a prática terraços, observou-se que o efeito médio da produtividade não foi estatisticamente significativa, ao nível de 10%. No entanto, o lucro foi significativo, além de ter sido maior para os adotantes desta prática. Para plantio em curvas de nível, ambas variáveis de resultado foram estatisticamente significativas, sendo que a produtividade foi menor para quem adota tal prática, embora o lucro fosse maior nesta comparação. Para as práticas rotação de culturas e lavoura para recuperação de pastagem, verificou-se que o efeito da adoção dessas práticas não foi significativo sobre o lucro, apesar de terem sido

significativas para a produtividade e terem apresentado menor magnitude para quem adota. Quem adota Pousio ou descanso do solo teve produtividade e lucro menor quando comparados com quem não adota, o que já era esperado, pois deixar a terra em descanso, incorre no custo de oportunidade de se estar produzindo algo rentável.

Na análise da segunda etapa, por meio dos modelos *Probit* estimados para cada uma das práticas conservacionistas, os parâmetros estimados foram estatisticamente diferentes de zero e a maioria deles apresentou sinais consistentes com o que seria esperado. O fato de ser membro de uma cooperativa, ter acesso ao financiamento e assistência técnica, maior idade, mais anos de experiência, ser homem e ter mão-de-obra qualificada aumenta a probabilidade de adoção das práticas agrícolas conservacionistas. Já as variáveis categóricas condições do produtor, nível educacional e localização geográfica tiveram resultados variados, dependendo do tipo de prática analisada.

O diagnóstico do modelo inicial confirmou que o viés de seleção estava presente, fornecendo assim, a justificativa para a abordagem metodológica utilizada. Quanto ao impacto da adoção das práticas conservacionistas sobre a eficiência técnica, de modo geral, os resultados não rejeitaram as duas hipóteses levantadas por este estudo.

A primeira hipótese foi corroborada pelos resultados obtidos com as estimações, ao observar que a adoção destas práticas de fato contribuem para que os estabelecimentos adotantes utilizem os fatores produtivos mais eficientemente, resultando em escores médios de eficiência técnica mais elevados, comparados aos não adotantes. Por conseguinte, pode-se concluir que os estabelecimentos rurais pertencentes ao grupo de adotantes das práticas agrícolas conservacionistas operam mais próximo da sua fronteira de produção do que os estabelecimentos que não adotam estas práticas. Portanto, esse resultado supracitado evidencia que a adoção de práticas conservacionistas está atrelada à maior eficiência do estabelecimento rural.

Quanto à segunda hipótese, esta também não foi rejeitada pelos resultados encontrados por este estudo ao comparar os escores médios de eficiência técnica entre os adotantes das práticas conservacionistas separados por grupos de áreas. Assim, observou-se que os maiores estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas obtiveram escores médios de eficiência técnica maiores que os minifúndios e pequenos estabelecimentos. Assim, outra conclusão, é que os grandes estabelecimentos mostraram-se mais próximos da sua fronteira de produção do que os minifúndios e pequenos

estabelecimentos, isto é, estes conseguem converter os fatores produtivos escassos em produtos a taxas relativamente mais elevadas sob a adoção das práticas conservacionistas.

De modo geral, tendo em vistas os resultados das principais estimações realizadas por este estudo, constata-se que estão em consonância com a literatura que trata do tema. Além disso, observa-se que a menor produtividade obtida pelos adotantes das práticas conservacionistas quando comparado aos não adotantes parece ser compensada pelo ganho de eficiência, à medida que se tem um maior lucro.

Nesse sentido, as práticas conservacionistas analisadas são viáveis para a sustentabilidade da produção agrícola no Brasil. Pois, além de serem efetivas na redução dos impactos negativos da atividade agrícola, estas práticas também trazem benefícios econômicos tangíveis para os agricultores.

Por conseguinte, uma conclusão importante que também pode ser extraída deste estudo é que a sustentabilidade econômica e a ambiental podem ser vistas como complementares, ao invés de serem consideradas objetivos concorrentes. Os benefícios da adoção das práticas como terraços, plantio em curvas de nível, rotação de culturas, lavoura para recuperação de pastagens e pousio ou descanso do solo vão além da melhoria da qualidade física, química e biológica do solo, bem como a redução na ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas, fixação de gás carbônico e manutenção da matéria orgânica no solo, em razão de levarem também ao aumento do lucro e melhora da eficiência técnica.

Portanto, é fundamental repensar o modelo de desenvolvimento tecnológico que vem sendo adotado para a agricultura no Brasil, pois a intensificação produtiva precisa ser desenvolvida em bases sustentáveis, com um acompanhamento profissional mais próximo aos produtores. Além disso, é imperativo mudar a visão do produtor para que encare a adoção das práticas conservacionistas como um investimento na propriedade e estar ciente de que o retorno irá ocorrer a médio e longo prazo.

Para isso, são necessários incentivos financeiros e o incremento de políticas públicas que estimulem a confiança do produtor em adotar novas técnicas, como as práticas conservacionistas, que melhorem o aspecto produtivo não somente em termos econômicos, mas também considerando a sustentabilidade ambiental. Porém, a política não pode ser homogênea aplicada em um ambiente heterogêneo, ou seja, a formulação e implementação da política deve atender os diferentes interesses de acordo com os

tamanhos das propriedades, dado que os grandes estabelecimentos que adotam as práticas conservacionistas são mais eficientes que os pequenos que adotam.

De modo especial, os resultados sugerem que os decisores políticos precisam auxiliar os agricultores a superar os obstáculos financeiros e de informação que são decisivos para melhorar a adoção das práticas agrícolas conservacionistas, por meio da melhora na educação dos agricultores, dos canais de informação, como serviços de extensão, e do acesso dos agricultores ao crédito. Além disso, o governo deve prover assessoria aos extensionistas das EMATER's para que aumentem as visitas nas propriedades rurais e estejam preparados para instruir os agricultores, principalmente a respeito do conjunto de práticas conservacionistas mais adequadas para cada caso específico e com maior potencial de aumento da produtividade, ensinar a forma correta de implementação para que se alcance bons resultados, tanto em termos econômicos, como ambientais.

É importante apontar algumas limitações do estudo. Primeiramente, destaca-se que as análises aqui realizadas aplicam-se somente ao âmbito rural brasileiro, uma vez que a adoção das práticas conservacionistas são influenciadas por fatores do ambiente institucional e das especificidades do país. Por conseguinte, generalizações para outros casos devem ser realizadas com cautela. Uma outra limitação está na adoção do procedimento de dois estágios de Heckman (1979), pois este método não é o mais adequado para modelos com estimadores não lineares. Porém, optou-se por corrigir o viés de seletividade amostral, estimando a fronteira estocástica de produção pela forma funcional *Cobb-Douglas*, do que ignorá-lo.

Outra limitação encontra-se no fato de que a base de dados utilizada não permite identificar o período em que o produtor adotou as práticas conservacionistas, visto que não há no questionário do Censo Agropecuário de 2006 uma pergunta que contemple esta questão. Portanto, isso inviabiliza a interpretação da questão de que a produtividade pode ser reduzida no curto prazo, e por este motivo os resultados deste estudo poderiam estar mostrando que os produtores que adotam as práticas conservacionistas obtêm produtividades menores que os não adotantes.

No entanto, apesar da existência de limitações a análise avança no conhecimento de diferentes fatores que interferem na adoção de práticas conservacionistas que poderão auxiliar na elaboração e implementação de políticas públicas com foco na agricultura de conservação, ao proporcionar uma maior compreensão da variedade de razões pelas quais

os agricultores se opõem ou apoiam a adoção de tais práticas. Em outras palavras, acredita-se que este estudo contribuiu com a geração de informações relevantes para a discussão sobre a adoção de práticas agrícolas conservacionistas no Brasil.

Assim, destaca-se que ainda há muitos estudos a serem realizados nesta temática relativamente atual a fim de auxiliar os tomadores de decisão em nível político a conceber melhores estratégias ambientais. Como sugestões para trabalhos futuros, tendo em vista as limitações deste estudo, é importante considerar uma avaliação mais profunda da atitude dos agricultores em relação à degradação ambiental. Isso seria particularmente relevante para aumentar o nível de entendimento do processo de tomada de decisão dos agricultores. Para isto, seria necessário um método de modelagem de escolha baseado na opinião dos agricultores usando pesquisas de campo, para avaliar não somente a adoção, mas também a intensidade da adoção, à luz da Teoria do Comportamento Planejado de Ajzen (1991). Estudos futuros devem fornecer essas informações mais aprofundadas, na expectativa de que isso possa resultar em melhores orientações na promoção da agricultura sustentável.

Futuras pesquisas podem também avançar na avaliação de instrumentos de políticas agrícolas que favoreçam a adoção de práticas conservacionistas que possam manter ganhos de produtividade do setor no longo prazo em conciliação com a sustentabilidade da produção. Um exemplo é o Programa ABC, que está em vigência desde 2010, e que oferece condições de financiamento por meio de uma linha de crédito, possibilitando os produtores rurais adotar práticas como: recuperação de pastagens degradadas, plantio direto, integração lavoura-pecuária-floresta, fixação biológica de nitrogênio, florestas plantadas e manejo de resíduos. Apesar destas práticas não serem escopo deste estudo, é o programa que está mais próximo do estímulo a adoção de práticas dentro da agricultura de conservação no país.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDULLA, M. The impact of ownership on Iowa land owners' decisions to adopt conservation practices. 2009. 165 f. Theses (PhD in Sustainable Agriculture) - Iowa State University, Ames, Iowa, 2009.
- ABRAMOVAY, R.; SILVESTRO, M. L.; CORTINA, N.; BALDISSERA, I. T.; FERRARI, D. L.; TESTA, V. M. **Juventude e agricultura familiar: desafios dos novos padrões sucessórios**. Brasília: Edições UNESCO, 1998. 101 p.
- AHMED, M. H.; TEFERRA, A. T.; YUYA B. A.; MELESE, K. A. Impact of Soil Conservation on Farm Efficiency of Maize Growers in Arsi Negelle, Central Rift Valley of Ethiopia. **International Journal of Economics and Empirical Research**. v.2, n.2, p. 36-43. 2014.
- AIGNER, D.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P. Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. **Journal of Econometrics**. North-Holland, v. 6, n. 1, p. 21–37, 1977.
- AJZEN, I. The theory of planned behavior. **Organizational Behavior and Human Decision Processes**, v.50, n.2, p. 179–211, 1991.
- ALBUQUERQUE, M. C. C.; NICOL, R. Agricultura no Brasil industrializado (1960-1980). In: ALBUQUERQUE, M. C. C.; NICOL, R. **Economia Agrícola: O Setor Primário e a Evolução da Economia Brasileira**. São Paulo: Mcgraw-hill, 1987. Cap. 5, p. 234-310.
- ALMEIDA, P. N. A. **Frenteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 214 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba/São Paulo. 2012.
- ALVES, E.; CONTINI, E. A modernização da agricultura brasileira. In.: Brandão, A. S. P. (Ed.). **Os primeiros problemas da agricultura brasileira: análises e sugestões**. Rio de Janeiro: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 1988. p. 49-97.
- ALVES, E.; SOUZA, G. S.; ROCHA, D. P. Lucratividade da Agricultura. **Revista de Política Agrícola**, Brasília/DF. n.2, p. 45-63, 2012.
- ANTLE, J. M.; DIAGANA, B. Creating incentives for the adoption of sustainable agricultural practices in developing countries: the role of soil carbon sequestration. **American Journal of Agricultural Economics**. v. 85, 5nd ed., p. 1178–1184, 2003.
- ARSLAN, A.; MCCARTHY, N.; LIPPER, L.; ASFAW, S.; CATTANEO, A. Adoption and intensity of adoption of conservation farming practices in Zambia. **Agriculture, Ecosystems & Environment**. v.187, n.1, p. 72-86, April 2014.
- ASAFU-ADJAYE, J. Factors Affecting the Adoption of Soil Conservation Measures: A Case Study of Fijian Cane Farmers. **Journal of Agricultural and Resource Economics**. v. 33, n. 1, p. 99-117, 2008.
- ASSAD, M. L. L.; ALMEIDA, J. Agricultura e sustentabilidade: contexto, desafios e cenários. **Revista Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v. 29, n. 1, p. 15-30, 2004. Disponível em <<http://www6.ufrgs.br/pgdr/arquivos/427.pdf>>. Acesso em: 04 de setembro de 2017.

