

UFRRJ

INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA REGIONAL E
DESENVOLVIMENTO**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DO PROGRAMA DE ECONOMIA
REGIONAL E DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL
RURAL DO RIO DE JANEIRO**

**O efeito das práticas agrícolas sustentáveis na agropecuária brasileira: uma
análise a partir do censo agropecuário de 2017**

Luciana Freitas de Andrade

2024



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA REGIONAL E
DESENVOLVIMENTO**

**O EFEITO DAS PRÁTICAS AGRÍCOLAS SUSTENTÁVEIS NA PRODUÇÃO
AGROPECUÁRIA BRASILEIRA: UMA ANÁLISE A PARTIR DO CENSO
AGROPECUÁRIO DE 2017**

LUCIANA FREITAS DE ANDRADE

*Sob a Orientação do Professor
Lucas Siqueira de Castro
e Coorientação do Professor
Carlos Otavio de Freitas*

Dissertação submetida como requisito
parcial para obtenção do grau de
**Mestre em Economia Regional e
Desenvolvimento**, no Curso de Pós-
Graduação em Economia Regional e
Desenvolvimento, Área de
Concentração em Economia Regional
e Desenvolvimento.

Seropédica, RJ
Junho de 2024

**Ficha catalográfica elaborada
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A553 e Andrade, Luciana Freitas de, 1980-
O efeito das práticas agrícolas sustentáveis na
agropecuária brasileira: uma análise a partir do
censo agropecuário de 2017 / Luciana Freitas de
Andrade. - Seropédica, 2024.
60 f.

Orientador: Lucas Siqueira de Castro .
Coorientador: Carlos Otavio de Freitas.
Dissertação(Mestrado). -- Universidade Federal
Rural do Rio de Janeiro, Pós-Graduação em Economia
Regional e Desenvolvimento , 2024.

1. Práticas Agrícolas Sustentáveis. 2. Teoria da
Produção. 3. Produção Agropecuária. 4. Estabelecimentos
Agropecuários. I. Castro , Lucas Siqueira de , 1988-,
orient. II. Freitas, Carlos Otavio de , 1987-,
coorient. III Universidade Federal Rural do Rio de
Janeiro. Pós-Graduação em Economia Regional e
Desenvolvimento . IV. Título.



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO
INSTITUTO DE CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA REGIONAL E
DESENVOLVIMENTO**

LUCIANA FREITAS DE ANDRADE

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Economia Regional e Desenvolvimento**, no Curso de Pós-Graduação em Economia Regional e Desenvolvimento, Área de Concentração em Economia Regional e Desenvolvimento.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 14/06/2024

Prof. Dr. LUCAS SIQUEIRA DE CASTRO
PPGER/UFRRJ - Presidente da Banca

Prof. Dr. CAIO PEIXOTO CHAIN
PPGER/UFRRJ - Membro Interno

Prof. Dr. CARLOS OTAVIO DE FREITAS
PPGER/UFRRJ - Membro Interno

Prof. Dr. MATEUS DE CARVALHO REIS NEVES
UFV – Membro Externo

(Assinado digitalmente em 26/08/2024 21:35)
CAIO PEIXOTO CHAIN
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptºAdP (12.28.01.00.00.00.06)
Matricula: ###587#1

(Assinado digitalmente em 26/08/2024 16:51)
CARLOS OTAVIO DE FREITAS
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCEcon (12.28.01.00.00.00.09)
Matricula: ###633#2

(Assinado digitalmente em 27/08/2024 16:57)
LUCAS SIQUEIRA DE CASTRO
PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR
DeptCEcon (12.28.01.00.00.00.09)
Matricula: ###289#3

(Assinado digitalmente em 30/08/2024 10:22)
MATEUS DE CARVALHO REIS NEVES
ASSINANTE EXTERNO
CPF: ####.###.667-##

Dedico este trabalho a Deus e toda a minha família

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus pelo dom da vida e por todas as oportunidades concedidas.

Aos meus pais e meus irmãos.

As minhas amigas.

Ao meu orientador Lucas Siqueira de Castro e meu coorientador Carlos de Freitas por toda a ajuda concedida, o que foi fundamental para a realização deste trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

Os estabelecimentos agropecuários que utilizam as práticas agrícolas sustentáveis buscam conciliar produção e conservação ambiental obtendo elevados índices de produtividade. No Brasil, o Nordeste é a região que apresenta o maior percentual de estabelecimentos agropecuários que faz uso de alguma prática agrícola sustentável. E o Centro-Oeste é a região que possui o menor percentual de estabelecimentos agropecuários que utiliza alguma prática agrícola sustentável. Pelas características do território brasileiro, as práticas agrícolas sustentáveis diferem de região para região e produzem níveis diversificados de produção para os estabelecimentos agropecuários que as adotam. Nesse sentido, o objetivo deste estudo é verificar o efeito de cada prática agrícola sustentável no Valor bruto da produção agropecuária dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros. Para isso, estimaram-se para cada modalidade de prática agrícola sustentável os coeficientes do modelo de regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados ordinários. Os dados utilizados são provenientes do Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE. Os resultados mostraram que as práticas plantio em nível e rotação de culturas foram estatisticamente significativas e com coeficientes positivos, indicando que um aumento no número de estabelecimentos agropecuários que adotam estas práticas gera um aumento no Valor bruto da produção agropecuária. Já a prática pousio foi estatisticamente significativa com coeficiente negativo, implicando na redução do Valor bruto da produção agropecuária dos estabelecimentos agropecuários que a adotam. Em relação a variável práticas agrícolas agregadas, que representa a soma de todas as práticas agrícolas sustentáveis, identificou-se a adoção destas práticas gera um aumento no Valor bruto da produção agropecuária. Políticas voltadas para dar orientação técnica aos produtores rurais, que em sua maioria possuem pouco estudo, podem influenciar nas suas decisões de implementar as práticas agrícolas sustentáveis em seus estabelecimentos agropecuários, aumentando o número de estabelecimentos adotantes. Assim como, políticas que incentivem a introdução de tecnologias agroflorestais que permitam ao produtor rural preservar as florestas e/ou nascentes, além de melhorar a fertilidade do solo para que o produtor possa cultivar e gerar renda para sua família.

Palavras-chave: Práticas Agrícolas Sustentáveis, Teoria da Produção, Produção Agropecuária, Estabelecimentos Agropecuários.

ABSTRACT

Agricultural establishments that use sustainable agricultural practices seek to reconcile production and environmental conservation, achieving high productivity rates. In Brazil, the Northeast is the region with the highest percentage of agricultural establishments that use some sustainable agricultural practice. And the Central-West is the region with the lowest percentage of agricultural establishments that use some sustainable agricultural practice. Due to the characteristics of the Brazilian territory, sustainable agricultural practices differ from region to region and produce diverse levels of production for the agricultural establishments that adopt them. In this sense, the objective of this study is to verify the effect of each sustainable agricultural practice on the Gross Value of agricultural production of agricultural establishments in Brazilian municipalities. To this end, the coefficients of the multiple regression model were estimated for each type of sustainable agricultural practice using the ordinary least squares method. The data used come from the 2017 Agricultural Census of the Brazilian Institute of Geography and Statistics - IBGE. The results showed that the practices of level planting and crop rotation were statistically significant and had positive coefficients, indicating that an increase in the number of agricultural establishments that adopt these practices generates an increase in the Gross Value of agricultural production. The practice of fallowing was statistically significant with a negative coefficient, implying a reduction in the Gross Value of agricultural production of the agricultural establishments that adopt it. Regarding the variable aggregated agricultural practices, which represents the sum of all sustainable agricultural practices, it was identified that the adoption of these practices generates an increase in the Gross Value of agricultural production. Policies aimed at providing technical guidance to rural producers, most of whom have little education, can influence their decisions to implement sustainable agricultural practices in their agricultural establishments, increasing the number of adopting establishments. Likewise, policies that encourage the introduction of agroforestry technologies that allow rural producers to preserve forests and/or springs, in addition to improving soil fertility so that the producer can cultivate and generate income for his family.

Keywords: Sustainable Agricultural Practices, Production Theory, Agricultural Production, Agricultural Establishments

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo por municípios brasileiros, 2017	19
Tabela 2 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo grupo de área total, 2017.....	22
Tabela 3 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo orientação técnica recebida, 2017.....	25
Tabela 4 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo a escolaridade do produtor, 2017.....	27
Tabela 5 - Percentual dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros por região que utilizam práticas agrícolas sustentáveis, 2017.....	29
Tabela 6 - Efeito das práticas agrícolas sustentáveis no valor da produção dos municípios brasileiros, 2017.....	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1 <i>Hipótese</i>	2
1.2. <i>Objetivos</i>	2
1.2.1 <i>Objetivo Geral</i>	2
1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>	3
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. <i>Determinantes da adoção de práticas agrícolas sustentáveis</i>	3
2.2. <i>Os efeitos, impactos e resultados da adoção de práticas agrícolas sustentáveis.</i>	6
3. MODELO TEÓRICO	8
3.1. <i>Teoria da produção</i>	8
4. MODELO EMPÍRICO	13
4.1. <i>Método dos Mínimos Quadrados Ordinários</i>	13
4.2. <i>Fonte e tratamento dos dados</i>	15
5. RESULTADOS	16
5.1. <i>Estatística descritiva das variáveis</i>	16
5.2. <i>Modelos para práticas agrícolas sustentáveis</i>	30
5.2.1. <i>Plantio em nível</i>	32
5.2.2. <i>Pousio ou descanso de solos</i>	33
5.2.3. <i>Proteção e conservação de encostas</i>	36
5.2.4. <i>Recuperação de mata ciliar</i>	37
5.2.5. <i>Reflorestamento e proteção de nascentes</i>	38
5.2.6. <i>Estabilização de voçorocas</i>	39
5.2.7. <i>Manejo florestal</i>	41
5.2.8. <i>Rotação de culturas</i>	41
5.2.9. <i>Práticas agrícolas agregadas</i>	43
6. CONCLUSÕES	46
7. REFERÊNCIAS	48

1. INTRODUÇÃO

Desde sua colonização pelos portugueses, o Brasil passou por vários ciclos econômicos e a agropecuária teve um papel de destaque na formação econômica do Brasil. O país foi um dos maiores produtores de cana-de-açúcar, detendo o monopólio da produção mundial de açúcar até meados do século XVII. No decorrer do século XIX, o café tornou-se o principal produto da pauta de exportações brasileira e seu cultivo se estendeu pelo Vale do Paraíba na parte fluminense alcançando a parte paulista e o sul de Minas Gerais (Albuquerque e Nicol, 1987; Miranda, Carvalho e Martinho, 2020). Nas décadas de 1960 e 1970, o governo brasileiro instituiu políticas para aumentar a produção e a produtividade agrícola investindo em pesquisa e desenvolvimento, além de ofertar extensão rural e crédito rural subsidiado (EMBRAPA, 2018). O produto agropecuário cresceu mais de quatro vezes no período de 1975 a 2016, destaque para a produção de grãos e produção pecuária (Gasques, Bacchi e Bastos, 2018).