- BATTESE, G. E. Frontier production functions and technical efficiency: a survey of empirical applications in agricultural economics. **Agricultural economics**, v. 7, n. 3, p. 185–208, 1992.
- BAUMGART-GETZ, A.; PROKOPY, L. S.; FLORESS, K. Why farmers adopt best management practice in the United States: A meta-analysis of the adoption literature. **Journal of Environmental Management**, v.96, n.1, p.17-25, 2012.
- BERGAMIN, A. C. Manejo das Condições Físicas do Solo em Sistemas de Produção Intensificados. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 14, 2017, Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 107-143.
- BESLEY, T. Property Rights and Investment Incentives: Theory and Evidence from Ghana. **Journal of Political Economy**, v.103, n.5, p. 903-937, 1995.
- BIAMAH, E. K.; ROCKSTRÖM, J. Development of sustainable conservation farming systems. In.: BIAMAH, E. K.; ROCKSTROM, J.; OKWACH, G. E. (eds). **Conservation Tillage for Dryland Farming: Technological Options and Experiences in Eastern and Southern Africa**. Nairobi: Relma, n. 3, p. 36-41, 2000.
- BINAM, J.; SYLLA, K.; DIARRA, I.; NYAMBI, G. Factors affecting technical efficiency among coffee farmers in Côte d’Ivoire: Evidence from the Centre West Region. **African Development Review**, v.15, p. 66–76, 2003.
- BINI, D.; PINTO, L. F. G.; MIRANDA, S. H. G.; VIAN, C.; AMARAL, L. F. Crédito pode fazer diferença para a sustentabilidade da agropecuária. **Sustentabilidade em Debate**, n. 3, p. 4-24, Março, 2016.
- BRASIL. Lei nº 12.651/12 de 25 de maio de 2012. Aprova o novo Código Florestal. Diário Oficial da União em 28 de maio de 2012. Brasília/ DF. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12651.htm.> Acesso em: 04 de setembro de 2017.
- BRAVO-URETA, B. E.; GREENE, W.; SOLÍS, D. Technical efficiency analysis correcting for biases from observed and unobserved variables: an application to a natural resource management project. **Empirical Economics**, v. 43, n. 1, p. 55-72, 2012.
- BYIRINGIRO, F.; REARDON, T. Farm productivity in Rwanda: Effects of farm size, erosion, and soil conservation investments. **Agricultural Economics**, v. 15, n. 2, p. 127–136, 1996.
- 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.
- CAMARGO, F. A. O.; SILVA, L. S.; MERTEN, G. H.; CARLOS, F. S.; BAVEYE, P. C.; TRIPLETT, E. W. Brazilian Agriculture in Perspective: Great Expectations vs Reality. In: SPARKS, D. L. **Advances in Agronomy**. 2017. cap. 2, v. 141, p. 53-114.
- CAMPOS, S. A. C., COELHO, A. B. e GOMES, A. P. Influência das condições ambientais e ação antrópica sobre a eficiência produtiva agropecuária em Minas Gerais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba/SP, v.50, n.3, p. 563-576, 2012.
- CARLISLE, L. Factors Influencing Farmer Adoption of Soil Health Practices in the United States: a Narrative Review. **Journal Agroecology and Sustainable Food Systems**. v.40, n. 6, p. 583-613, 2016.

CEPEA- Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - ESALQ/USP. **PIB do Agronegócio BRASIL**. GDP Agribusiness – Brazil Outlook. 18p. Dezembro, 2016a. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/br/pib-do-agronegocio-brasileiro.aspx>>. Acesso em: 02 de junho de 2017.

_____. **Índices Exportação do Agronegócio**. 9p, 2016b. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/2016.pdf>>. Acesso em: 02 de junho de 2017.

CHAMBERS, R.G. **Applied production analysis: a dual approach**. Cambridge: Cambridge University Press, 331p, 1988.

COELLI, T. J.; BATTESE, G. Identification of factors, which influence the technical inefficiency of Indian farmers. **Australian Journal of Agricultural Economics**, v.40, 2nd ed., p. 103–128, 1996.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; BATTESE, G. E. **An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis**. 3rd ed. London: Kluwer Academic Publishers, 1998.

COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; e BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. 2nd ed. New York: Springer Science, 2005. 349 p.

CURRENT, D.; LUTZ, E.; SCHERR, S. The costs and benefits of agroforestry to farmers. **The World Bank Research Observer**, v.10, p. 151-180, 1995.

DEBREU, G. The coefficient of resource utilization. **Econometrica**, v.19, n. 3, p. 273-292, 1951.

DIAMOND, A.; SEKHON, J. S. Genetic Matching for Estimating Causal Effects: A General Multivariate Matching Method for Achieving Balance in Observational Studies. **Review of Economics and Statistics**. v. 95, n.3, p.932-945, 2013.

DOLABELLA, R. H. C. **Legislação brasileira e programas do Governo Federal para o uso sustentável e a conservação de solos agrícolas**. Câmara dos Deputados, Consultoria Legislativa da Área de Agricultura e Política Agrícola. Brasília, 2014. Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/a-camara/documentos-e-pesquisa/estudos-e-notas-tecnicas/areas-da-conle/tema2/2015-17741-estudo-leg-e-prog-gov-uso-de-solos-agricolas-rodrigo-dolabella>>. Acesso em: 04 de setembro de 2017.

DUANGBOOTSEE, U.; MYERS, R. J. **Technical efficiency of Thai jasmine rice farmers: Comparing price support program participants and non-participants**. Agricultural and Applied Economics Association Annual Meeting. Minneapolis, 2014.

DUARTE, G. B. **Práticas Agrícolas e degradação ambiental: um estudo para o caso da agricultura familiar no nordeste do Brasil**. 2009. 127f. Tese (Doutorado em Economia) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.

EKBOIR J. Part 1: **Developing no-till packages for small farmers**. In: EKBOIR J. (ed.). CIMMYT 2000-2001 World Wheat Overview and Outlook: Developing No-Till Packages for Small-Scale Farmers. Mexico, DF: CIMMYT. 2002. cap.1, p. 1-38.

EMBRAPA. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná**. Documento 327. Londrina/Paraná, 2011. Disponível em: <http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc_327-VE.pdf>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

_____. **Práticas de Conservação de Solo e Água.** Circular Técnica 133, 24 p., ed.1 Campina Grande/PB. Setembro, 2012. Disponível em: <https://www.cnpa.embrapa.br/noticias/2013/CIRTEC133-conservacao_solo.pdf>. Acesso em: 15 de dezembro de 2017.

ERVIN, C. A.; ERVIN, D. E. Factors Affecting the Use of Soil Conservation Practices: Hypotheses, Evidence, and Policy Implications. **Land Economics**. v. 58, n.3, p.277-292, 1982.

EUCLIDES FILHO, K.; FONTES, R. R.; CONTINI, E.; CAMPOS, F. A. A. O papel da ciência e da tecnologia na agricultura do futuro. **Revista de Política Agrícola**, ano XX, n. 4, out./dez. 2011.

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS. The Economics of Conservation Agriculture. FAO, Rome. 2001

_____. Perspectivas para la agricultura el medio ambiente en los próximos treinta años. Roma: FAO, 2003.

_____. The state of food and agriculture 2013. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations; 2013. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/018/i3300e/i3300e.pdf>>. Acesso em: 02 de março de 2017.

_____. Economic aspects of Conservation Agriculture. 2015. Disponível em: <<http://www.fao.org/ag/ca/5.html>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2017.

FARRELL, M. J. The measurement of productive efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 120, n. 3, p. 253-290, 1957.

FEIX, R. D.; MIRANDA, S. H. G.; BARROS, G. S. C. Comércio internacional, agricultura e meio ambiente: teorias, evidências e controvérsias empíricas. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v.48, n.3. p. 605-634, 2010.

FONSECA, R. M. **Função de produção para a agricultura e produtividade total dos fatores – Brasil, 1995-96.** Piracicaba. 2007. 51 p. Dissertação (Mestrado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

FERRARI, G. N. **Análise perceptiva dos produtores rurais em relação às técnicas de conservação e manejo de solos.** 2015. 42 f. Programa de Pós - graduação em Economia e Meio Ambiente - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.

FOSTER, A. D.; ROSENZWEIG, M. R. **Microeconomics of Technology Adoption.** Economic Growth Center discussion paper n. 984, New Haven, CT, Yale University, 2010.

FRANCHINI, J. C.; COSTA, J. M.; DEBIASI, H.; TORRES, E. **Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná.** Londrina: Embrapa Soja, 21ª ed., n.327, 52p. Junho, 2011.

FREITAS, C. O.; SILVA, F. F.; BRAGA, M. J. Extensão rural e eficiência técnica na agropecuária brasileira: uma análise a partir dos microdados do censo agropecuário. In: 45º Encontro Nacional de Economia – ANPEC, 45, 2017, Natal/RN. **Anais (on-line) ...** Natal, 2017. Disponível em: <<http://www.anpec.org.br/novosite/br/45-encontro-nacional-de-economia--trabalhos-selecionados>>. Acesso em: 04 de setembro de 2017.

FREITAS, C. O.; TEIXEIRA, E. C.; BRAGA, M. J.; SCHUNTZEMBERGER, A. M. S. Eficiência técnica e tamanho do estabelecimento rural brasileiro: uma análise a partir dos microdados do censo agropecuário. In: 54^o Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural – SOBER, 54, 2016, Maceió/AL. **Anais (on-line) ...** Maceió: Universidade Federal de Alagoas, 2016. Disponível em: <<http://icongresso.itarget.com.br/tra/arquivos/ser.6/1/7037.pdf>>. Acesso em: 08 de janeiro de 2018.

GAREN, J. The Returns to Schooling: A Selectivity Bias Approach with a Continuous Choice Variable. **Econometrica**, v. 52, 5nd ed., p. 1199-1218. 1984.

GEBREMEDHIN, B.; SWINTON, S. Investment in soil conservation in Northern Ethiopia: The role of land tenure security and public programs. **Agricultural Economics**, v. 29, 1nd ed., p. 69 – 84, 2003.

GEMENIS, K.; ROSEMA, M. Voting Advice Applications and electoral turnout. **Electoral Studies**, v.36, p. 281-289, 2014.

GONÇALVES, S. L.; GAUDENCIO, C. A.; FRANCHINI, J. C.; GALERANI, P. R.; GARCIA, A. **Rotação de Culturas**. Circular técnica 45. 10 f. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2007.

GOULD, B. W.; SAUPE, W. E.; KLEMME, R. M. Conservation Tillage: The Role of Farm and Operator Characteristics and the Perception of Soil Erosion. **Land Economics**, v. 65, n. 2, p. 167-182, 1989.

GREENE, W. A stochastic frontier model with correction for sample selection. **Journal of Productivity Analysis**, v. 34, n.1, p. 15–24, 2010.

HAINMUELLER, J. Entropy Balancing for Causal Effects: A Multivariate Reweighting Method to Produce Balanced Samples in Observational Studies. **Political Analysis**, v. 20, n.1, p. 25-46, 2012.

HAMMAD, A. A.; BORRESEN, T. Socioeconomic Factors Affecting Farmers' Perceptions of Land Degradation and Stonewall Terraces in Central Palestine. **Environmental Management**, v.37, 3nd ed., p. 380-394, 2006.

HECKMAN, J. J. Sample selection bias as a specification error. **Econometrica**, v.45, n.1, p.153-161, 1979.

HELFAND, S. M.; MAGALHÃES, M. M.; RADA, N. E. **Brazil's agricultural total factor productivity growth by farm size**. Inter-American Development Bank, IDB Working paper series n. 609, 2015.

HONG N. B.; YABE, M. Technical Efficiency Analysis of Tea Production in the Northern Mountainous Region of Vietnam. **Global Journal of Science Frontier Research**, v.15, n.1, p. 30-42, 2015.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo agropecuário 2006: agricultura familiar – Brasil, grandes regiões e unidades da federação. IBGE: Rio de Janeiro, 267p. 2009.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Censo Agropecuário 2006: Brasil, Grandes Regiões e Unidades da Federação. Rio de Janeiro, p. 1-777, 2009.

ISGA - International Soybean Growers Alliance. **Manual de melhores práticas agrícolas**. 87 f. Janeiro de 2010. Disponível em:

<http://www.aprosoja.com.br/storage/site/files/projetos/Manual_de_Melhores_Praticas_Agricolas.pdf> Acesso em: 21 de agosto de 2017.

JONDROW, J; LOVELL, C.A.K.; MATEROV, I.S.; SCHMIDT, P. On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Econometrics**, Lausanne, v.19, n.2-3, p.233-238, 1982.

KAGEYAMA, A. A.; BERGAMASCO, S. M. P. P.; OLIVEIRA, J. T. A. d. Uma tipologia dos estabelecimentos agropecuários do Brasil a partir do censo de 2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. v. 51, n. 1, p. 105 – 122, 2013.

KASSAM, A. H., FRIEDRICH, T., SHAXSON, F., PRETTY J. The spread of conservation agriculture: justification, suitability and uptake. **International Journal of Agricultural Sustainability**. v.7, n.4, p. 1-29, 2009.

KASSAM, A.; DERPSCHE, R.; FRIEDRICH, T. Global achievements in soil and water conservation: The case of Conservation Agriculture. In.: **International Soil and Water Conservation Research**. v. 2, n. 1, p. 5-13, 2014. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633915300095>> Acesso em: 25 de março de 2017.

KASSAM, A.; HONGWEN, L.; NIINO, Y.; FRIEDRICH, T.; JIN, H.; e XIANLIANG, W. Current status, prospect and policy and institutional support for Conservation Agriculture in the Asia-Pacific region. **International Journal Agriculture & Biology Eng**. v. 7, n.5, p. 1-13. October 2014.

KASSIE, M.; JALETA, M.; SHIFERAW, B.; MMBANDO, F.; e MURICHO, G.. **Plot and Household-Level Determinants of Sustainable Agricultural Practices in Rural Tanzania**. 17 f. Environment for Development Discussion Paper. Resources for the Future (RFF), 2012. Disponível em: <<http://www.rff.org/RFF/Documents/EfD-DP-12-02.pdf>> Acesso em: 28 de setembro de 2017.

KASSIE, M.; ZIKHALI, P.; MANJUR, K.; EDWARDS, S. **Adoption of sustainable agriculture practices: evidence from a semi-arid region of Ethiopia**. Natural Resources Forum, A United Nations Sustainable Development Journal. v. 33, 3rd ed., p. 189–198, 2009.

KNOWLER, D.; BRADSHAW, B. Farmers' adoption of conservation agriculture: A review and synthesis of recent research. **Review Food Policy**. v.32, 1nd ed., p 25–48. 2007. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/223916698_Farmers%27_Adoption_of_Conservation_Agriculture_A_Review_and_Synthesis_of_Recent_Research> Acesso em: 25 de março de 2017.

KOOPMANS, T. **Activity analysis of production and allocation**. John Wiley & Sons, New York. 1951.404p.

KOTU, B. H.; ALENE, A.; MANYONG, V.; HOESCHLE-ZELEDON, I.; LARBI A. Adoption and impacts of intensifying sustainable practices in Ghana. **International Journal of Agricultural Sustainability**, v.15, 5nd ed., p. 539-554, 2017.

LAL, R. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. **Food Security**. v. 1, n.1, p. 45–57. February, 2009.

- LANDAU, E. C.; CRUZ, R. K.; HIRSCH, A.; PIMENTA E GUIMARAES, D. P. Variação geográfica do tamanho dos módulos fiscais no Brasil. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo. v.146, 21 ed., 199p., 2012.
- LEE, L.; STEWART, W. Land ownership and the adoption of minimum tillage. **American Journal of Agricultural Economics**, v. 65, 2nd ed., p. 256–264, 1983.
- MARCHÃO, R. L.; VILELA, L.; PALUDO, A. L.; Guimarães Júnior, R. **Impacto do pisoteio animal na compactação do solo sob integração lavoura pecuária no Oeste Baiano**. Comunicado Técnico 163, ed.1, 6p. Planaltina/DF, 2009.
- MARCUS, J. The effect of unemployment on the mental health of spouses evidence from plant closures in Germany. **Journal of Health Economics**, v. 32, n.3, p. 546-558, 2013.
- MCMULLIN, J.; SCHONBERGER, B. **Entropy-balanced discretionary accruals**. Unpublished Results. 2015.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. **International Economic Review**. v. 18, n.2, p. 435-444. 1977.
- NKEGBE, P. K. Technical efficiency in crop production and environmental resource management practices in northern Ghana. **Environmental Economics**, v. 3, 4nd ed., p. 43-51, 2012.
- NYANGENA, W. Social determinants of soil and water conservation in rural Kenya. **Environment, Development and Sustainability**, v.10, n.6, p. 745–767, 2008.
- OBSERVATÓRIO ABC. Agricultura de Baixa Emissão de Carbono – A Evolução de um novo paradigma. [Relatório] São Paulo: FGV. 2013.
- OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico. **Avaliações de Desempenho Ambiental: Brasil 2015**. 279p, 2016.
- OSWALD, A.; RANSOM, J. K. Striga control and improved farm productivity using crop rotation. **Crop Protection**, v. 20, n. 2, p. 113-120, 2001.
- PAMPEL, F.; VAN ES, J. C. Environmental quality and issues of adoption research. **Rural Sociology**. v.42, n. 1, p. 57 – 71, 1977.
- PAUDEL, P. K.; GAUTHIER, W. M.; WESTRA, J.V.; and HALL, L. M. Factors influencing and steps leading to the adoption of best management practices by Louisiana dairy farmers. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v. 40, n.1, p. 203-222, 2008.
- PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2006. 216 p.
- PITTELKOW, C. M.; LIANG, X.; LINQUIST, B. A.; GROENIGEN, K. J. V.; LEE, J.; LUNDY, M. E.; GESTEL, N. V.; SIX, J.; VENTEREA, R. T.; KESSEL, C. V. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. **Nature**, v.517, 7534nd ed., p. 365–368, 2014.
- PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002. 541 p.

PROKOPY, L.S.; FLORES, K.; KLOTTHOR-WEINKAUF, D.; BAUMGART-GETZ, A. Determinants of agricultural best management practice adoption: Evidence from the literature. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 63, n.5, p. 300-311. 2008.

PRUSKI, F. F. (Org.) **Conservação de solo e água: Práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. 2ª ed. Viçosa: Editora UFV, 2009. 279p.

PUTTE, A. V.; GOVERS, G.; DIELS, J.; GILLIJNS, K.; DEMUZERE, M. Assessing the effect of soil tillage on crop growth: A meta-regression analysis on European crop yields under conservation agriculture. **European Journal of Agronomy**, v. 33, n.3, p. 231–241, 2010.

RAMÍREZ, O.; SHULTZ, S. Poisson count models to explain the adoption of agricultural and natural resource management technologies by small farmers in Central America. **Journal of Agricultural and Applied Economics**, v.32, n.1, p. 21–33, 2000.

RESENDE, A. V.; FONTOURA, S. M. V.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C.; KAPPES, C.; MOREIRA, S. G.; OLIVEIRA JÚNIOR, A.; BORIN, A. L. D. C. **Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo**. Informações Agronômicas, Piracicaba, v. 156, p. 1-17, 2016.

RESENDE, A. V.; SIMÃO, E. P.; GONTIJO NETO, M. M.; BORGHI, E.; SANTOS, F. C. Construção da fertilidade do solo e manutenção de ambientes de elevado potencial produtivo. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 14, 2017, Cuiabá. Construindo sistemas de produção sustentáveis e rentáveis: **Anais...** Sete Lagoas: Associação Brasileira de Milho e Sorgo, 2017. p. 144-172.

RODRIGUES, A. S. **Avaliação do impacto do Projeto Hora de Plantar sobre a sustentabilidade dos agricultores familiares da Microrregião do Cariri (CE): o caso do milho híbrido**. 2016. 250 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2016.

ROMEIRO, A. R. O agronegócio será ecológico. In.: BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z.(Ed.). **O mundo rural no Brasil do século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Brasília: EMBRAPA, 2014, ed.1, p. 510-529.

ROSENBAUM, P. R.; RUBIN, D. B. The central role of the propensity score in observational studies for causal effects. **Biometrika**, v. 70, n. 1, p. 41–55, 1983.

RUBIN, D. B. Using propensity scores to help design observational studies: application to the tobacco litigation. **Health Services and Outcomes Research Methodology**, v. 2, n. 3-4, p. 169–188, 2001.

SAMBUICHI, R. H. R.; OLIVEIRA, M. A. C.; Silva, A.P.M.; Luedemann, G. **A Sustentabilidade Ambiental da Agropecuária Brasileira: Impactos, Políticas Públicas e Desafios**. Texto para Discussão (IPEA. Brasília), v. 1782, p. 1-47, 2012. Disponível em: <http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/1050/1/TD_1782.pdf>. Acesso em: 08 de janeiro de 2018.

SANTOS, R. B. N.; BRAGA, M. J. Impactos do crédito rural na produtividade da terra e do trabalho nas Regiões Brasileiras. **Economia Aplicada**, v. 17, n. 3, p. 299–324, 2013.