O crescimento expressivo nas últimas seis décadas da produção agropecuária brasileira se deu a partir de ganhos de produção e de rentabilidade decorrentes do aumento da produtividade nas áreas já ocupadas. Os resultados observados da produtividade estão relacionados às tecnologias usadas na agricultura nas últimas décadas, envolvendo utilização de maquinários, fertilizantes, defensivos agrícolas e melhoramento genético das cultivares de plantas (Pereira *et al.*, 2012; Bustos *et.al.*, 2016 *apud* Telles e Righetto, 2019; Gasques, Bacchi e Bastos, 2018 *apud* Miranda, Carvalho e Martinho, 2020; Santana e Gasques, 2020). A Embrapa contribuiu para o domínio tecnológico da agricultura em ambiente tropical, pois suas pesquisas permitiram que os recursos naturais abundantes no país fossem utilizados para elevar a produtividade da agricultura (Barros, 2007; Barros e Barros, 2005).

Embora tenha ocorrido ganhos expressivos de produtividade nas últimas décadas, existem grandes áreas de produção com baixos rendimentos físicos por unidade de área que podem vir a serem áreas de grande potencial agrícola. Para que isso ocorra é necessário aumentar o potencial genético de produtividade das culturas, assim como aperfeiçoar as técnicas de manejo. A intensificação sustentável da agricultura aumenta o rendimento agrícola e reduz seu impacto ambiental, assegurando a saúde dos ecossistemas de apoio. E para que essa intensificação ocorra de maneira adequada é necessário o uso de diversas tecnologias (EMBRAPA, 2022).

O sistema de agricultura sustentável envolve o uso continuado ou aumentado de uma combinação de práticas ou tecnologias apropriadas (D'Souza, Cyphers e Phipps, 1993). As práticas agrícolas consideradas sustentáveis seriam aquelas que produzem alimentos sem comprometer a segurança alimentar a um custo ambiental reduzido, utilizando-se de processos naturais como a ciclagem de nutrientes, a fixação de nitrogênio e as relações entre pragas e predadores para minimizar o uso de insumos externos e não renováveis que danificam o meio ambiente ou prejudicam a saúde dos agricultores e consumidores (Pretty, Thompson e Hinchcliffe, 1992; Robertson, 2015). A adoção de técnicas sustentáveis proporciona o aumento da produtividade das plantações (Turra, 2023).

As formas sustentáveis de agricultura são caracterizadas pela adoção de práticas e tecnologias que são altamente flexíveis e tem a capacidade de se adaptar a certos locais específicos; prezam pela preservação da biodiversidade e paisagem natural; geram lucro para os produtores no longo prazo; são economicamente eficientes socialmente; e usam técnicas integradas de manejo visando a integridade ecológica dentro e fora do estabelecimento (Souza Filho, 2001).

Dado o exposto, torna-se pertinente avaliar a participação das práticas agrícolas sustentáveis no valor bruto da produção agropecuária brasileira. O uso de práticas agrícolas sustentáveis tem potencial para alavancar ainda mais a produtividade da agropecuária brasileira? As práticas agrícolas sustentáveis impactam no desempenho do setor agropecuário brasileiro?

O intuito deste estudo é fornecer uma fonte de pesquisa sobre as práticas agrícolas sustentáveis e sua participação nos municípios pertencentes às regiões brasileiras. Além de verificar se realmente os produtores que fazem uso das práticas agrícolas sustentáveis obtém alguma vantagem seja econômica, social e ambiental.

1.1 Hipótese

O aumento do número de produtores que adotam práticas agrícolas sustentáveis contribui para o aumento do valor da produção agropecuária.

1.2. Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é verificar a contribuição das práticas agrícolas sustentáveis para o desempenho do setor agropecuário brasileiro.

1.2.2 Objetivos Específicos

- a) Verificar o efeito das práticas de cultivo (plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descanso de solos, proteção e conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento e proteção de nascentes, estabilização de voçorocas e manejo florestal e prática agrícola agregada) no valor da produção;
- b) Mensurar a contribuição dos fatores de produção (trabalho, capital, terra e insumos) considerando cada prática agrícola no Valor bruto da produção;
- c) Analisar o comportamento das práticas agrícolas sustentáveis em relação as macrorregiões brasileiras.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Neste tópico é feita uma revisão de literatura selecionada de trabalhos que abordam a temática das práticas agrícolas sustentáveis.

2.1. Determinantes da adoção de práticas agrícolas sustentáveis

D'Souza, Cyphers e Phipps (1993) buscaram determinar as características associadas à decisão de adoção da agricultura sustentável. Foi gerada uma amostra aleatória estratificada de 600 produtores obtida através de uma pesquisa postal de 1990 com produtores agrícolas da Virgínia Ocidental nos EUA. O modelo utilizado foi o logit e os coeficientes das variáveis idade e educação foram significativos ao nível de 1 por cento, enquanto os coeficientes para emprego e águas subterrâneas foram significativos aos níveis de 5 e 10 por cento. Dentre as variáveis significativas, a idade e o emprego apresentam sinais negativos. Já a educação e a contaminação das águas subterrâneas apresentam sinais positivos. Os resultados sugerem que a probabilidade de um produtor adotar o sistema de agricultura sustentável aumenta, se o produtor possui nível educacional equivalente ao segundo grau e se estiver ciente de que existe contaminação das águas subterrâneas na sua exploração. E a probabilidade de adoção da agricultura

sustentável diminui se o produtor tem mais de 55 anos de idade e trabalha fora da exploração agrícola.

Burton *et al.* (1998) investigaram um conjunto de potenciais determinantes da adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis, incluindo características dos produtores e das propriedades agrícolas, fontes de informação, atitudes e associativismo a várias organizações no Estado do Paraná. Os modelos utilizados foram o logit e análise de duração. Um questionário foi aplicado na pesquisa de campo gerando uma amostra que compreendeu informações sobre 200 produtores hortícolas em 24 municípios do Paraná. Destes produtores, 147 foram classificados como 'convencionais' e 53 como 'sustentáveis'. Os resultados mostraram que a probabilidade de adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis aumenta, se o produtor possui nível de escolaridade igual ao segundo grau, se maximiza a quantidade de produtos agrícolas destinados ao autoconsumo, e se recebe informação de associações de produtores ou serviço de extensão orgânica. A probabilidade de adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis diminui se o produtor participa de um sindicato rural; se adquire informação do rádio ou do serviço de extensão; e se a sua fonte de renda é altamente dependente da agricultura.

Manda *et al.* (2015) utilizaram um modelo multinomial de efeitos de tratamento endógeno para avaliar os determinantes e impactos da adoção de práticas agrícolas sustentáveis (SAPs) na produção de milho e nos rendimentos familiares na zona rural da Zâmbia. Os dados foram obtidos através da aplicação de questionários de entrevistas pessoais e observações administrado a um total de 810 agregados familiares realizados em janeiro e fevereiro de 2012. Os resultados mostraram que as decisões de adoção são orientadas pelas características do agregado familiar, onde a combinação de SAPs aumenta tanto a produção de milho como os rendimentos dos pequenos agricultores. As variáveis educação e terra foram significativas e positivamente associadas à maioria dos SAPs. Partindo do pressuposto de adoção exógena de SAPs, os resultados mostram que, em média, os adotantes tiveram rendimentos superiores aos não adotantes e os resultados são positivos e estatisticamente significativos para a maioria das práticas agrícolas sustentáveis.

Mutyasira, Hoag e Pendell (2018) investigaram como os fatores psicossociais e socioeconômicos influenciaram a utilização das práticas agrícolas sustentáveis pelos pequenos agricultores na Etiópia (África). Foi usada uma amostra total de 600 agregados familiares e o estudo utilizou o modelo Probit Ordenado e Modelagem de Equações Estruturais de Mínimos Quadrados Parciais (PLS-SEM) para modelar as

decisões de adoção dos agricultores. Os resultados mostraram que ter acesso a empréstimos agrícolas, participar de grupos de agricultores e outras associações de produtores, dispor de mão de obra familiar, utilizar-se da pecuária aumenta a probabilidade de adotar mais de duas práticas agrícolas sustentáveis. Os resultados também mostraram que um aumento unitário na magnitude da variável intenção eleva a probabilidade de adoção de duas ou mais práticas agrícolas sustentáveis em 3,1%. Por outro lado, o tamanho da exploração teve um efeito negativo no número de práticas agrícolas sustentáveis adotadas pelos agricultores.

Alcantara *et al.* (2021) analisaram como o desenvolvimento sustentável contribui para o desempenho da agropecuária no estado do Paraná, levando em considerando as dimensões econômicas, ambientais e sociais do desenvolvimento. Os dados foram retirados do banco de dados do IPARDES do ano de 2015 para os 399 municípios paranaenses. O modelo de MQO e o modelo espacial *Spatial Auto Regressive* (SAR) foram utilizados para a realização das estimativas. Os resultados mostraram que em relação à dimensão econômica, o emprego per capita, o ICMS, as Receitas Municipais per capita mostraram relação inversa com o Valor Adicionado Bruto da agropecuária. Já as variáveis: Fundo de Participação dos Municípios per capita, consumo de energia elétrica rural per capita e o Produto Interno Bruto per capita apresentaram relação direta com o Valor Adicionado Bruto da agropecuária. As variáveis da dimensão social (saúde, educação, cultura e lazer) foram significativas e apresentaram relação direta refletindo em aumentos no Valor Adicionado Bruto da Agropecuária. Quanto à dimensão ambiental, a variável despesas municipais com gestão ambiental per capita foi significativa e apresentou relação inversa, reduzindo o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária.