SARCINELLI, O.; MARQUES, J. F.; ROMEIRO, A. R. Custos e benefícios da adoção de práticas e medidas para conservação do solo agrícola: um estudo de caso na microbacia

hidrográfica do córrego Oriçanguinha. **Informações Econômicas**, v.39, n.4, p.5-16. São Paulo, 2009.

SCHUNTZEMBERGER, A. M. S. **Evidências do impacto do cooperativismo de crédito na agropecuária brasileira**. 2016. 172 f. Tese (Doutorado em Desenvolvimento Econômico) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

SHEPHARD, R. **Cost and production functions**. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1953.

SHEPHERD, J. G.; KLEEMANN, R.; BAHRI-ESFAHANI, J.; HUDEK, L.; SURIYAGODA, L.; VANDAMME, V.; DIJK, K. C. V. The future of phosphorus in our hands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**. v.104, 3rd ed., p. 281-287, 2016.

SHERLUND, S. M.; BARRET, C. B., ADESINA, A. A. Smalholder technical Efficiency controlling for environmental production conditions. **Journal of Development Economics**. Amsterdam, v. 69, n. 1, p. 85-101, 2002.

SIANESI, B. Na Evaluation of the Active Labour Market Programmes in Sweden. **The Review of Economics and Statistics**, v. 1, n.86, p. 133- 155, 2004.

SILVA, L. A. C. **A função de produção da agropecuária brasileira: diferenças regionais e evolução no período 1975 - 1985**. 1996. 157 f. Tese (Doutorado em Economia Aplicada) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

SOLÍS, D.; BRAVO-URETA, B. E; QUIROGA, R. E. Soil conservation and technical efficiency among hillside farmers in Central America: a switching regression model. **The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 51, 4nd ed., p. 491-510, 2007.

SOLÍS, D.; BRAVO-URETA, B. E.; QUIROGA, R. E. Technical Efficiency among Peasant Farmers Participating in Natural Resource Management Programmes in Central America. **Journal of Agricultural Economics**, v.60, n.1, p. 202–219, 2009.

SOULE, M. J.; TEGENE, A.; e WIEBE, K. D. Land Tenure and the Adoption of Conservation Practices. **American Journal of Agricultural Economics**. v. 82, n. 4, p. 993-1005, 1999.

SOUZA FILHO, H. M.; BUAINAIN, A. B.; SILVEIRA, J. M. F. J.; VINHOLIS, M. M. B. Condicionantes da adoção de inovações tecnológicas na agricultura. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 223-255, 2011.

TAYLOR, T. G.; SHONKWILER, J. S. Alternative stochastic specifications of the frontier production function in the analysis of agricultural credit programs and technical efficiency. **Journal of Development Economics**, v. 21, n. 1, p. 149–160, 1986.

TELLES, T. S.; REYDON, B. P.; MAIA, A. G. Effects of no-tillage on agricultural land values in Brazil. **Land Use Policy**. v. 76, p. 124–129, July 2018.

TITTOTO, J. C. **Determinantes para a adoção de práticas ambientais responsáveis: estudo de caso em um empreendimento agrícola**. 2014. 133 f. Dissertação (Mestrado em Administração e Organizações) - Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014.

TOSAKANA, N. S. P.; VAN TASSELL, L. W.; WULFHORST, J. D.; BOLL, J.; MAHLER, R.; BROOKS, E. S.; KANE, S. Determinants of the adoption of conservation

practices by farmers in the Northwest Wheat and Range Region. **Journal of Soil and Water Conservation**. v. 65, n. 6, p. 404 – 412, 2010.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: princípios básicos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 756p.

VEIGA, J. E. Problemas da transição à agricultura sustentável. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 24, n. especial, p. 9-29, 1994.

VILLANO, R.; BRAVO-URETA, B.; SOLIS, D.; FLEMING, B. Modern Rice Technologies and Productivity in the Philippines: Disentangling Technology from Managerial Gaps. **Journal of Agricultural Economics**, v. 66, n. 1, p. 129–154, 2015.

WATSON, S. K.; ELLIOT, M. Entropy balancing: a maximum-entropy reweighting scheme to adjust for coverage error. **Quality & Quantity**. v.50, 4nd ed., p. 1781–1797, 2016.

WEIR, S.; KNIGHT, J. **Adoption and diffusion of agricultural innovations in Ethiopia**: The role of education. 2000. 21 f. Working Paper Series 2000–5. University of Oxford: Center for the Study of African Economies, 2000.

WOOLDRIDGE, J. M. **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**. Cambridge: MIT Press, v.1, 2nd ed., 2010.

WREFORD, A.; IGNACIUK, A.; GRUÈRE, G. **Overcoming barriers to the adoption of climate-friendly practices in agriculture**. OECD Food, Agriculture and Fisheries Papers, n° 101, OECD Publishing, Paris, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1787/97767de8-en>> Acesso em: 02 de junho de 2017.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Tabelas adicionais após o pareamento por Entropia

Tabela A. 1 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Terraço.

| Variáveis | Antes do Equilíbrio por Entropia | | | | | | Depois do Equilíbrio por Entropia | | | | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| | Tratamento | | | Controle | | | Tratamento | | | Controle | | |
| | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria |
| Sefinanc | 0,3665 | 0,2322 | 0,5540 | 0,1767 | 0,1455 | 1,6950 | 0,3665 | 0,2322 | 0,5540 | 0,3665 | 0,2322 | 0,5542 |
| Assistência | 0,5501 | 0,2475 | -0,2015 | 0,2038 | 0,1623 | 1,4710 | 0,5501 | 0,2475 | -0,2015 | 0,5501 | 0,2475 | -0,2013 |
| Idade | 50,2700 | 186,0000 | 0,1644 | 50,3000 | 220,7000 | 0,1524 | 50,2700 | 186,0000 | 0,1644 | 50,2700 | 190,8000 | 0,1694 |
| Qualificação | 0,1003 | 0,0902 | 2,6620 | 0,0370 | 0,0357 | 4,9040 | 0,1003 | 0,0902 | 2,6620 | 0,1002 | 0,0902 | 2,6620 |
| Exp1 | 0,0186 | 0,0182 | 7,1290 | 0,0265 | 0,0258 | 5,9020 | 0,0186 | 0,0182 | 7,1290 | 0,0186 | 0,0182 | 7,1280 |
| Exp1_5 | 0,1487 | 0,1266 | 1,9750 | 0,1659 | 0,1384 | 1,7960 | 0,1487 | 0,1266 | 1,9750 | 0,1487 | 0,1266 | 1,9750 |
| Exp5_10 | 0,1589 | 0,1336 | 1,8660 | 0,1693 | 0,1407 | 1,7630 | 0,1589 | 0,1336 | 1,8660 | 0,1589 | 0,1336 | 1,8660 |
| Norte | 0,0140 | 0,0138 | 8,2720 | 0,0917 | 0,0833 | 2,8310 | 0,0140 | 0,0138 | 8,2720 | 0,0141 | 0,0139 | 8,2330 |
| Nordeste | 0,1957 | 0,1574 | 1,5340 | 0,4831 | 0,2497 | 0,0676 | 0,1957 | 0,1574 | 1,5340 | 0,1956 | 0,1574 | 1,5350 |
| Sudeste | 0,1859 | 0,1514 | 1,6150 | 0,1826 | 0,1493 | 1,6430 | 0,1859 | 0,1514 | 1,6150 | 0,1859 | 0,1513 | 1,6150 |
| Centro-Oeste | 0,0585 | 0,0551 | 3,7620 | 0,0534 | 0,0506 | 3,9720 | 0,0585 | 0,0551 | 3,7620 | 0,0585 | 0,0551 | 3,7620 |
| Sexo | 0,9191 | 0,0744 | -3,0740 | 0,8764 | 0,1083 | -2,2880 | 0,9191 | 0,0744 | -3,0740 | 0,9191 | 0,0744 | -3,0740 |
| Cooperativas | 0,3453 | 0,2261 | 0,6507 | 0,0999 | 0,0899 | 2,6690 | 0,3453 | 0,2261 | 0,6507 | 0,3453 | 0,2261 | 0,6509 |
| educ1 | 0,1084 | 0,0966 | 2,5200 | 0,2510 | 0,1880 | 1,1480 | 0,1084 | 0,0966 | 2,5200 | 0,1084 | 0,0966 | 2,5200 |
| educ2 | 0,0393 | 0,0378 | 4,7430 | 0,0531 | 0,0503 | 3,9860 | 0,0393 | 0,0378 | 4,7430 | 0,0393 | 0,0378 | 4,7420 |
| educ3 | 0,4989 | 0,2500 | 0,0042 | 0,4229 | 0,2440 | 0,3123 | 0,4989 | 0,2500 | 0,0042 | 0,4989 | 0,2500 | 0,0043 |
| educ4 | 0,1244 | 0,1089 | 2,2760 | 0,0811 | 0,0745 | 3,0690 | 0,1244 | 0,1089 | 2,2760 | 0,1244 | 0,1089 | 2,2760 |
| educ5 | 0,0257 | 0,0251 | 5,9940 | 0,0127 | 0,0125 | 8,7110 | 0,0257 | 0,0251 | 5,9940 | 0,0257 | 0,0251 | 5,9940 |
| educ6 | 0,0962 | 0,0869 | 2,7400 | 0,0573 | 0,0531 | 3,8110 | 0,0962 | 0,0869 | 2,7400 | 0,0961 | 0,0869 | 2,7400 |
| educ7 | 0,0601 | 0,0565 | 3,7020 | 0,0253 | 0,0247 | 6,0410 | 0,0601 | 0,0565 | 3,7020 | 0,0601 | 0,0565 | 3,7030 |
| Arrendatário | 0,0688 | 0,0640 | 3,4080 | 0,0459 | 0,0438 | 4,3380 | 0,0688 | 0,0640 | 3,4080 | 0,0688 | 0,0640 | 3,4090 |
| Parceiro | 0,0237 | 0,0232 | 6,2610 | 0,0286 | 0,0278 | 5,6540 | 0,0237 | 0,0232 | 6,2610 | 0,0237 | 0,0232 | 6,2610 |
| Ocupante | 0,0514 | 0,0488 | 4,0630 | 0,0871 | 0,0795 | 2,9280 | 0,0514 | 0,0488 | 4,0630 | 0,0514 | 0,0488 | 4,0630 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 2 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Plantio em Curva de Nível.