Sene e Bacha (2022) identificaram e avaliaram a influência de algumas variáveis sobre a adoção de sistemas integrados pelos estabelecimentos agropecuários do Brasil. Os dados utilizados são referentes aos Censos Agropecuários de 2006 e 2017 agregados por Área Mínima Comparável (AMC). O modelo usado foi o de dados em painel com dependência espacial (SARAR). Os resultados apontaram que a variável associação foi positiva e estatisticamente significativa informando que existe uma relação positiva entre o número de estabelecimentos associados a (cooperativa, entidades de classe, sindicatos, associações de moradores ou movimentos de produtores entidades) e a adoção de Sistemas Agroflorestais. A variável agricultura familiar que representa os estabelecimentos agrícolas que produzem por meio de mão de obra familiar foi

estatisticamente significativa com sinal negativo. E a variável que trata do nível educacional do produtor foi significativa e com sinal negativo, mostrando que os estabelecimentos cujos produtores possuem maior grau de escolaridade estão associados negativamente com a adoção de Sistemas Agroflorestais. Outras variáveis que apresentaram resultados relevantes e positivos com a adoção de Sistemas Agroflorestais pelos estabelecimentos agropecuários foram a de estabelecimentos voltados à atividade econômica florestal, produtor com idade mínima de 45 anos, áreas com pastagens degradadas e produtor com posse estável da terra.

Setsoafa, Ma e Renwic (2022) investigaram os determinantes da adoção de práticas agrícolas sustentáveis (SAPs) múltiplas e os efeitos da adoção na renda agrícola e na segurança alimentar, usando dados secundários coletados em Gana. Os dados utilizados foram coletados em 2014, por meio de questionários estruturados, e abrangeram 1.284 famílias que operavam aproximadamente 5.500 lotes em 50 comunidades rurais no norte de Gana. Os autores utilizaram o modelo de regressão de comutação endógena multinomial (MESR) para estimar os fatores que afetam as decisões dos pequenos agricultores de adotar uma tecnologia SAP específica ou um pacote. O estudo se concentrou em três principais tecnologias SAP, sementes melhoradas (I), fertilizantes (F) e conservação do solo e da água (S). Os resultados mostraram que as decisões dos agricultores de adotar SAPs são influenciadas pela demografia social das famílias (sexo, educação, estado civil e tamanho da família), características do lote (número de culturas, tipos de solo e topografia), serviços de extensão e localizações. A adoção das tecnologias SAP relacionadas às sementes e aos fertilizantes aprimorados melhoraram significativamente as medidas de segurança alimentar, mas diminuíram a renda agrícola. E a adoção das três tecnologias SAPs impactou positiva e estatisticamente a renda agrícola e a segurança alimentar.

2.2. Os efeitos, impactos e resultados da adoção de práticas agrícolas sustentáveis.

Murendo *et al.* (2016) analisaram a adoção de práticas agrícolas sustentáveis entre os pequenos agricultores no Zimbabué na África. Um questionário estruturado foi aplicado a um total de 495 domicílios em março de 2015. Foi empregado um modelo probit multivariado (MVP). Os resultados demonstraram que a idade do produtor, o tamanho do agregado familiar, tamanho das explorações, o acesso à extensão pública e à televisão, e a experiência agrícola apresentaram uma relação positiva e significativa e

aumentaram a probabilidade de adoção das práticas agrícolas sustentáveis. Por outro lado, o quadrado da idade e o trabalho a tempo inteiro tiveram uma relação negativa e significativa, e diminuiu a probabilidade de adoção das práticas agrícolas sustentáveis.

Fortini (2017) analisou a adoção de diferentes práticas agrícolas conservacionistas pelos estabelecimentos agrícolas brasileiros. Os dados são provenientes dos microdados do Censo Agropecuário de 2006, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. Foi utilizado o modelo *probit* para explicar a probabilidade de as fazendas adotarem as práticas agrícolas conservacionistas. Os resultados mostraram que a qualificação, anos de experiência do produtor, o fato do indivíduo ser do sexo masculino, o recebimento de financiamento, a presença de assistência técnica e o pertencimento a uma cooperativa aumentam a probabilidade de adoção das práticas conservacionistas. As variáveis condições do produtor, nível educacional, idade e localização geográfica tiveram resultados variados, dependendo do tipo de prática conservacionista analisada.

Syan *et al.* (2019) analisaram a intenção dos agricultores de adotar as práticas agrícolas sustentáveis em Punjab na Índia. O estudo utilizou dados primários coletados de 283 agricultores no período de março de 2017 a março de 2018. Os autores aplicaram o método *varimax* rotacionado e uma regressão múltipla, com a intenção de analisar o impacto de diferentes fatores na intenção dos agricultores de adotar as práticas agrícolas sustentáveis. Os resultados indicaram que dimensões como utilidade percebida, autoeficácia e serviços de extensão têm um impacto positivo na intenção dos agricultores de adotar as práticas agrícolas sustentáveis, enquanto o capital social, as condições facilitadoras e a compatibilidade não têm impacto significativo. Segundo os autores, as práticas agrícolas sustentáveis aumentaram a produtividade e se utilizaram de métodos convencionais que foram benéficos tanto para a saúde humana quanto para o meio ambiente, elevando as economias rurais através de ferramentas e técnicas acessíveis que aumentam os lucros.

Zewelda *et al* (2019) investigaram os impactos duplos de algumas práticas agrícolas nos rendimentos agrícolas e nos meios de subsistência dos agricultores, considerando terras agrícolas sustentáveis. Os dados foram recolhidos em seis vilarejos no norte da Etiópia entre agosto a novembro 2015 utilizando um questionário padronizado. Foi utilizado um modelo logit multinomial. Os resultados mostraram que todas as práticas agrícolas conjuntas têm efeitos positivos significativos no rendimento das culturas. E que a educação, a oferta de mão-de-obra, os serviços de extensão

agrícola, as atitudes, o capital social, as atitudes de mitigação de riscos, a experiência agrícola e as condições do solo são fatores que afetam significativamente as decisões dos agricultores de adotar as práticas agrícolas sustentáveis.

Suwandaru e Alghambi (2021) examinaram se a agricultura sustentável traz benefícios para o desenvolvimento econômico na Indonésia. Os autores usaram dados de séries temporais do período de 1961 a 2016. Depois, estimaram o modelo autorregressivo de defasagem distribuída para analisar relações dinâmicas entre variáveis. Os resultados do modelo mostraram que o PIB *per capita* e agricultura sustentável têm uma relação de longo prazo positiva e significativa. A variável formação bruta de capital fixo (FBCF) e a variável população rural apresentaram resultados positivos e significativos na análise de longo prazo, mostrando que o capital de desenvolvimento da Indonésia é significativo e impacta positivamente no desenvolvimento e que a população nas áreas rurais teve um papel essencial no PIB. No curto prazo, todas as variáveis mostraram resultados mistos em diferentes defasagens. Para os autores os resultados concluem que as políticas agrícolas estão, em geral, no caminho certo, e que o governo precisa focar mais na burocracia agrícola e fortalecer sua infraestrutura.

Abdallah, Abdul-Rahman e Issahaku (2021) usaram dados do projeto Intensificação da Agricultura de Culturas Alimentares na África Subsaariana (Afrint) e examinaram o impacto da adoção de múltiplas práticas agrícolas sustentáveis (SAPs) nas fazendas entre as famílias rurais africanas. O Afrint foi realizado entre 2007 e 2010 através de procedimento de amostragem em vários estágios. As estratégias de estimativa incluem o modelo multinomial de efeitos de tratamento endógeno. O estudo revela que a adoção conjunta de SAPs aumenta o rendimento agrícola e a segurança alimentar em relação à adoção de uma única prática. Os agregados familiares obtêm rendimento agrícola e segurança alimentar significativamente mais elevados através da adoção de pelo menos três práticas em relação aos agregados familiares que adotam menos de três práticas.

3. MODELO TEÓRICO

3.1. Teoria da produção

Como fundamentação teórica utilizou-se a Teoria da produção na qual a fronteira de produção eficiente é representada matematicamente por uma função de produção, que descreve uma quantidade de saída que um estabelecimento agropecuário pode produzir a partir de determinadas quantidades de entradas usando métodos de produção eficientes (Sandoval, 2015).

Considerando que o estabelecimento agropecuário produz determinado produto Y , que será representado por $Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n)$. Esses fatores podem ser combinados de diversas maneiras, obtendo diferentes tecnologias de produção, que apresentarão respostas diferentes às combinações dos insumos. O produto Y obtido pela combinação de insumos (X_1, X_2, \dots, X_n) , tal que X_1 seja variável, a resposta da quantidade produzida Y a variações na quantidade de X_1 pode ser crescente, constante ou decrescente. Respostas ou retornos de Y a variações em X_1 serão crescentes se um aumento na quantidade de X_1 corresponde a um aumento na quantidade mais que proporcional em Y . Os retornos serão constantes se um aumento na quantidade de X_1 corresponde a um aumento na mesma proporção em Y . E os retornos serão decrescentes se com um aumento de X_1 ocorre aumentos menos que proporcional na quantidade produzida de Y (Castro *et al.*, 2009).

A análise da relação de produção com o fator X_1 é feita através da derivação das curvas de Produto Marginal e Produto Médio. O produto marginal que representa a variação na produção em Y dada uma variação na quantidade de X_1 é definido por

$$PM_a = \frac{dY}{dX_1} \quad (1)$$

Já o produto médio que representa a produção média por unidade de X_1 dada determinada quantidade desse fator e é obtido pela expressão

$$PM_e = \frac{Y}{X_1} \quad (2)$$

O estágio racional de produção é definido através da elasticidade de produção do fator variável X_1 que é definida por

$$\varepsilon_x = \frac{\Delta \% Y}{\Delta \% X} = \frac{dY}{dX} = \frac{X}{Y} \quad (3)$$

Conforme as expressões (1) e (2), a elasticidade da produção pode ser expressa como:

$$\varepsilon_x = \frac{PM_a}{PM_e} \quad (4)$$

A expressão (4) por ser utilizada para definir os estágios de produção. No estágio I, o produto marginal é maior que o produto médio e a elasticidade de produção é maior que 1. Isso indica que a variação de 1% em X_1 leva a variações maiores que 1% na produção, não sendo racional produzir neste estágio já que o aumento da receita é maior que o aumento dos custos. No estágio III, o produto marginal é negativo de maneira que a elasticidade de produção é negativa. Por fim, no estágio II o produto marginal é menor que o produto médio e a elasticidade de produção oscila entre zero e um. Onde variações de 1% na quantidade de insumos causam variações menores que 1% na produção, mas positivas (Castro *et al.*, 2009).

O grau de homogeneidade da função determina o retorno à produção com relação ao uso dos fatores. Seja:

$$Y = y (X_1 * X_2) \quad (5)$$

Se a função é homogênea ao multiplicar os fatores por uma constante t , a função de produção será também multiplicar por t (Castro *et al.*, 2009).

$$t^n Y = y (tX_1 * tX_2) \quad (6)$$

O expoente n determinará o grau de homogeneidade da função, onde funções homogêneas de grau igual à unidade apresentam retornos constantes à escala, as de grau menor que a unidade apresentam retornos decrescentes e as de grau maior que a unidade apresentam retornos crescentes. O grau de homogeneidade é verificado multiplicando-se os fatores por uma constante e verificando a alteração no produto (Castro *et al.*, 2009).