| Antes do Equilíbrio por Entropia | | | | | | | Depois do Equilíbrio por Entropia | | | | | |
|----------------------------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| Variáveis | Tratamento | | | Controle | | | Tratamento | | | Controle | | |
| | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria |
| Sefinanc | 0,2376 | 0,1811 | 1,2330 | 0,1607 | 0,1349 | 1,8480 | 0,2376 | 0,1811 | 1,2330 | 0,2376 | 0,1811 | 1,2330 |
| Assistência | 0,3073 | 0,2129 | 0,8353 | 0,1779 | 0,1462 | 1,6850 | 0,3073 | 0,2129 | 0,8353 | 0,3073 | 0,2129 | 0,8353 |
| Idade | 50,2600 | 208,5000 | 0,1485 | 50,3100 | 224,1000 | 0,1542 | 50,2600 | 208,5000 | 0,1485 | 50,2600 | 211,0000 | 0,1634 |
| Qualificação | 0,0507 | 0,0481 | 4,0970 | 0,0345 | 0,0334 | 5,0970 | 0,0507 | 0,0481 | 4,0970 | 0,0507 | 0,0481 | 4,0970 |
| Exp1 | 0,0199 | 0,0195 | 6,8690 | 0,0288 | 0,0280 | 5,6320 | 0,0199 | 0,0195 | 6,8690 | 0,0199 | 0,0195 | 6,8680 |
| Exp1_5 | 0,1526 | 0,1293 | 1,9320 | 0,1707 | 0,1415 | 1,7510 | 0,1526 | 0,1293 | 1,9320 | 0,1526 | 0,1293 | 1,9320 |
| Exp5_10 | 0,1644 | 0,1374 | 1,8110 | 0,1709 | 0,1417 | 1,7490 | 0,1644 | 0,1374 | 1,8110 | 0,1644 | 0,1374 | 1,8110 |
| Norte | 0,0483 | 0,0459 | 4,2160 | 0,1061 | 0,0949 | 2,5580 | 0,0483 | 0,0459 | 4,2160 | 0,0483 | 0,0451 | 4,2120 |
| Nordeste | 0,4090 | 0,2417 | 0,3700 | 0,4995 | 0,2500 | 0,0018 | 0,4090 | 0,2417 | 0,3700 | 0,4090 | 0,2417 | 0,3701 |
| Sudeste | 0,2296 | 0,1769 | 1,2860 | 0,1627 | 0,1362 | 1,8280 | 0,2296 | 0,1769 | 1,2860 | 0,2296 | 0,1769 | 1,2860 |
| Centro-Oeste | 0,0303 | 0,0294 | 5,4770 | 0,0636 | 0,0596 | 3,5760 | 0,0303 | 0,0294 | 5,4770 | 0,0304 | 0,0295 | 5,4730 |
| Sexo | 0,8902 | 0,0978 | -2,4960 | 0,8728 | 0,1110 | -2,2380 | 0,8902 | 0,0978 | -2,4960 | 0,8902 | 0,0978 | -2,4960 |
| Cooperativas | 0,1708 | 0,1417 | 1,7490 | 0,0826 | 0,0758 | 3,0330 | 0,1708 | 0,1417 | 1,7490 | 0,1708 | 0,1416 | 1,7490 |
| educ1 | 0,2033 | 0,1620 | 1,4750 | 0,2639 | 0,1943 | 1,0710 | 0,2033 | 0,162 | 1,4750 | 0,2033 | 0,1620 | 1,4750 |
| educ2 | 0,0547 | 0,0517 | 3,9180 | 0,0517 | 0,0490 | 4,0500 | 0,0547 | 0,0517 | 3,9180 | 0,0547 | 0,0517 | 3,9180 |
| educ3 | 0,4592 | 0,2483 | 0,1639 | 0,4113 | 0,2421 | 0,3603 | 0,4592 | 0,2483 | 0,1639 | 0,4591 | 0,2483 | 0,1640 |
| educ4 | 0,0921 | 0,0836 | 2,8220 | 0,0787 | 0,0725 | 3,1290 | 0,0921 | 0,0836 | 2,8220 | 0,0921 | 0,0836 | 2,8220 |
| educ5 | 0,0158 | 0,0155 | 7,7800 | 0,0121 | 0,0119 | 8,9410 | 0,0158 | 0,0155 | 7,7800 | 0,0158 | 0,0155 | 7,7800 |
| educ6 | 0,0638 | 0,0597 | 3,5700 | 0,0565 | 0,0534 | 3,8400 | 0,0638 | 0,0597 | 3,5700 | 0,0638 | 0,0597 | 3,5700 |
| educ7 | 0,0313 | 0,0303 | 5,3840 | 0,0246 | 0,0240 | 6,1330 | 0,0313 | 0,0303 | 5,3840 | 0,0313 | 0,0303 | 5,3840 |
| Arrendatário | 0,0477 | 0,0454 | 4,2460 | 0,0464 | 0,0443 | 4,3120 | 0,0477 | 0,0454 | 4,2460 | 0,0477 | 0,0454 | 4,2460 |
| Parceiro | 0,0306 | 0,0297 | 5,4520 | 0,0275 | 0,0268 | 5,7770 | 0,0306 | 0,0297 | 5,4520 | 0,0306 | 0,0297 | 5,4520 |
| Ocupante | 0,0687 | 0,0639 | 3,4120 | 0,0931 | 0,0845 | 2,8000 | 0,0687 | 0,0639 | 3,4120 | 0,0687 | 0,0631 | 3,4110 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 3 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Rotação de Cultura

| Antes do Equilíbrio por Entropia | | | | | | | Depois do Equilíbrio por Entropia | | | | | |
|----------------------------------|------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| Variáveis | Tratamento | | | Controle | | | Tratamento | | | Controle | | |
| | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria |
| Sefinanc | 0,3780 | 0,2351 | 0,5031 | 0,1556 | 0,1314 | 1,9000 | 0,3780 | 0,2351 | 0,5031 | 0,3777 | 0,2350 | 0,5047 |
| Assistência | 0,4485 | 0,2474 | 0,2070 | 0,1831 | 0,1495 | 1,6390 | 0,4485 | 0,2474 | 0,2070 | 0,4481 | 0,2473 | 0,2086 |
| Idade | 49,6700 | 187,9000 | 0,1720 | 50,3900 | 223,9000 | 0,1476 | 49,6700 | 187,9000 | 0,1720 | 49,6700 | 191,6000 | 0,1887 |
| Qualificação | 0,0727 | 0,0674 | 3,2910 | 0,0346 | 0,0334 | 5,0970 | 0,0727 | 0,0674 | 3,2910 | 0,0727 | 0,0674 | 3,2930 |
| Exp1 | 0,0141 | 0,0139 | 8,2310 | 0,0279 | 0,0271 | 5,7330 | 0,0141 | 0,0139 | 8,2310 | 0,0142 | 0,0140 | 8,2120 |
| Exp1_5 | 0,1345 | 0,1164 | 2,1430 | 0,1697 | 0,1409 | 1,7600 | 0,1345 | 0,1164 | 2,1430 | 0,1346 | 0,1165 | 2,1420 |
| Exp5_10 | 0,1478 | 0,1260 | 1,9840 | 0,1720 | 0,1424 | 1,7380 | 0,1478 | 0,1260 | 1,9840 | 0,1479 | 0,1260 | 1,9840 |
| Norte | 0,0266 | 0,0259 | 5,8830 | 0,0978 | 0,0882 | 2,7090 | 0,0266 | 0,0259 | 5,8830 | 0,0273 | 0,0266 | 5,8020 |
| Nordeste | 0,2745 | 0,1991 | 1,0110 | 0,5011 | 0,2500 | -0,0045 | 0,2745 | 0,1991 | 1,0110 | 0,2746 | 0,1992 | 1,0100 |
| Sudeste | 0,1263 | 0,1104 | 2,2500 | 0,1910 | 0,1545 | 1,5720 | 0,1263 | 0,1104 | 2,2500 | 0,1262 | 0,1103 | 2,2510 |
| Centro-Oeste | 0,0250 | 0,0244 | 6,0850 | 0,0578 | 0,0544 | 3,7910 | 0,0250 | 0,0244 | 6,0850 | 0,0251 | 0,0245 | 6,0710 |
| Sexo | 0,9121 | 0,0801 | -2,9120 | 0,8731 | 0,1108 | -2,2420 | 0,9121 | 0,0801 | -2,9120 | 0,9121 | 0,0802 | -2,9100 |
| Cooperativas | 0,2747 | 0,1992 | 1,0090 | 0,0850 | 0,0778 | 2,9760 | 0,2747 | 0,1992 | 1,0090 | 0,2744 | 0,1991 | 1,0110 |
| educ1 | 0,1428 | 0,1224 | 2,0410 | 0,2606 | 0,1927 | 1,0910 | 0,1428 | 0,1224 | 2,0410 | 0,1430 | 0,1226 | 2,0390 |
| educ2 | 0,0345 | 0,0333 | 5,0990 | 0,0552 | 0,0522 | 3,8950 | 0,0345 | 0,0333 | 5,0990 | 0,0346 | 0,0334 | 5,0930 |
| educ3 | 0,5508 | 0,2474 | -0,2042 | 0,4075 | 0,2414 | 0,3764 | 0,5508 | 0,2474 | -0,2042 | 0,5505 | 0,2474 | -0,2032 |
| educ4 | 0,0985 | 0,0888 | 2,6940 | 0,0804 | 0,0731 | 3,0860 | 0,0985 | 0,0888 | 2,6940 | 0,0985 | 0,0888 | 2,6950 |
| educ5 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5240 | 0,0126 | 0,0125 | 8,7250 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5240 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5270 |
| educ6 | 0,0648 | 0,0606 | 3,5360 | 0,0578 | 0,0545 | 3,7880 | 0,0648 | 0,0606 | 3,5360 | 0,0648 | 0,0606 | 3,5370 |
| educ7 | 0,0287 | 0,0278 | 5,6490 | 0,0263 | 0,0257 | 5,9150 | 0,0287 | 0,0278 | 5,6490 | 0,0287 | 0,0278 | 5,6510 |
| Arrendatário | 0,0564 | 0,0533 | 3,8440 | 0,0454 | 0,0433 | 4,3680 | 0,0564 | 0,0533 | 3,8440 | 0,0564 | 0,0532 | 3,8460 |
| Parceiro | 0,0240 | 0,0234 | 6,2200 | 0,0291 | 0,0282 | 5,6050 | 0,0240 | 0,0234 | 6,2200 | 0,0240 | 0,0234 | 6,2190 |
| Ocupante | 0,0643 | 0,0601 | 3,5540 | 0,0889 | 0,0810 | 2,8890 | 0,0643 | 0,0601 | 3,5540 | 0,0643 | 0,0602 | 3,5530 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 4 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Lavoura para Recuperação de Pastagem.