Para funções homogêneas, é possível aplicar o teorema de Euler, segundo o qual a soma da produtividade marginal de cada fator multiplicado pela sua respectiva quantidade é igual ao grau de homogeneidade multiplicado pelo produto:

$$y_1X_1 + y_2X_2 = nY \quad (7)$$

em que y_1 e y_2 representam as produtividades marginais dos fatores X_1 e X_2 respectivamente.

Segundo Fuss, Mcfadden e Mundlak (1978) os principais objetivos relacionados ao estudo de produção que motivaram o desenvolvimento de formas funcionais são:

1. Distribuição - as parcelas de renda dos fatores de produção são importantes na avaliação do processo de crescimento.
2. Escala - a existência de retornos constantes, crescentes ou decrescentes de escala tem implicações agregadas para o crescimento de longo prazo.
3. Substituição - a substitutibilidade é uma questão crítica no comportamento das participações distributivas quando as proporções dos fatores mudam.
4. Separabilidade - a separabilidade é importante para um modelo de produção, pois permite que a análise econométrica seja realizada em termos de subconjuntos do conjunto total de variáveis possíveis.
5. Mudança técnica – modificações da estrutura tecnológica ao longo do tempo, das quais podemos destacar mudança técnica incorporada em fatores de produção.

Fuss, Mcfadden e Mundlak (1978) citam que os critérios para a escolha da forma funcional devem levar em consideração os seguintes aspectos:

1. Parcimônia nos parâmetros – é importante que a forma funcional não possua mais parâmetros do que o necessário considerando as hipóteses mantidas. Se a forma funcional possui parâmetros em excesso podem ocorrer problemas de multicolinearidade, e se a amostra é pequena pode levar a perda de graus de liberdade.
2. Facilidade de interpretação - formas funcionais muito complexas ou cobertas de parâmetros podem conter pressuposições difíceis de serem detectadas, além de tornar difícil o cálculo e avaliação de efeitos econômicos de interesse.
3. Facilidade computacional – a tecnologia computacional torna viável a estimativa direta de formas não lineares.
4. Robustez interpolativa - levando em consideração o intervalo de dados observados, a forma funcional selecionada deve ser bem comportada, exibindo consistência com hipóteses mantidas, como produtos marginais positivos ou convexidade.

5. Robustez extrapolativa – é importante que a forma funcional seja compatível com as hipóteses mantidas fora do intervalo de dados observados, sendo um critério importante para aplicações de previsão.

A função de produção Cobb-Douglas tem a seguinte forma funcional:

$$f(X_1, X_2) = AX_1^a X_2^b \quad (8)$$

em que parâmetro A mede a escala de produção, ou seja, o quanto de produto que obteríamos se utilizássemos uma unidade de cada insumo. Já os parâmetros a e b medem como a quantidade de produção responde as variações dos insumos (Varian, 2012).

Uma mudança tecnológica pode tornar um estabelecimento mais ou menos eficaz na transformação de insumos em produtos. Com isso, um estabelecimento tem maior produtividade do que outro quando produz mais com a mesma quantidade de insumos. Uma melhoria na produtividade desloca a fronteira de produção eficiente deste estabelecimento para cima. Isso corresponde a um aumento no nível de sua função de produção a cada combinação possível de insumos (Bernheim e Whinston, 2008).

Com mais de um insumo, uma diferença de produtividade entre dois estabelecimentos ou uma mudança na produtividade de um determinado estabelecimento ao longo do tempo pode ser geral ou especificamente ligada ao uso de um insumo. As melhorias de produtividade por produtores individuais levam ao crescimento da produtividade em toda a economia. Esses ganhos surgem de investimentos em pesquisa e desenvolvimento (P&D), bem como do aprendizado prático (Bernheim e Whinston, 2008).

A forma funcional Cobb-Douglas permite livre atribuição do nível de produção, retornos de escala e efeitos de parcelas distributivas em um ponto de aproximação. A função Cobb-Douglas é fortemente separável e esta separabilidade possibilita a estimativa consistente em vários estágios, que pode ser o único procedimento viável quando muitas entradas e saídas estão envolvidas (Fuss, Mcfadden e Mundlak, 1978).

As práticas agrícolas serão incorporadas como um componente da função de produção Cobb-Douglas de modo a identificar seu efeito.

4. MODELO EMPÍRICO

4.1. Método dos Mínimos Quadrados Ordinários

Dando prosseguimento, a estimação dos coeficientes do modelo de regressão é feita através do MQO. Para tanto, utilizou-se uma relação funcional de produção como descrita por (Humphrey, 1997 *apud* Neves, Castro e Freitas, 2018), Tem-se:

$$Y_i = f(I_i, K_i, T_i, L_i, PC_i) \quad (9)$$

em que: Y_i é o Valor bruto da produção agropecuária (VBP) em mil reais, L_i é a quantidade de trabalho utilizada, T_i é a área cultivada em hectares, I_i representa o valor em reais do gasto com insumos utilizados, K_i refere-se à quantidade de maquinário utilizada e PC_i é a prática de cultivo utilizada.

O papel da prática de cultivo nesta função não é de fator produtivo direto, mas de teoricamente, atuar como deslocador da função de produção, permitindo aos produtores rurais aumentar a produção ao mesmo tempo que contribui para melhora do meio ambiente (Neves, Castro e Freitas, 2018).

Aplicando o logaritmo, tem-se:

$$\ln Y_i = \ln \alpha + \beta_0 \ln L_i + \beta_1 \ln T_i + \beta_2 \ln I_i + \beta_3 \ln K_i + PC_i + D_S + D_{CO} + D_{SE} + D_{NE} \quad (10)$$

em que: $\ln Y_i$ é o logaritmo do valor bruto da produção; β_i é o parâmetro de retorno de escala para $i = 1,2$ e 3 ; $\ln L_i$ é o logaritmo do trabalho utilizado; $\ln T_i$ é o logaritmo da área cultivada; $\ln I_i$ é o logaritmo do insumo utilizado; $\ln K_i$ é o logaritmo da quantidade de maquinário; PC_i é a prática de cultivo sustentável; D_S é a dummy da região Sul; D_{CO} é a dummy da região Centro-Oeste; D_{SE} é a dummy da região Sudeste e D_{NE} é a dummy da região Nordeste. A partir da equação (10) foram feitas estimativas para as seguintes práticas agrícolas sustentáveis: plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descenso de solos, proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes, estabilização de voçorocas, manejo florestal e prática agrícola agregada. Foram inseridas variáveis dummies

regionais para levar em conta as diferenças regionais no uso das práticas agrícolas sustentáveis, usando a região Norte como referência.

Estimam-se os coeficientes do modelo de regressão múltipla pelo método dos mínimos quadrados ordinários (MQO). Para minimizar a soma dos erros quadráticos escolhem-se as estimativas $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_k$ para os coeficientes $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3, \dots, \beta_k$, tal que

$$\sum_{i=1}^n (Y_i - b_0 - b_1 X_{1i} - b_2 X_{2i} - \dots - b_k X_{ki})^2 \quad (11)$$

é minimizado. Os estimadores que minimizam (11) são, portanto, denotados por $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ e são denominados estimadores de mínimos quadrados ordinários de $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ (Hanck *et al.*, 2023). Para o valor previsto de Y_i dados os regressores e as estimativas $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ tem-se

$$\hat{Y}_i = \hat{\beta}_0 + \hat{\beta}_1 X_{1i} + \dots + \hat{\beta}_k X_{ki} \quad (12)$$

A diferença entre Y_i e seu valor previsto \hat{Y}_i é chamada de resíduo MQO da observação i :

$$\hat{u} = Y_i - \hat{Y}_i \quad (13)$$

A estimativa dos mínimos quadrados dos parâmetros é aquela que produz a menor (ou mínima) soma dos quadrados residuais. O resíduo é a distância entre cada observação e uma linha ajustada. Quando a observação está na linha, então o resíduo é zero e quanto melhor a linha se ajustar os dados, menores serão os resíduos. Os resíduos positivos e negativos são elevados ao quadrado para não se anularem. Como o modelo é linear, isso equivale a minimizar a soma dos erros quadrados (Dismuke e Lindrooth, 2006).

De acordo com o método de mínimos quadrados ordinários pode ocorrer erros na relação entre variáveis dependentes e explicativas. Quando os parâmetros são desconhecidos e a relação entre a variável dependente e a variável explicativa é uma hipótese que precisa ser testada, o método de mínimos quadrados ordinários é útil para estimar esta relação (Dismuke e Lindrooth, 2006).

Segundo Stock e Watson (2020), o estimador MQO é imparcial, é consistente, tem uma variância inversamente proporcional a n e uma distribuição amostral normal quando o tamanho da amostra é grande. Além disso, sob certas condições, o estimador MQO é mais eficiente do que alguns outros estimadores concorrentes. Especificamente, se as suposições de mínimos quadrados forem válidas e se os erros forem homocedásticos, então o estimador MQO tem a menor variância de todos os estimadores condicionalmente imparciais, ou seja, é BLUE.

Pode acontecer de um dos regressores ser uma combinação linear perfeita dos outros regressores e neste caso surge a multicolinearidade perfeita. Já a multicolinearidade imperfeita é gerada quando um dos regressores está altamente correlacionado - mas não perfeitamente correlacionado - com os outros regressores. Ao contrário do que ocorre com a multicolinearidade perfeita, a multicolinearidade imperfeita não impede a estimativa da regressão, nem implica um problema lógico com a escolha dos regressores. No entanto, significa que um ou mais coeficientes de regressão podem ser estimados de forma imprecisa (Stock e Watson, 2020).

4.2. Fonte e tratamento dos dados

No contexto do Censo Agropecuário, práticas agrícolas dizem respeito à proteção ao meio ambiente (IBGE, 2020). Os dados utilizados neste trabalho são provenientes do Censo Agropecuário de 2017 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Conforme o IBGE (2017), o Censo Agropecuário 2017 investigou os estabelecimentos agropecuários e as atividades agropecuárias desenvolvidas, abrangendo informações detalhadas sobre as características do produtor, do estabelecimento, da economia e emprego no meio rural, pecuária, lavoura e agroindústria.

As unidades de análise serão os 5.564 municípios brasileiros, sendo o número máximo de observações. Para estimar a função de produção foi escolhida como variável dependente, o Valor bruto da produção agropecuária em 2017 em mil reais. Os fatores de produção são representados pelas seguintes variáveis:

- ✓ Área cultivada em hectares que engloba as áreas de lavoura, pecuária e agrossilvicultura, uma *proxy* do fator terra;
- ✓ Maquinário que corresponde à quantidade em unidades de tratores,

semeadeiras, plantadeiras, colheitadeiras, adubadeiras e/ou distribuidoras de calcário existentes nos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, uma *proxy* do fator capital;

- ✓ Trabalho utilizado que corresponde à quantidade de homens e mulheres com e sem laço de parentesco com mais de 14 anos ocupada nos estabelecimentos agropecuários, uma *proxy* para trabalho;
- ✓ Insumos utilizados correspondem ao total de Despesas realizadas pelos estabelecimentos agropecuários (mil reais) com arrendamento de terras, contratação de serviços, salários pagos, adubos e corretivos, sementes e mudas, compra de animais, agrotóxicos, medicamentos para animais, sal, ração e outros suplementos, transporte da produção, energia elétrica, compra de máquinas e veículos, combustíveis e lubrificantes, novas culturas permanentes e silvicultura, formação de pastagens e outras despesas, uma *proxy* para insumos.

A variável de interesse, técnica de cultivo, foi selecionada por representar as práticas agrícolas sustentáveis desenvolvidas pelos produtores rurais. E uma forma de representá-la foi considerar a taxa de produtores que adotam cada uma das práticas agrícolas em cada município. As análises descritivas foram elaboradas utilizando o *software R* e as análises econométricas foram geradas através do *software Stata*.

5. RESULTADOS

5.1. Estatística descritiva das variáveis

Nesta seção serão apresentadas as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no trabalho, dividindo a análise pelas macrorregiões brasileiras. Conforme a Tabela 1, na média, o Valor bruto da produção (VBP) dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Centro-Oeste (R\$ 267.972.212) e da região Sul (R\$ 102.618.028) são maiores que o VBP médio dos estabelecimentos dos municípios brasileiros (R\$ 83.203.005). Os coeficientes de variação são bem altos e indicam uma heterogeneidade dos dados, destaque para o coeficiente dos estabelecimentos dos municípios da região Nordeste (334%) que está acima do coeficiente de variação do VBP dos estabelecimentos dos municípios brasileiros no total (203%).

Dando prosseguimento, nota-se que as quantidades médias em unidades de maquinário dos municípios da região Centro-Oeste (679) e da região Sul (782) são

maiores que a quantidade média em unidades de maquinário dos estabelecimentos do total de municípios brasileiros (375). O coeficiente de variação dos municípios da região Nordeste é de 243%, sendo maior que o coeficiente de variação dos municípios brasileiros (156%). Em relação à quantidade média de unidades de trabalho, os estabelecimentos dos municípios das regiões Norte e Nordeste apresentam as maiores médias, 3.556 e 4.467 indivíduos, respectivamente, em comparação com a média dos estabelecimentos do total de municípios brasileiros de 2.718 pessoas.

Quanto à área cultivada, pode-se dizer que, em média, os estabelecimentos dos municípios das regiões Centro-Oeste e Norte possuem os maiores valores, 239.838 e 144.919 hectares, respectivamente, quando comparado ao valor médio dos estabelecimentos brasileiros (63.216). Na média, os estabelecimentos dos municípios das regiões Centro-Oeste, Sul e Sudeste apresentaram os maiores valores de insumos utilizados (R\$ 179.539.927, R\$ 66.959.073 e R\$ 63.850.599) em comparação com o total de estabelecimentos brasileiros (R\$ 58.941.067). Já os coeficientes de variação dos insumos utilizados dos estabelecimentos dos municípios da região Nordeste (354%) e Norte (216%) são maiores que o coeficiente de variação dos municípios brasileiros (214%).

Em relação à técnica de plantio em nível, as maiores médias em percentagem dos estabelecimentos dos municípios encontram-se nas regiões Sudeste (24%) e Sul (20%) em comparação com a média dos estabelecimentos dos municípios brasileiros no total (14%). Todavia, em relação aos coeficientes de variação, observa-se que os municípios das regiões Nordeste e Norte possuem os maiores valores (247% e 301%, respectivamente), em comparação com o total dos municípios brasileiros (150%), indicando uma maior dispersão dos dados em relação à média para estas regiões.

Quanto a técnica de rotação de cultura tem-se que a média dos estabelecimentos dos municípios da região Sul (44%) é maior em relação à média dos estabelecimentos dos municípios brasileiros (21%). Já os maiores coeficientes de variação pertencem aos s municípios das regiões Centro-Oeste (117%), Nordeste (125%) e Norte (127%).

A técnica de pousio ou descanso de solos tem os estabelecimentos dos municípios das regiões Nordeste (17%) e Sudeste (14%) com as maiores médias de utilização da técnica em comparação a média dos estabelecimentos dos municípios brasileiros (13%). Quanto ao coeficiente de variação, os maiores valores são da região Centro-Oeste (132%) e Norte (147%), quando se leva em consideração a média dos estabelecimentos dos municípios brasileiros totais (113%).

Ademais, os maiores valores médios de utilização da técnica de proteção e/ou conservação de encostas, em com comparação com a média dos estabelecimentos dos municípios brasileiros (6%), pertencem aos estabelecimentos dos municípios das regiões Sudeste (8%) e Sul (10%) respectivamente. Contudo, os coeficientes de variação das regiões Nordeste (301%) e Norte (257%) são maiores do que o coeficiente de variação brasileiro.

As maiores médias de utilização da técnica recuperação de mata ciliar, em relação à média dos estabelecimentos totais (4%), referem-se aos estabelecimentos encontrados nas regiões Centro-Oeste (4%), Sudeste (6%) e Sul (6%). E os maiores coeficientes de variação de utilização da técnica recuperação de mata ciliar da remetem aos estabelecimentos das regiões Nordeste (427%) e Norte (313%). O mesmo ocorre para a técnica de reflorestamento para proteção de nascentes, cujos maiores valores médios de utilização da prática são dos estabelecimentos dos municípios da região Sudeste (6%) e da região Sul (5%), versus a média de utilização da prática dos estabelecimentos dos municípios brasileiros (4%). E são encontrados os maiores valores de coeficientes de variação de utilização da prática de reflorestamento para proteção de nascentes nos estabelecimentos dos municípios das regiões Nordeste (480%) e Norte (249%), em relação ao coeficiente de variação de utilização do total de estabelecimentos brasileiros (188%).

Na sequência tem-se que a média de utilização da prática estabilização de voçorocas das regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul foi de aproximadamente 2% em relação aos estabelecimentos dos municípios brasileiros (1%), e os valores do coeficiente de variação das regiões Nordeste (601%) e Norte (488%) são mais altos do que o coeficiente de variação brasileiro (286%).

No caso do manejo florestal, as maiores médias são encontradas nos estabelecimentos dos municípios das regiões Norte (3%), Sudeste (2%) e Sul (3%), dentre a média de estabelecimentos dos municípios brasileiros. Contudo, os valores mais altos dos coeficientes de variação são observados nas regiões Nordeste (489%) e Norte (296%), superando coeficiente de variação do Brasil (269%). Por fim, as regiões Sul e Sudeste apresentaram as maiores médias de utilização da variável prática agrícola agregada (120% e 90%, respectivamente), com ambos os resultados maiores que a média nacional (83%), em que a região Sul apresentou o menor coeficiente de variação (49%).

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no estudo por municípios brasileiros, 2017.

		Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul	Brasil
Valor Bruto da Produção	Média	267.972.212	29.860.073	69.021.682	78.757.850	102.618.028	83.203.005
	Desvio padrão	407.566.451	99.939.203	88.781.243	119.571.840	114.221.650	169.513.454
	Coeficiente de variação (%)	152	334	129	151	111	203
Maquinário (Unidades)	Média	679	72	191	346	782	375
	Desvio padrão	767	175	220	479	770	584
	Coeficiente de variação (%)	113	243	115	139	98	156
Unidade de trabalho (Pessoas)	Média	2.548	3.556	4.467	1.924	1.967	2.718
	Desvio padrão	2.248	3.413	4.741	2.034	1.750	2.945
	Coeficiente de variação (%)	88	96	106	106	89	108
Área cultivada (hectares)	Média	239.838	39.539	144.919	36.392	36.029	63.216
	Desvio padrão	337.973	65.110	196.515	51.474	57.718	138.881
	Coeficiente de variação (%)	140	165	136	141	160	220
Insumos utilizados (R\$)	Média	179.539.927	21.513.603	43.632.733	63.850.599	66.959.073	58.941.067
	Desvio padrão	270.004.995	76.048.470	94.077.558	118.370.793	76.622.712	125.866.304
	Coeficiente de variação (%)	150	354	216	185	114	214
Plantio em nível (%)	Média	0,103	0,027	0,022	0,244	0,205	0,136
	Desvio padrão	0,120	0,066	0,066	0,241	0,231	0,203
	Coeficiente de variação (%)	116	247	301	99	113	150
Rotação de culturas (%)	Média	0,110	0,137	0,096	0,180	0,437	0,209
	Desvio padrão	0,128	0,171	0,122	0,168	0,245	0,219
	Coeficiente de variação (%)	117	125	127	93	56	105
Pousio ou descanso de solos (%)	Média	0,070	0,163	0,095	0,135	0,129	0,134
	Desvio padrão	0,092	0,180	0,140	0,135	0,134	0,151
	Coeficiente de variação (%)	132	110	147	100	104	113

Proteção e/ou conservação de encostas (%)	Média	0,056	0,009	0,034	0,075	0,104	0,055
	Desvio padrão	0,078	0,027	0,087	0,099	0,132	0,097
	Coeficiente de variação (%)	140	301	257	132	127	176
Recuperação de mata ciliar (%)	Média	0,038	0,008	0,019	0,058	0,061	0,038
	Desvio padrão	0,055	0,035	0,058	0,079	0,100	0,074
	Coeficiente de variação (%)	144	427	313	136	163	195
Reflorestamento para proteção de nascentes (%)	Média	0,037	0,006	0,013	0,061	0,052	0,035
	Desvio padrão	0,053	0,027	0,033	0,077	0,084	0,067
	Coeficiente de variação (%)	144	480	249	127	161	188
Estabilização de voçorocas (%)	Média	0,015	0,002	0,002	0,020	0,016	0,011
	Desvio padrão	0,033	0,013	0,010	0,041	0,040	0,033
	Coeficiente de variação (%)	227	601	488	207	254	286
Manejo florestal (%)	Média	0,009	0,006	0,030	0,019	0,034	0,018
	Desvio padrão	0,014	0,028	0,090	0,042	0,061	0,049
	Coeficiente de variação (%)	151	489	296	220	179	269
Prática Agrícola Agregada	Média	0,540	0,667	0,573	0,904	1,197	0,833
	Desvio padrão	0,397	0,339	0,365	0,543	0,583	0,523
	Coeficiente de variação (%)	74	51	64	60	49	63

N = número de municípios; Centro-Oeste (N = 467); Nordeste (N = 1793); Norte (N = 450); Sudeste (N = 1662) e Sul (N = 1191)

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A Tabela 2 apresenta a média do número de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total. No caso da técnica de plantio em nível, a região Centro-Oeste apresenta a maior média no grupo de área de 100 a menos de 10.000 hectares. Já as maiores médias das regiões Sul, Sudeste, Nordeste e Norte encontram-se no grupo de área de 5 a menos de 100 hectares. Para a técnica de rotação de culturas, as maiores médias de todas as regiões se enquadram no grupo de área de 5 a menos de 100 hectares. Assim como a técnica de pousio ou descanso de solos que também possui as maiores médias de todas as regiões no grupo de área de 5 a menos de 100 hectares.