| Variáveis | Antes do Equilíbrio por Entropia | | | | | | Depois do Equilíbrio por Entropia | | | | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| | Tratamento | | | Controle | | | Tratamento | | | Controle | | |
| | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria |
| Sefinanc | 0,2488 | 0,1869 | 1,162 | 0,1801 | 0,1477 | 1,6650 | 0,2488 | 0,1869 | 1,162 | 0,2487 | 0,1869 | 1,1620 |
| Assistência | 0,3115 | 0,2145 | 0,8139 | 0,2114 | 0,1667 | 1,4140 | 0,3115 | 0,2145 | 0,8139 | 0,3115 | 0,2145 | 0,8143 |
| Idade | 0,0740 | 0,0685 | 3.26E+03 | 0,0374 | 0,0360 | 4,8730 | 0,0740 | 0,0685 | 3,2550 | 0,0731 | 0,0685 | 3,2550 |
| Qualificação | 0,0192 | 0,0189 | 7,0010 | 0,02656 | 0,0259 | 5,8900 | 0,0192 | 0,0189 | 7,0010 | 0,0193 | 0,0189 | 6,9980 |
| Exp1 | 0,1377 | 0,1187 | 2,1030 | 0,1668 | 0,1390 | 1,7880 | 0,1377 | 0,1187 | 2,1030 | 0,1377 | 0,1187 | 2,1030 |
| Exp1_5 | 0,1570 | 0,1323 | 1,8860 | 0,1696 | 0,1408 | 1,7610 | 0,1570 | 0,1323 | 1,8860 | 0,1570 | 0,1324 | 1,8860 |
| Exp5_10 | 0,0915 | 0,0831 | 2,8340 | 0,0886 | 0,0807 | 2,8960 | 0,0915 | 0,0831 | 2,8340 | 0,0915 | 0,0831 | 2,8340 |
| Norte | 0,4252 | 0,2444 | 0,3025 | 0,4750 | 0,2494 | 0,0991 | 0,4252 | 0,2444 | 0,3025 | 0,4253 | 0,2444 | 0,3023 |
| Nordeste | 0,1905 | 0,1542 | 1,5760 | 0,1823 | 0,1491 | 1,6450 | 0,1905 | 0,1542 | 1,5760 | 0,1905 | 0,1542 | 1,5770 |
| Sudeste | 0,0771 | 0,0712 | 3,1710 | 0,0523 | 0,0496 | 4,0220 | 0,0771 | 0,0712 | 3,1710 | 0,0771 | 0,0711 | 3,1710 |
| Centro-Oeste | 0,9093 | 0,0825 | -2,8500 | 0,8763 | 0,1084 | -2,2860 | 0,9093 | 0,0825 | -2,8500 | 0,9093 | 0,0825 | -2,8500 |
| Sexo | 0,1637 | 0,1369 | 1,8170 | 0,1060 | 0,0948 | 2,5600 | 0,1637 | 0,1369 | 1,8170 | 0,1637 | 0,1369 | 1,8180 |
| Cooperativas | 0,2048 | 0,1629 | 1,4630 | 0,2480 | 0,1865 | 1,1670 | 0,2048 | 0,1629 | 1,4630 | 0,2048 | 0,1629 | 1,4630 |
| educ1 | 0,0513 | 0,0487 | 4,0670 | 0,0527 | 0,0499 | 4,0060 | 0,0513 | 0,0487 | 4,0670 | 0,0513 | 0,0487 | 4,0670 |
| educ2 | 0,4245 | 0,2443 | 0,3057 | 0,4258 | 0,2445 | 0,3003 | 0,4245 | 0,2443 | 0,3057 | 0,4244 | 0,2443 | 0,3057 |
| educ3 | 0,0882 | 0,0804 | 2,9050 | 0,0824 | 0,0756 | 3,0370 | 0,0882 | 0,0804 | 2,9050 | 0,0881 | 0,0804 | 2,9050 |
| educ4 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5220 | 0,0130 | 0,0128 | 8,6120 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5220 | 0,0168 | 0,0165 | 7,5230 |
| educ5 | 0,0717 | 0,0666 | 3,3200 | 0,0580 | 0,0546 | 3,7830 | 0,0717 | 0,0666 | 3,3200 | 0,0717 | 0,0666 | 3,3200 |
| educ6 | 0,0454 | 0,0434 | 4,3660 | 0,0256 | 0,0249 | 6,0100 | 0,0454 | 0,0434 | 4,3660 | 0,0454 | 0,0434 | 4,3670 |
| educ7 | 0,0265 | 0,0258 | 5,9000 | 0,0479 | 0,0456 | 4,2320 | 0,0265 | 0,0258 | 5,9000 | 0,0265 | 0,0258 | 5,8920 |
| Arrendatário | 0,0154 | 0,0151 | 7,8800 | 0,0298 | 0,0283 | 5,5960 | 0,0154 | 0,0151 | 7,8800 | 0,0154 | 0,0156 | 7,8680 |
| Parceiro | 0,0530 | 0,0503 | 3,9870 | 0,0876 | 0,0710 | 2,9170 | 0,0531 | 0,0503 | 3,9870 | 0,0532 | 0,0503 | 3,9830 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 5 - Equilíbrio por entropia para a prática agrícola Pousio ou Descanso do Solo.

| Variáveis | Antes do Equilíbrio por Entropia | | | | | | Depois do Equilíbrio por Entropia | | | | | |
|--------------|----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|-----------------------------------|-----------|------------|----------|-----------|------------|
| | Tratamento | | | Controle | | | Tratamento | | | Controle | | |
| | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria | Média | Variância | Assimetria |
| Sefinanc | 0,2129 | 0,1676 | 1,403 | 0,1818 | 0,1487 | 1,65 | 0,2129 | 0,1676 | 1,403 | 0,2128 | 0,1675 | 1,403 |
| Assistência | 0,2165 | 0,1696 | 1,376 | 0,2167 | 0,1698 | 1,375 | 0,2165 | 0,1696 | 1,376 | 0,2165 | 0,1696 | 1,376 |
| Idade | 0,0527 | 0,0499 | 4,006 | 0,0385 | 0,0370 | 4,799 | 0,0527 | 0,0499 | 4,006 | 0,0527 | 0,0499 | 4,006 |
| Qualificação | 0,0175 | 0,0172 | 7,355 | 0,0268 | 0,0260 | 5,865 | 0,0175 | 0,0172 | 7,355 | 0,0175 | 0,0172 | 7,35 |
| Exp1 | 0,1395 | 0,1200 | 2,082 | 0,167 | 0,1391 | 1,785 | 0,1395 | 0,1200 | 2,082 | 0,1395 | 0,1200 | 2,081 |
| Exp1_5 | 0,1468 | 0,1252 | 1,996 | 0,1705 | 0,1414 | 1,753 | 0,1468 | 0,1252 | 1,996 | 0,1468 | 0,1252 | 1,996 |
| Exp5_10 | 0,0503 | 0,0477 | 4,117 | 0,0914 | 0,0831 | 2,836 | 0,0503 | 0,0477 | 4,117 | 0,0504 | 0,0478 | 4,112 |
| Norte | 0,6410 | 0,2301 | -0,5879 | 0,4607 | 0,2485 | 0,1576 | 0,6410 | 0,2301 | -0,5879 | 0,6407 | 0,2302 | -0,5865 |
| Nordeste | 0,1393 | 0,1199 | 2,084 | 0,1858 | 0,1513 | 1,616 | 0,1393 | 0,1199 | 2,084 | 0,1393 | 0,1199 | 2,084 |
| Sudeste | 0,0260 | 0,0253 | 5,96 | 0,0555 | 0,0524 | 3,882 | 0,0260 | 0,0253 | 5,96 | 0,0261 | 0,0254 | 5,945 |
| Centro-Oeste | 0,8887 | 0,0989 | -2,472 | 0,8773 | 0,1076 | -2,3 | 0,8887 | 0,0989 | -2,472 | 0,8887 | 0,0989 | -2,472 |
| Sexo | 0,0927 | 0,0841 | 2,809 | 0,1102 | 0,0981 | 2,49 | 0,0927 | 0,0841 | 2,809 | 0,0927 | 0,0841 | 2,809 |
| Cooperativas | 0,3088 | 0,2134 | 0,8278 | 0,2413 | 0,1831 | 1,209 | 0,3088 | 0,2134 | 0,8278 | 0,3087 | 0,2134 | 0,8284 |
| educ1 | 0,0398 | 0,0382 | 4,707 | 0,0535 | 0,0506 | 3,97 | 0,0398 | 0,0382 | 4,707 | 0,0399 | 0,0383 | 4,705 |
| educ2 | 0,3849 | 0,2367 | 0,4733 | 0,4285 | 0,2449 | 0,2889 | 0,3849 | 0,2367 | 0,4733 | 0,3849 | 0,2368 | 0,473 |
| educ3 | 0,0666 | 0,0629 | 3,476 | 0,0838 | 0,0768 | 3,003 | 0,0666 | 0,0622 | 3,476 | 0,0666 | 0,0622 | 3,475 |
| educ4 | 0,0115 | 0,0114 | 9,161 | 0,0133 | 0,0131 | 8,504 | 0,0115 | 0,0114 | 9,161 | 0,0115 | 0,0114 | 9,16 |
| educ5 | 0,0492 | 0,0468 | 4,168 | 0,0594 | 0,0559 | 3,729 | 0,0492 | 0,0468 | 4,168 | 0,0492 | 0,0468 | 4,167 |
| educ6 | 0,0278 | 0,0270 | 5,743 | 0,0266 | 0,0259 | 5,89 | 0,0278 | 0,0270 | 5,743 | 0,0278 | 0,0271 | 5,742 |
| educ7 | 0,0407 | 0,0390 | 4,651 | 0,0472 | 0,0450 | 4,27 | 0,0407 | 0,0390 | 4,651 | 0,0407 | 0,0390 | 4,651 |
| Arrendatário | 0,0321 | 0,0310 | 5,314 | 0,0282 | 0,0274 | 5,702 | 0,0321 | 0,0310 | 5,314 | 0,0320 | 0,0310 | 5,314 |
| Parceiro | 0,1065 | 0,0951 | 2,552 | 0,0844 | 0,0773 | 2,991 | 0,1065 | 0,0951 | 2,552 | 0,1064 | 0,0951 | 2,552 |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 6 - Teste de médias para a prática agrícola Terraços.