Do mesmo modo que a técnica de plantio em nível, a prática de proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar e reflorestamento e proteção de nascentes possuem as maiores médias da região Centro-Oeste no grupo de área de 100 a menos de 10.000 hectares. E as demais regiões brasileiras mantêm as maiores médias no grupo de área de 5 a menos de 100 hectares. Quanto a prática de estabilização de voçorocas, as regiões Sul e Sudeste apresentam as maiores médias no grupo de 5 a menos de 100 hectares. E a técnica de manejo florestal tem as maiores médias das regiões Norte, Sudeste e Sul no grupo de 5 a menos de 100 hectares.

Nota-se que, na média, grande parte dos estabelecimentos agropecuários que fazem uso das práticas agrícolas sustentáveis possuem área entre 5 a menos de 100 hectares quando se leva em consideração, principalmente, as regiões Norte, Nordeste, Sul e Sudeste.

Murendo *et al.* (2016) verificaram que à medida que o tamanho da propriedade aumentava, aumentava a probabilidade de adoção de algumas práticas agrícolas sustentáveis como: lavoura de Inverno, da plantação escalonada e de variedades tolerantes à seca. Mutyasira, Hoag e Pendell (2018) citaram que 23,2% dos agricultores revelaram que a disponibilidade de terras teve influência na hora de adotar as práticas agrícolas sustentáveis nas suas explorações agrícolas.

Tabela 2 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo grupo de área total, 2017.

Técnica	Região	Mais de 0 a menos de 1 hectares	De 1 a menos de 5 hectares	De 5 a menos de 100 hectares	De 100 a menos de 10000 hectares	De 10.000 hectares e mais	Produtor sem área
Plantio em nível	Centro-Oeste	0	4	31	33	1	0
	Nordeste	5	11	13	2	0	0
	Norte	2	4	12	4	0	0
	Sudeste	3	28	83	19	0	0
	Sul	3	14	103	16	0	0
Rotação de culturas	Centro-Oeste	2	10	36	28	1	0
	Nordeste	30	60	68	7	0	2
	Norte	10	23	62	17	0	1
	Sudeste	6	24	56	13	0	0
	Sul	8	46	251	27	0	0
Pousio ou descanso dos solos	Centro-Oeste	1	5	23	20	1	0
	Nordeste	33	69	98	11	0	3
	Norte	11	32	67	16	0	1
	Sudeste	3	15	45	11	0	0
	Sul	2	13	71	9	0	0
Proteção e/ou conservação de encostas	Centro-Oeste	0	1	15	19	1	0
	Nordeste	0	1	5	2	0	0
	Norte	0	1	21	10	0	0
	Sudeste	0	4	23	9	0	0
	Sul	0	7	63	10	0	0
Recuperação de mata ciliar	Centro-Oeste	0	1	11	12	1	0
	Nordeste	0	1	4	2	0	0
	Norte	0	1	13	6	0	0
	Sudeste	0	3	15	7	0	0
	Sul	0	4	29	6	0	0

	Centro-Oeste	0	1	10	11	0	0
Reflorestamento e proteção de nascentes	Nordeste	0	1	3	1	0	0
	Norte	0	1	10	6	0	0
	Sudeste	0	3	19	8	0	0
	Sul	0	3	27	5	0	0
Estabilização de voçorocas	Centro-Oeste	0	0	3	6	0	0
	Nordeste	0	1	1	0	0	0
	Norte	0	1	1	1	0	0
	Sudeste	0	1	5	3	0	0
Manejo Florestal	Sul	0	1	7	3	0	0
	Centro-Oeste	0	1	3	3	0	0
	Nordeste	0	1	3	1	0	0
	Norte	14	24	31	5	0	1
	Sudeste	0	1	4	2	0	0
	Sul	0	3	18	3	0	0

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

A Tabela 3 apresenta a média de número de estabelecimentos agropecuários por orientação técnica recebida. Em relação à técnica de plantio em nível, as maiores médias do número de estabelecimentos das regiões Sul (94) e Centro-Oeste (36) pertencem ao grupo dos que recebem orientação técnica. No caso da técnica de pousio ou descanso de solos as maiores médias do número de estabelecimentos que não recebem orientação técnica estão nas regiões Nordeste (190), Norte (109) e Sudeste (46).

Quanto à técnica proteção e/ou conservação de encostas, as regiões Sul e Sudeste têm as maiores médias do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica. Dando prosseguimento, a técnica rotação de culturas apresenta a maior média do número de estabelecimentos da região Sul (205) recebendo orientação técnica. Já a técnica de recuperação de mata ciliar mostra que as regiões Sul (27), Sudeste (14) e Centro-Oeste (13) possuem as maiores médias do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica.

Por sua vez, a técnica de reflorestamento e proteção de nascentes mostra que a região Sul se destaca por apresentar a maior média do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica. Ao mesmo tempo, a técnica de estabilização de voçorocas revela que as regiões Sul (8), Centro-Oeste (6) e Sudeste (5) têm as maiores médias no grupo dos que recebem orientação técnica. Por fim, a técnica de manejo florestal salienta que a região Sul (70) apresenta a maior média do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica.

Conforme Burton *et al.* (1998) a probabilidade de adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis quase dobra se o produtor utiliza o serviço de extensão orgânica como fonte de informação ou recebe informação de associações de produtores. Conforme Fortini (2017) a presença de assistência técnica aumenta a possibilidade de adoção das práticas conservacionistas, pois orienta e os capacita no uso dessas práticas.

Mutyasira, Hoag e Pendell (2018) citaram que 38,5% dos agricultores revelaram que o acesso ao conhecimento e aconselhamento agrícola influenciariam as suas decisões de implementar práticas agrícolas sustentáveis nas suas explorações agrícolas. Conforme Suwandaru e Alghamdi (2021) a variável assistência técnica apresentou resultado negativo corroborou com o resultado de Phiri (2017, *apud* Suwandaru e Alghamdi, 2021) que afirmou que quando a assistência técnica é trabalhada em diversas organizações de campo torna-se complexa.

Tabela 3 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo orientação técnica recebida, 2017.

		Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Plantio em nível	Recebe	36	5	4	58	94
	Não recebe	33	27	18	75	42
Pousio ou descanso de solos	Recebe	25	23	18	28	56
	Não recebe	24	190	109	46	39
Proteção e/ou conservação de encostas	Recebe	18	3	7	19	52
	Não recebe	18	6	26	18	29
Rotação de culturas	Recebe	38	18	18	37	205
	Não recebe	39	149	95	61	127
Recuperação de mata ciliar	Recebe	13	2	6	14	27
	Não recebe	12	5	15	12	13
Reflorestamento e proteção de nascentes	Recebe	11	1	5	15	23
	Não recebe	12	3	12	15	12
Estabilização de voçorocas	Recebe	6	1	1	5	8
	Não recebe	3	2	2	4	3
Manejo florestal	Recebe	4	1	6	4	12
	Não recebe	3	4	70	4	12

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

A Tabela 4 mostra a média do número de estabelecimentos agropecuários segundo a escolaridade do produtor. Em relação à técnica de plantio em nível, a maior média do número de estabelecimentos agropecuários, em relação à região Centro-Oeste, está no grupo dos produtores que possuem o nível superior. Já a maior média da região Nordeste refere-se ao grupo dos produtores que nunca frequentou a escola, e a maior média da região Norte pertence aos que possuem o 1º grau, assim como as maiores médias das regiões Sul e Sudeste estão no grupo dos que têm o antigo primário (elementar).

Bem como a técnica de pousio ou descanso de solos onde a maior média do número de estabelecimentos agropecuários segundo a escolaridade do produtor em relação à região Centro-Oeste também consta no grupo dos produtores que possuem o nível superior, a maior média da região Nordeste refere-se ao grupo dos produtores que possuem o nível de classe de alfabetização, a maior média da região Norte são dos que possuem o 1º grau e as maiores médias das regiões Sul e Sudeste estão no grupo dos que têm o antigo primário (elementar).

Já a prática de proteção e conservação de encostas, tem as maiores médias das regiões Sul e Sudeste no grupo dos agricultores que grupo dos que têm o antigo primário (elementar). Quanto à técnica de rotação de culturas, a maior média em relação à região Centro-Oeste está

no grupo dos produtores que possuem o 2º grau. A maior média da região Norte da prática de recuperação de mata ciliar pertence ao grupo dos produtores que possuem antigo primário (elementar). Assim como, a técnica de reflorestamento e proteção de nascentes cujas maiores médias das regiões Sul, Sudeste e Norte estão no grupo dos agricultores que têm o antigo primário (elementar).

Do mesmo modo que a prática de estabilização de voçorocas apresenta sua maior média para a região Sul na faixa dos produtores com o antigo primário (elementar). E por fim, a técnica de manejo florestal cuja maior média para a região Norte se enquadra na faixa dos que possuem o 1º grau. Observa-se que a maior média do número de estabelecimentos agropecuários segundo a escolaridade se enquadra no grupo dos produtores que possuem pouca escolaridade.

Alcantara *et al.* (2021) encontraram uma relação direta das despesas municipais com educação com o Valor Adicionado Bruto da Agropecuária no estado do Paraná refletindo em aumentos no Valor Adicionado Bruto da Agropecuária. Já Burton *et al.* (1998) mencionaram que a probabilidade de adoção de tecnologias agrícolas sustentáveis aumenta em mais de quatro vezes se o produtor possui o segundo grau.

D'Souza, Cyphers e Phipps (1993) citaram a probabilidade de adoção de sistemas de agricultura sustentável aumenta em 20% se o produtor possuir pelo menos o ensino médio. Fortini (2017) discorreu que a educação torna o indivíduo mais aberto a mudanças, que pode fazer com que ele tenha condições de avaliar o risco ao adotar as práticas conservacionistas. Por outro lado, ao levar em conta os conhecimentos adquiridos por antepassados pode fazer com que os produtores se tornem resistentes à adoção de práticas conservacionistas.

Sene e Bacha (2022) citaram que produtores mais escolarizados tendem a acreditar que produzir por meio da monocultura seja economicamente mais vantajoso do que adotar Sistemas Agroflorestais.

Tabela 4 - Média do número de estabelecimentos agropecuários por região e segundo a escolaridade do produtor, 2017.

Técnicas de cultivo	Região	Nunca frequentou escola	CA	AJA	Antigo primário (elementar)	Antigo ginásial (médio 1º ciclo)	Regular do ensino fundamental ou 1º grau	supletivo do ensino fundamental ou do 1º grau	EJA e supletivo do ensino fundamental ou do 1º grau	Antigo científico, clássico, etc. (médio 2º ciclo)	Regular de ensino médio ou 2º grau	Técnico de ensino médio ou do 2º grau	EJA e supletivo do ensino médio ou do 2º grau	Superior - graduação	Mestrado ou doutorado
Plantio em nível	CO	3	2	0	14	6	7	0	1	14	2	0	17	1	
	NE	7	6	1	5	1	5	0	0	3	0	0	0	1	0
	N	3	3	0	4	1	5	0	0	3	0	0	0	1	0
	SU	6	3	0	43	10	22	0	1	21	4	0	0	19	1
	S	3	2	0	49	14	25	1	1	24	3	0	0	11	1
Pousio ou descanso dos solos	CO	2	2	0	9	4	7	0	0	10	2	0	11	1	
	NE	45	47	5	35	8	41	1	1	21	2	0	5	0	
	N	19	16	2	20	6	38	1	0	18	2	0	4	0	
	SU	6	4	1	22	5	14	0	1	10	2	0	8	1	
	S	3	2	0	39	8	19	0	0	13	2	0	7	0	
Proteção e conservação de encostas	CO	1	1	0	7	3	4	0	0	7	1	0	9	1	
	NE	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	N	4	3	0	8	1	8	0	0	5	1	0	3	0	
	SU	1	1	0	10	2	5	0	0	6	1	0	7	1	
	S	2	1	0	32	7	16	0	0	12	2	0	7	0	
Rotação de culturas	CO	5	4	0	15	6	11	0	1	16	3	0	14	1	
	NE	35	34	4	29	7	32	1	1	18	2	0	4	0	
	N	17	14	2	18	4	32	1	0	17	2	0	5	0	
	SU	8	4	1	29	7	20	0	1	14	3	0	10	1	
	S	9	6	1	136	31	71	1	1	48	6	1	19	1	
Recuperação de mata ciliar	CO	1	1	0	5	2	2	0	0	5	1	0	7	0	
	NE	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0	
	N	2	2	0	5	1	4	0	0	3	0	0	2	0	

	SU	1	0	0	7	2	3	0	0	4	1	0	6	1
	S	1	1	0	15	4	5	0	0	7	1	0	5	0
	CO	1	1	0	4	2	2	0	0	4	1	0	6	0
Reflorestamento e proteção de nascentes	NE	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	0
	N	2	1	0	5	1	3	0	0	3	0	0	2	0
	SU	1	1	0	8	2	4	0	0	5	1	0	6	1
	S	1	1	0	14	3	5	0	0	6	1	0	3	0
	CO	0	0	0	1	1	1	0	0	2	0	0	4	0
Estabilização de voçorocas	NE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	N	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
	SU	0	0	0	2	1	1	0	0	1	0	0	2	0
	S	0	0	0	4	1	2	0	0	2	0	0	2	0
	CO	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	2	0
Manejo florestal	NE	1	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0
	N	12	11	2	11	1	26	1	0	7	0	0	2	0
	SU	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	2	0
	S	0	0	0	10	2	4	0	0	4	1	0	3	0

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

Nota: EJA - educação de jovens e adultos; CA- Classe de alfabetização; Alfabetização de jovens e adultos - AJA; CO - Centro-Oeste; NE - Nordeste; N - Norte; SE - Sudeste; S - Sul.

A Tabela 5 mostra o percentual de estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros por região que utilizam as práticas agrícolas sustentáveis. A região Sudeste apresenta o maior percentual de estabelecimentos agropecuários que praticam o plantio em nível (4,3%). O maior percentual dos estabelecimentos que fazem uso da prática de rotação de culturas está na região Sul (7,8%). Já o maior percentual dos estabelecimentos que praticam a técnica de pousio ou descanso de solos pertence à região Nordeste (7,5%). Os maiores percentuais dos estabelecimentos que utilizam a técnica de proteção e conservação de encostas estão nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte todos com 0,3% de participação.

Em relação à técnica de recuperação de mata ciliar, o maior percentual de participação é da região Sul (0,9%). No caso da técnica de reflorestamento para proteção de nascentes o maior percentual de uso de técnica ocorre na região Sudeste (1,0%). As regiões Sudeste e Sul apresentam os maiores percentuais de utilização da técnica de estabilização de voçorocas com 0,3% para ambas. O manejo florestal é uma técnica que possui o maior percentual de uso na região Norte (0,7%). Observa-se que a região Nordeste apresenta o maior percentual dos estabelecimentos agropecuários que fazem uso de algum tipo de técnica agrícola sustentável respondendo pelo total de 31,1%.

Tabela 5 - Percentual dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros por região que utilizam práticas agrícolas sustentáveis, 2017.

Região	Centro-Oeste	Nordeste	Norte	Sudeste	Sul
Plantio em nível	0,6%	1,1%	0,2%	4,3%	3,2%
Rotação de culturas	0,7%	5,9%	1,0%	3,2%	7,8%
Pousio ou descanso de solos	0,5%	7,5%	1,1%	2,4%	2,2%
Proteção e conservação de encostas	0,3%	0,3%	0,3%	1,2%	1,9%
Recuperação de mata ciliar	0,2%	0,2%	0,2%	0,8%	0,9%
Reflorestamento para proteção de nascentes	0,2%	0,2%	0,2%	1,0%	0,8%
Estabilização de voçorocas	0,1%	0,1%	0,0%	0,3%	0,3%
Manejo florestal	0,1%	0,2%	0,7%	0,2%	0,6%
Prática agrícola agregada	3,4%	31,1%	6,8%	15,9%	20,5%

Fonte: Elaboração própria com dados do IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

5.2. Modelos para práticas agrícolas sustentáveis

Para verificar os efeitos das práticas agrícolas sustentáveis sobre o Valor bruto da produção agropecuária foram incorporadas, no modelo de regressão múltipla, além das variáveis de controle corroboradas pela teoria da função de produção, variáveis explicativas qualitativas (*dummy*) para representarem as cinco regiões brasileiras. Cada prática agrícola sustentável será analisada separadamente. As estimações para cada modalidade de prática agrícola sustentável serão realizadas através da equação (10) utilizando-se o Método dos Mínimos Quadrados Ordinários.

A Tabela 6 apresenta os resultados do modelo de MQO para os fatores que influenciam a adoção de práticas agrícolas sustentáveis entre os agricultores dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros. Os R^2 de cada uma das regressões são substancialmente elevados, sugerindo que a multicolinearidade realmente existe e que afeta as estimativas. Foi aplicada uma transformação logarítmica nos dados para ajudar a estabilizar a variância.

A variável prática agrícola agregada representa a soma das práticas agrícolas sustentáveis (plantio em nível, pousio ou descanso de solos, rotação de culturas, proteção e ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, manejo florestal, reflorestamento e proteção de nascentes e estabilização de voçorocas).

Os resultados gerais da Tabela 6 mostram que a adoção de quatro práticas agrícolas sustentáveis (Plantio em nível, Pousio, Rotação de culturas, Prática agrícola agregada) apresentou coeficientes estatisticamente significativos no Valor da produção agrícola. Em relação ao pacote tecnológico adotado (maquinário, trabalho, área cultivada e insumos) todos os coeficientes apresentaram efeitos significativos no Valor da Produção. Por fim, somente o coeficiente da variável *dummy* Centro-Oeste não apresentou valor estatisticamente significativo em relação ao Valor da Produção.

Tabela 6 - Efeito das práticas agrícolas sustentáveis no valor da produção dos municípios brasileiros, 2017.

		Variável Y = Valor bruto da produção									
		Maquinário	Unidade de trabalho	Área cultivada	Insumos utilizados	Técnica de cultivo	Sul (dummy)	Centro-Oeste (dummy)	Sudeste (dummy)	Nordeste (dummy)	Constante
Plantio em nível	Coef.	0,155***	0,094***	0,051***	0,685***	0,306***	-0,153***	-0,033 NS	-0,224***	-0,252***	1,734***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,288	0,000	0,000	0,000
Pousio ou descanso de solos	Coef.	0,164***	0,086***	0,038***	0,699***	-0,112***	-0,140***	-0,040 NS	-0,182***	-0,238***	1,777***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,007	0,000	0,204	0,000	0,000	0,000
Proteção conservação de encostas	Coef.	0,163***	0,083***	0,040***	0,702***	-0,104 NS	-0,137***	-0,040 NS	-0,183***	-0,245***	1,757***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,114	0,000	0,210	0,000	0,000	0,000
Recuperação de mata ciliar	Coef.	0,162***	0,085***	0,040***	0,700***	0,045 NS	-0,141***	-0,038 NS	-0,185***	-0,244***	1,751***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,632	0,000	0,232	0,000	0,000	0,000
Reflorestamento e proteção de nascentes	Coef.	0,162***	0,084***	0,040***	0,701***	-0,008 NS	-0,140***	-0,038 NS	-0,184***	-0,244***	1,753***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,926	0,000	0,229	0,000	0,000	0,000
Estabilização de voçorocas	Coef.	0,162***	0,086***	0,040***	0,700***	0,150 NS	-0,141***	-0,038 NS	-0,187***	-0,245***	1,755***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,344	0,000	0,225	0,000	0,000	0,000
Manejo florestal	Coef.	0,162***	0,085***	0,040***	0,700***	0,244 NS	-0,142***	-0,035 NS	-0,183***	-0,239***	1,743***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,234	0,000	0,268	0,000	0,000	0,000
Rotação de culturas	Coef.	0,156***	0,084***	0,046***	0,700***	0,138***	-0,167***	-0,032 NS	-0,184***	-0,249***	1,709***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,310	0,000	0,000	0,000
Práticas agrícolas agregadas	Coef.	0,158***	0,082***	0,047***	0,698***	0,101***	-0,157***	-0,028 NS	-0,195***	-0,254***	1,689***
	P> t	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,376	0,000	0,000	0,000

$R^2 = 0,9018$ - plantio em nível; $R^2 = 0,9006$ - rotação de culturas; $R^2 = 0,9004$ - pousio ou descanso dos solos; $R^2 = 0,9003$ - proteção e conservação de encostas; $R^2 = 0,9003$ - recuperação de mata ciliar; $R^2 = 0,9003$ - reflorestamento e proteção de nascentes; $R^2 = 0,9003$ - estabilização de voçorocas; $R^2 = 0,9003$ - manejo florestal e $R^2 = 0,9007$ - práticas agrícolas agregadas.