| Variáveis | Não Pareado | | Média | | % Viés | %redução Viés | t-test | |
|--------------|-------------|------------|----------|-------|--------|----------------|---------|--|
| | Pareado | Tratamento | Controle | t | | | p> t | |
| Sefinanc | NP | 0,36652 | 0,17671 | 43,7 | 100 | 192,71 | 0 | |
| | P | 0,36652 | 0,36649 | 0 | | 0,02 | 0,985 | |
| Assistência | NP | 0,55012 | 0,20378 | 76,5 | 100 | 333,39 | 0 | |
| | P | 0,55012 | 0,55008 | 0 | | 0,02 | 0,982 | |
| Idade | NP | 50,27 | 50,3 | -0,2 | 98,7 | -0,81 | 0,421 | |
| | P | 50,27 | 50,269 | 0 | | 0,01 | 0,993 | |
| Qualificação | NP | 0,10025 | 0,03703 | 25,2 | 100 | 127,51 | 0 | |
| | P | 0,10025 | 0,10025 | 0 | | 0,01 | 0,994 | |
| Exp1 | NP | 0,01859 | 0,02645 | -5,3 | 100 | -19,3 | 0 | |
| | P | 0,01859 | 0,01859 | 0 | | 0 | 0,997 | |
| Exp1_5 | NP | 0,1487 | 0,16589 | -4,7 | 100 | -18,13 | 0 | |
| | P | 0,1487 | 0,1487 | 0 | | -0,01 | 0,996 | |
| Exp5_10 | NP | 0,15889 | 0,16934 | -2,8 | 99,9 | -10,92 | 0 | |
| | P | 0,15889 | 0,1589 | 0 | | -0,01 | 0,994 | |
| Norte | NP | 0,014 | 0,09165 | -35,2 | 99,8 | 0 | -107,04 | |
| | P | 0,014 | 0,01413 | -0,1 | | -0,31 | 0,76 | |
| Nordeste | NP | 0,19565 | 0,48312 | -63,7 | 100 | 0 | -226,8 | |
| | P | 0,19565 | 0,19564 | 0 | | 0,01 | 0,991 | |
| Sudeste | NP | 0,18591 | 0,18265 | 0,8 | 99,2 | 3,31 | 0,001 | |
| | P | 0,18591 | 0,18589 | 0 | | 0,02 | 0,985 | |
| Centro-Oeste | NP | 0,05852 | 0,05343 | 2,2 | 99,8 | 8,85 | 0 | |
| | P | 0,05852 | 0,05851 | 0 | | 0,01 | 0,992 | |
| Sexo | NP | 0,91909 | 0,87645 | 14,1 | 100 | 51,04 | 0 | |
| | P | 0,91909 | 0,91909 | 0 | | 0 | 0,999 | |
| Cooperativas | NP | 0,3453 | 0,0999 | 61,7 | 100 | 311,71 | 0 | |
| | P | 0,3453 | 0,34526 | 0 | | 0,02 | 0,981 | |
| educ1 | NP | 0,10837 | 0,25104 | -37,8 | 100 | 0 | -130 | |
| | P | 0,10837 | 0,10839 | 0 | | -0,01 | 0,992 | |
| educ2 | NP | 0,03929 | 0,05309 | -6,6 | 99,9 | -24,21 | 0 | |
| | P | 0,03929 | 0,0393 | 0 | | -0,01 | 0,99 | |
| educ3 | NP | 0,49894 | 0,42285 | 15,3 | 100 | 60,28 | 0 | |
| | P | 0,49894 | 0,49893 | 0 | | 0,01 | 0,996 | |
| educ4 | NP | 0,12441 | 0,0811 | 14,3 | 100 | 61,59 | 0 | |
| | P | 0,12441 | 0,12441 | 0 | | 0 | 0,997 | |
| educ5 | NP | 0,02571 | 0,01268 | 9,5 | 100 | 44,77 | 0 | |
| | P | 0,02571 | 0,02571 | 0 | | 0 | 0,999 | |
| educ6 | NP | 0,09615 | 0,05726 | 14,6 | 100 | 64,79 | 0 | |
| | P | 0,09615 | 0,09614 | 0 | | 0,01 | 0,996 | |
| educ7 | NP | 0,06008 | 0,02534 | 17,2 | 100 | 84,56 | 0 | |
| | P | 0,06008 | 0,06008 | 0 | | 0,01 | 0,995 | |
| Arrendatário | NP | 0,06876 | 0,04593 | 9,8 | 100 | 42,33 | 0 | |
| | P | 0,06876 | 0,06875 | 0 | | 0,01 | 0,994 | |
| Parceiro | NP | 0,02371 | 0,02862 | -3,1 | 100 | -11,56 | 0 | |
| | P | 0,02371 | 0,02371 | 0 | | 0 | 0,999 | |
| Ocupante | NP | 0,05141 | 0,08713 | -14,1 | 100 | -49,96 | 0 | |
| | P | 0,05141 | 0,05141 | 0 | | 0 | 0,997 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 7 - Teste de médias para a prática agrícola Plantio em Curva de Nível.

| Variáveis | Não Pareado | | Média | | % Viés | %redução Viés | t-test | |
|--------------|-------------|------------|----------|-------|--------|----------------|--------|--|
| | Pareado | Tratamento | Controle | t | | | p> t | |
| Sefinanc | NP | 0,2376 | 0,16072 | 19,3 | 100 | 188,57 | 0 | |
| | P | 0,2376 | 0,23758 | 0 | | 0,03 | 0,976 | |
| Assistência | NP | 0,30731 | 0,17786 | 30,6 | 100 | 300,37 | 0 | |
| | P | 0,30731 | 0,3073 | 0 | | 0,02 | 0,981 | |
| Idade | NP | 50,262 | 50,315 | -0,4 | 99,5 | -3,35 | 0,001 | |
| | P | 50,262 | 50,262 | 0 | | 0,01 | 0,989 | |
| Qualificação | NP | 0,05068 | 0,03454 | 8 | 100 | 78,54 | 0 | |
| | P | 0,05068 | 0,05068 | 0 | | 0,01 | 0,995 | |
| Exp1 | NP | 0,01993 | 0,02883 | -5,8 | 99,9 | -52,76 | 0 | |
| | P | 0,01993 | 0,01994 | 0 | | -0,03 | 0,978 | |
| Exp1_5 | NP | 0,15264 | 0,17066 | -4,9 | 100 | -45,91 | 0 | |
| | P | 0,15264 | 0,15265 | 0 | | -0,02 | 0,988 | |
| Exp5_10 | NP | 0,16439 | 0,1709 | -1,7 | 99,9 | -16,44 | 0 | |
| | P | 0,16439 | 0,1644 | 0 | | -0,01 | 0,99 | |
| Norte | NP | 0,04826 | 0,10611 | -21,8 | 99,9 | -193,29 | 0 | |
| | P | 0,04826 | 0,04833 | 0 | | -0,25 | 0,804 | |
| Nordeste | NP | 0,40905 | 0,49955 | -18,3 | 100 | -172,09 | 0 | |
| | P | 0,40905 | 0,40901 | 0 | | 0,06 | 0,956 | |
| Sudeste | NP | 0,22959 | 0,16269 | 16,9 | 100 | 164,29 | 0 | |
| | P | 0,22959 | 0,22956 | 0 | | 0,06 | 0,955 | |
| Centro-Oeste | NP | 0,03034 | 0,06361 | -15,8 | 99,9 | -140,04 | 0 | |
| | P | 0,03034 | 0,03037 | 0 | | -0,16 | 0,876 | |
| Sexo | NP | 0,89017 | 0,87284 | 5,4 | 100 | 50,11 | 0 | |
| | P | 0,89017 | 0,89017 | 0 | | 0 | 0,999 | |
| Cooperativas | NP | 0,17084 | 0,08257 | 26,8 | 100 | 270,17 | 0 | |
| | P | 0,17084 | 0,17083 | 0 | | 0,03 | 0,977 | |
| educ1 | NP | 0,20327 | 0,26391 | -14,4 | 100 | -133,53 | 0 | |
| | P | 0,20327 | 0,20327 | 0 | | 0 | 0,998 | |
| educ2 | NP | 0,05467 | 0,05168 | 1,3 | 99,9 | 12,65 | 0 | |
| | P | 0,05467 | 0,05467 | 0 | | -0,01 | 0,994 | |
| educ3 | NP | 0,45915 | 0,41134 | 9,7 | 100 | 91,57 | 0 | |
| | P | 0,45915 | 0,45915 | 0 | | 0,01 | 0,995 | |
| educ4 | NP | 0,09208 | 0,0787 | 4,8 | 100 | 45,95 | 0 | |
| | P | 0,09208 | 0,09208 | 0 | | 0 | 0,998 | |
| educ5 | NP | 0,01575 | 0,01206 | 3,2 | 100 | 30,62 | 0 | |
| | P | 0,01575 | 0,01575 | 0 | | 0 | 0,999 | |
| educ6 | NP | 0,06378 | 0,05654 | 3 | 100 | 29,13 | 0 | |
| | P | 0,06378 | 0,06378 | 0 | | 0 | 0,998 | |
| educ7 | NP | 0,0313 | 0,02464 | 4 | 100 | 39,15 | 0 | |
| | P | 0,0313 | 0,0313 | 0 | | 0 | 0,998 | |
| Arrendatário | NP | 0,04767 | 0,04641 | 0,6 | 99,8 | 5,66 | 0 | |
| | P | 0,04767 | 0,04767 | 0 | | 0,01 | 0,991 | |
| Parceiro | NP | 0,03059 | 0,02751 | 1,8 | 99,9 | 17,5 | 0 | |
| | P | 0,03059 | 0,03058 | 0 | | 0,01 | 0,992 | |
| Ocupante | NP | 0,06866 | 0,09314 | -9 | 100 | -82,78 | 0 | |
| | P | 0,06866 | 0,06866 | 0 | | -0,01 | 0,989 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 8 - Teste de médias para a prática agrícola Rotação de Culturas.

| Variáveis | Não Pareado | | Média | | % Viés | % redução Viés | t-test | |
|--------------|-------------|------------|----------|--------|--------|--------------------|--------|--|
| | Pareado | Tratamento | Controle | t | | | p> t | |
| Sefinanc | NP | 0,37802 | 0,15559 | 52,00 | 99,8 | 401,82 | 0,00 | |
| | P | 0,37802 | 0,37767 | 0,1 | | 0,38 | 0,705 | |
| Assistência | NP | 0,44853 | 0,18306 | 59,6 | 99,8 | 453,09 | 0,00 | |
| | P | 0,44853 | 0,44812 | 0,1 | | 0,43 | 0,666 | |
| Idade | NP | 49666,00 | 50391,00 | -5,00 | 99,8 | -33,58 | 0,00 | |
| | P | 49666,00 | 49665,00 | 0,00 | | 0,05 | 0,963 | |
| Qualificação | NP | 0,07271 | 0,03455 | 17,00 | 99,8 | 135,01 | 0,00 | |
| | P | 0,07271 | 0,07265 | 0,00 | | 0,11 | 0,909 | |
| Exp1 | NP | 0,01414 | 0,02791 | -9,6 | 99,5 | -59,28 | 0,00 | |
| | P | 0,01414 | 0,0142 | 0,00 | | -0,29 | 0,776 | |
| Exp1_5 | NP | 0,13449 | 0,16972 | -9,8 | 99,8 | -65,18 | 0,00 | |
| | P | 0,13449 | 0,13457 | 0,00 | | -0,12 | 0,904 | |
| Exp5_10 | NP | 0,14783 | 0,17201 | -6,6 | 99,7 | -44,34 | 0,00 | |
| | P | 0,14783 | 0,14789 | 0,00 | | -0,1 | 0,923 | |
| Norte | NP | 0,02661 | 0,09777 | -29,8 | 99,00 | -172,47 | 0,00 | |
| | P | 0,02661 | 0,0273 | -0,3 | | -2,22 | 0,026 | |
| Nordeste | NP | 0,27447 | 0,50112 | -47,8 | 100,00 | -315,44 | 0,00 | |
| | P | 0,27447 | 0,27457 | 0,00 | | -0,13 | 0,9 | |
| Sudeste | NP | 0,12631 | 0,19097 | -17,8 | 99,9 | -115,09 | 0,00 | |
| | P | 0,12631 | 0,12623 | 0,00 | | 0,13 | 0,9 | |
| Centro-Oeste | NP | 0,025 | 0,05778 | -16,5 | 99,7 | -100,05 | 0,00 | |
| | P | 0,025 | 0,02511 | -0,10 | | -0,36 | 0,72 | |
| Sexo | NP | 0,91214 | 0,87309 | 12,6 | 99,80 | 82,03 | 0,00 | |
| | P | 0,91 | 0,91 | 0,00 | | 0,11 | 0,91 | |
| Cooperativas | NP | 0,27 | 0,09 | 51,00 | 99,80 | 426,79 | 0,00 | |
| | P | 0,27 | 0,27 | 0,10 | | 0,38 | 0,70 | |
| educ1 | NP | 0,14 | 0,26 | -29,70 | 99,8 | -188,72 | 0,00 | |
| | P | 0,14 | 0,14 | -0,10 | | -0,3 | 0,765 | |
| educ2 | NP | 0,03 | 0,06 | -10,00 | 99,6 | -63,66 | 0,00 | |
| | P | 0,03 | 0,03 | 0,00 | | -0,21 | 0,83 | |
| educ3 | NP | 0,55 | 0,41 | 29,00 | 99,8 | 199,92 | 0,00 | |
| | P | 0,55 | 0,55 | 0,00 | | 0,25 | 0,80 | |
| educ4 | NP | 0,10 | 0,08 | 6,30 | 99,80 | 45,13 | 0,00 | |
| | P | 0,10 | 0,10 | 0,00 | | 0,07 | 0,94 | |
| educ5 | NP | 0,02 | 0,01 | 3,40 | 99,70 | 24,95 | 0,00 | |
| | P | 0,02 | 0,02 | 0,00 | | 0,04 | 0,97 | |
| educ6 | NP | 0,06 | 0,06 | 2,90 | 99,60 | 20,36 | 0,00 | |
| | P | 0,06 | 0,06 | 0,00 | | 0,07 | 0,95 | |
| educ7 | NP | 0,03 | 0,03 | 1,40 | 99,20 | 9,92 | 0,00 | |
| | P | 0,03 | 0,03 | 0,00 | | 0,06 | 0,95 | |
| Arrendatário | NP | 0,06 | 0,05 | 5,00 | 99,70 | 35,95 | 0,00 | |
| | P | 0,06 | 0,06 | 0,00 | | 0,08 | 0,93 | |
| Parceiro | NP | 0,02 | 0,03 | -3,20 | 100,00 | -20,97 | 0,00 | |
| | P | 0,02 | 0,02 | 0,00 | | -0,01 | 1,00 | |
| Ocupante | NP | 0,06 | 0,09 | -9,30 | 99,90 | -60,52 | 0,00 | |
| | P | 0,06 | 0,06 | 0,00 | | -0,07 | 0,94 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 9 - Teste de médias para a prática agrícola Lavoura para Recuperação de Pastagem.

| Variáveis | Não Pareado | | Média | | % Viés | % redução Viés | t-test | |
|--------------|-------------|------------|----------|-------|--------|--------------------|--------|--|
| | Pareado | Tratamento | Controle | t | | | p> t | |
| Sefinanc | NP | 0,24878 | 0,18014 | 16,8 | 99,9 | 82,26 | 0 | |
| | P | 0,24878 | 0,24874 | 0 | | 0,03 | 0,974 | |
| Assistência | NP | 0,31153 | 0,21138 | 22,9 | 99,9 | 112,9 | 0 | |
| | P | 0,31153 | 0,31146 | 0 | | 0,05 | 0,963 | |
| Qualificação | NP | 0,07401 | 0,03744 | 16 | 100 | 87,26 | 0 | |
| | P | 0,07401 | 0,07399 | 0 | | 0,02 | 0,985 | |
| Exp1 | NP | 0,01924 | 0,02655 | -4,9 | 99,8 | -21,26 | 0 | |
| | P | 0,01924 | 0,01925 | 0 | | -0,04 | 0,971 | |
| Exp1_5 | NP | 0,13765 | 0,16681 | -8,1 | 99,8 | -36,41 | 0 | |
| | P | 0,13765 | 0,1377 | 0 | | -0,05 | 0,962 | |
| Exp5_10 | NP | 0,15699 | 0,16962 | -3,4 | 99,9 | -15,63 | 0 | |
| | P | 0,15699 | 0,157 | 0 | | -0,01 | 0,992 | |
| Norte | NP | 0,09148 | 0,08859 | 1 | 99,6 | 4,71 | 0 | |
| | P | 0,09148 | 0,09147 | 0 | | 0,01 | 0,989 | |
| Nordeste | NP | 0,42522 | 0,47503 | -10 | 99,9 | -46,29 | 0 | |
| | P | 0,42522 | 0,42527 | 0 | | -0,03 | 0,973 | |
| Sudeste | NP | 0,19049 | 0,18234 | 2,1 | 99,8 | 9,78 | 0 | |
| | P | 0,19049 | 0,19047 | 0 | | 0,01 | 0,99 | |
| Centro-Oeste | NP | 0,07709 | 0,0523 | 10,1 | 99,9 | 51,07 | 0 | |
| | P | 0,07709 | 0,07707 | 0 | | 0,02 | 0,984 | |
| Sexo | NP | 0,9093 | 0,87628 | 10,7 | 99,9 | 46,81 | 0 | |
| | P | 0,9093 | 0,90925 | 0 | | 0,05 | 0,959 | |
| Cooperativa | NP | 0,16374 | 0,10599 | 17 | 99,9 | 86 | 0 | |
| | P | 0,16374 | 0,16371 | 0 | | 0,03 | 0,976 | |
| educ1 | NP | 0,20479 | 0,24801 | -10,3 | 99,9 | -46,58 | 0 | |
| | P | 0,20479 | 0,20483 | 0 | | -0,04 | 0,969 | |
| educ2 | NP | 0,05132 | 0,05265 | -0,6 | 99,8 | -2,77 | 0,006 | |
| | P | 0,05132 | 0,05131 | 0 | | 0 | 0,997 | |
| educ3 | NP | 0,42445 | 0,42576 | -0,3 | 99,3 | -1,23 | 0,219 | |
| | P | 0,42445 | 0,42444 | 0 | | 0,01 | 0,995 | |
| educ4 | NP | 0,08815 | 0,08241 | 2,1 | 99,9 | 9,66 | 0 | |
| | P | 0,08815 | 0,08814 | 0 | | 0,01 | 0,995 | |
| educ5 | NP | 0,01679 | 0,01296 | 3,2 | 99,9 | 15,57 | 0 | |
| | P | 0,01679 | 0,01679 | 0 | | 0,01 | 0,994 | |
| educ6 | NP | 0,07173 | 0,05799 | 5,6 | 99,9 | 27,11 | 0 | |
| | P | 0,07173 | 0,07172 | 0 | | 0,01 | 0,991 | |
| educ7 | NP | 0,04542 | 0,02558 | 10,7 | 100 | 57,19 | 0 | |
| | P | 0,04542 | 0,04541 | 0 | | 0,01 | 0,989 | |
| Arrendatário | NP | 0,02647 | 0,04793 | -11,4 | 99,7 | -47,16 | 0 | |
| | P | 0,02647 | 0,02653 | 0 | | -0,14 | 0,89 | |
| Parceiro | NP | 0,01537 | 0,02917 | -9,4 | 99,7 | -38,53 | 0 | |
| | P | 0,01537 | 0,01541 | 0 | | -0,12 | 0,902 | |
| Ocupante | NP | 0,05308 | 0,08764 | -13,5 | 99,8 | -57,24 | 0 | |
| | P | 0,05308 | 0,05316 | 0 | | -0,11 | 0,912 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa.

Tabela A. 10 - Teste de médias para a prática agrícola Pousio ou Descanso do Solo.

| Variáveis | Não Pareado | | Média | | % Viés | % redução Viés | t-test | |
|--------------|-------------|------------|----------|-------|--------|-----------------|--------|--|
| | Pareado | Tratamento | Controle | t | | | p> t | |
| Sefinanc | NP | 0,21288 | 0,18179 | 7,8 | 99,9 | 40,73 | 0 | |
| | P | 0,21288 | 0,21285 | 0 | | 0,03 | 0,974 | |
| Assistência | NP | 0,21654 | 0,21673 | 0 | 98,8 | -0,25 | 0,806 | |
| | P | 0,21654 | 0,21654 | 0 | | 0 | 0,998 | |
| Qualificação | NP | 0,05265 | 0,03847 | 6,8 | 100 | 36,99 | 0 | |
| | P | 0,05265 | 0,05265 | 0 | | 0,01 | 0,992 | |
| Exp1 | NP | 0,01752 | 0,02676 | -6,3 | 99,7 | -29,37 | 0 | |
| | P | 0,01752 | 0,01754 | 0 | | -0,07 | 0,946 | |
| Exp1_5 | NP | 0,13945 | 0,16703 | -7,7 | 99,9 | -37,68 | 0 | |
| | P | 0,13945 | 0,13949 | 0 | | -0,04 | 0,966 | |
| Exp5_10 | NP | 0,14676 | 0,17048 | -6,5 | 99,9 | -32,12 | 0 | |
| | P | 0,14676 | 0,1468 | 0 | | -0,03 | 0,972 | |
| Norte | NP | 0,05026 | 0,0914 | -16,1 | 99,8 | -73,45 | 0 | |
| | P | 0,05026 | 0,05037 | 0 | | -0,17 | 0,862 | |
| Nordeste | NP | 0,641 | 0,46073 | 36,9 | 99,8 | 183,93 | 0 | |
| | P | 0,641 | 0,64069 | 0,1 | | 0,24 | 0,809 | |
| Sudeste | NP | 0,13927 | 0,18578 | -12,6 | 100 | -61,08 | 0 | |
| | P | 0,13927 | 0,13928 | 0 | | -0,02 | 0,985 | |
| Centro-Oeste | NP | 0,02597 | 0,05553 | -15 | 99,6 | -66,6 | 0 | |
| | P | 0,02597 | 0,0261 | -0,1 | | -0,29 | 0,771 | |
| Sexo | NP | 0,88869 | 0,87731 | 3,5 | 100 | 17,65 | 0 | |
| | P | 0,88869 | 0,88869 | 0 | | 0 | 0,997 | |
| Cooperativas | NP | 0,09267 | 0,1102 | -5,8 | 100 | -28,54 | 0 | |
| | P | 0,09267 | 0,09268 | 0 | | -0,01 | 0,992 | |
| educ1 | NP | 0,30878 | 0,24135 | 15,1 | 99,8 | 79,53 | 0 | |
| | P | 0,30878 | 0,30867 | 0 | | 0,09 | 0,931 | |
| educ2 | NP | 0,03982 | 0,05346 | -6,5 | 99,8 | -31 | 0 | |
| | P | 0,03982 | 0,03985 | 0 | | -0,05 | 0,961 | |
| educ3 | NP | 0,38486 | 0,42851 | -8,9 | 99,9 | -44,8 | 0 | |
| | P | 0,38486 | 0,38492 | 0 | | -0,04 | 0,969 | |
| educ4 | NP | 0,06662 | 0,08383 | -6,5 | 99,8 | -31,71 | 0 | |
| | P | 0,06662 | 0,06664 | 0 | | -0,04 | 0,967 | |
| educ5 | NP | 0,0115 | 0,01328 | -1,6 | 99,8 | -7,9 | 0 | |
| | P | 0,0115 | 0,01151 | 0 | | -0,01 | 0,989 | |
| educ6 | NP | 0,04921 | 0,05937 | -4,5 | 99,8 | -21,93 | 0 | |
| | P | 0,04921 | 0,04923 | 0 | | -0,03 | 0,974 | |
| educ7 | NP | 0,02782 | 0,02655 | 0,8 | 99,7 | 3,98 | 0 | |
| | P | 0,02782 | 0,02782 | 0 | | -0,01 | 0,993 | |
| Arrendatário | NP | 0,04067 | 0,04721 | -3,2 | 99,9 | -15,71 | 0 | |
| | P | 0,04067 | 0,04067 | 0 | | -0,01 | 0,995 | |
| Parceiro | NP | 0,03205 | 0,02819 | 2,3 | 99,8 | 11,8 | 0 | |
| | P | 0,03205 | 0,03204 | 0 | | 0,02 | 0,986 | |
| Ocupante | NP | 0,10647 | 0,08436 | 7,5 | 99,9 | 40,05 | 0 | |
| | P | 0,10647 | 0,10644 | 0 | | 0,03 | 0,972 | |

Fonte: Resultados da Pesquisa.