Fonte: Elaboração própria.

Nota: * Significativo a 10%; ** Significativo a 5%; *** Significativo a 1%; NS – Não Significativo.

5.2.1. Plantio em nível

O coeficiente de elasticidade da técnica de cultivo plantio em nível foi significativo e positivo e indica que a cada aumento de 1% no número de estabelecimentos agropecuários que utilizam a técnica de cultivo ocorre um aumento de 0,306% no Valor bruto da produção agropecuária. Os retornos de escala, que representam a soma das elasticidades de produção dos fatores de produção indicaram retornos constantes de escala (0,985). De acordo com os resultados, os fatores de produção estão sendo utilizados de maneira racional, já que se encontram inseridos no segundo estágio de produção.

O aumento de 1% nos insumos utilizados levou a um aumento de 0,685% no Valor bruto da produção (VBP). Da mesma forma, mantendo constantes os fatores insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada, um aumento de 1% no maquinário gerou um aumento de 0,155% no VBP. De maneira semelhante, um aumento de 1% na unidade de trabalho deu origem a um aumento de 0,094% no VBP, mantendo-se constantes os fatores insumos utilizados, área cultivada e maquinário. Assim como um aumento de 1% na área cultivada levou a um aumento de 0,051% no VBP, mantendo-se constantes os demais fatores de produção.

Os resultados fornecem estimativas estatisticamente significativas para os coeficientes das regiões Sul, Nordeste e Sudeste. Isto sugere que há uma diferença estatística significativa nas taxas médias do VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios destas regiões em relação aos dos da região Norte. O efeito no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte e que utilizam a prática de plantio em nível é dado pela constante e é igual a 1,734. Os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sudeste têm um VBP de -0,224 unidades inferiores ao dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Nordeste têm um VBP de -0,252 unidades a menos que os da região Norte e, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sul têm um VBP -0,153 unidades a menos do que apenas os dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte. Os efeitos finais são: região Norte é 1,734, região Sul é de 1,581, região Sudeste é 1,51 e região Nordeste é 1,482. As taxas médias do VBP na região Norte podem ser mais altas por vários motivos.

As regiões Sudeste e Sul apresentam os maiores percentuais de estabelecimentos agropecuários que praticam o plantio em nível (4,3% e 3,2%) respectivamente, de acordo com a Tabela 5.

Conforme Tabela 2 e em relação à técnica de cultivo de plantio em nível, a maior média de número de estabelecimentos está no grupo de área entre 5 a 100 hectares para todas as regiões brasileiras, exceto a região Centro-Oeste. Além disso, a maior média de número de estabelecimentos agropecuários das regiões Sudeste, Nordeste e Norte figura no grupo dos que não recebem orientação técnica, conforme Tabela 3. Bem como, a maior média do número de estabelecimentos agropecuários das regiões Sul e Sudeste, consta no grupo dos produtores que possuem o antigo primário (elementar), no grupo dos produtores que nunca frequentou a escola para a região Nordeste e no grupo dos produtores que possuem o ensino fundamental ou 1º grau para a região Norte, segundo Tabela 4. Esses resultados encontrados podem ter impactado negativamente no crescimento do VBP quando relacionado aos coeficientes das *dummies* regionais.

Este resultado corrobora com o que foi encontrado por Aquino *et al.* (2020). Os autores citaram que o alto índice de analfabetismo é um grave problema social que impacta negativamente e pode comprometer a produtividade agrícola, ao limitar a absorção de novas técnicas de cultivo agrícola, assim como ajuda a explicar a precariedade das condições de reprodução social de parcela expressiva dos agricultores brasileiros, especialmente na Região Nordeste. A falta de orientação técnica especializada aos produtores prejudica o aprimoramento da gestão do empreendimento e a consequente melhora do desempenho das lavouras e rebanhos.

Segundo Milne (2001), a técnica de plantio em nível mais a técnica de cobertura de palha aumentou significativamente o rendimento de grãos em 50,3% em comparação com a técnica de tratamento de encosta ($P < 0,05$). O plantio em curvas de nível reduz o risco de erosão, pois facilita o depósito de partículas soltas do solo ao longo das curvas de nível, postergando o escoamento e permitindo que a água coletada tenha mais tempo para penetrar profundamente na terra, o que aumenta a capacidade de retenção e utilização da água (Almeida *et al.*, 2001 *apud* Tham-Agyekum *et al.*, 2023).

5.2.2. Pousio ou descanso de solos

A técnica de cultivo pousio ou descanso de solos apresentou coeficiente de elasticidade significativo, mas com sinal negativo. Isso indica que a cada aumento de 1% no número de estabelecimentos agropecuários que utilizam a técnica de cultivo ocorre uma redução de -0,112% no Valor bruto da produção (VBP) agropecuária. Pode-se inferir que essa redução se deve ao tempo que a terra fica indisponível para o cultivo, o que impacta na

geração de receita para os produtores. A soma das elasticidades de produção dos fatores de produção da técnica pousio é igual a (0.987) é de natureza constante.

Os coeficientes de elasticidade dos fatores de produção insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram 0.699, 0.164, 0.086 e 0.038. Para um aumento de 1% dos insumos utilizados ocorrerá um aumento de 0,699% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, mantendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Assim como um aumento de 1% do maquinário levará a um aumento de 0,164% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. O mesmo ocorre para um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,086% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. E um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,038% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

Os resultados fornecem estimativas estatisticamente significativas para os coeficientes das regiões Sul, Nordeste e Sudeste e sugerem que ocorre uma diferença estatística significativa nas taxas médias do VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios destas três regiões em relação aos dos da região Norte. A constante igual a 1,777 marca o efeito no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte e que utilizam a prática de pousio ou descanso de solos. Os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sudeste têm um VBP de -0,182 unidades inferiores ao dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Nordeste têm um VBP de -0,238 unidades a menos que os da região Norte e, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sul têm um VBP -0,140 unidades a menos do que apenas os dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte. Os efeitos finais são: região Norte é 1,777, região Sul é de 1,637, região Sudeste é 1,595 e região Nordeste é 1,539.

Essas variáveis binárias regionais refletem características potenciais de cada região individualmente que afetam as estimativas das elasticidades do VBP e que não são captadas por outras variáveis, relativamente à região de referência (Norte). A técnica de cultivo pousio requer que uma parte da área da propriedade fique em repouso por um longo período de tempo e isso limita a área de cultivo o que pode ter impactado negativamente no VBP em relação às regiões.

Conforme Tabela 2, as maiores médias do número de estabelecimentos agropecuários por área total para a técnica de pousio ou descanso de solos se encontram no grupo de 5 a

menos de 100 hectares. No caso da Tabela 3, a técnica de pousio ou descanso de solos as maiores médias do número de estabelecimentos por orientação técnica recebida estão no grupo dos que não recebem orientação técnica e constam nas regiões Nordeste, Norte e Sudeste. Na Tabela 4 a maior média do número de estabelecimentos agropecuários segundo a escolaridade do produtor da técnica de pousio ou descanso de solos da região Nordeste pertence ao grupo dos produtores que possuem o nível de classe de alfabetização, a maior média da região Norte está no grupo dos produtores que possuem o nível regular do ensino fundamental ou 1º grau, no caso das regiões Sul e Sudeste, a maior média está no grupo dos produtores que tem o antigo primário (elementar). Segundo a Tabela 5, o maior percentual dos estabelecimentos que praticam a técnica de pousio ou descanso de solos pertence à região Nordeste (7,5%).

Corroborando com os resultados tem-se que os baixos níveis de alfabetização na região têm um impacto indireto na produtividade agrícola, uma vez que os novos avanços tecnológicos e de informação exigem certo nível de educação e formação formal (Kolawole *et al.*, 2014 *apud* Myeni *et al.*, 2019). A maioria das práticas de cultivo sustentáveis possui uma linguagem complexa, o que torna difícil para os agricultores analfabetos ou com pouco estudo utilizá-las (Rees, 2000 e Lehohla, 2013 *apud* Myeni *et al.*, 2019).

Na Amazônia brasileira a mandioca é o alimento básico das comunidades rurais compondo até dois terços de toda a renda agrícola (Souza, 2010; Newton *et al.*, 2012b *apud* Pinto *et al.*, 2018). A mandioca é cultivada utilizando a técnica de pousio roçado e suas raízes são transformadas em farinha seca (Clement *et al.*, 2010 *apud* Pinto *et al.*, 2018). A técnica de pousio (Scatena *et al.*, 1996 *apud* Pinto *et al.*, 2018) consiste em fases alternadas de cultivo (roçado) e de pousio secundário (capoeira), após as quais muitas vezes as florestas secundárias jovens são cortadas e deixadas secar antes de serem queimadas ou removidas para iniciar um novo ciclo de cultivo (Silva-Forsberg e Fearnside, 1997; Metzger, 2003; Fraser *et al.*, 2012 *apud* Pinto *et al.*, 2018).

Aproximadamente 75% de todos os solos amazônicos possuem baixo teor de nutrientes, por isso períodos de pousios mais longos são importantes para manter o rendimento das culturas (Irion, 1978; Fraser *et al.*, 2012 *apud* Pinto *et al.*, 2018).

Segundo Debrah *et al.*, 1998, a técnica de pousio provoca grandes perdas na produção agrícola, especialmente quando as oportunidades de cultivo de novas terras são limitadas, sendo necessárias alternativas ao pousio tradicional, especialmente em áreas onde a disponibilidade de terra é restrita e uma alternativa seria a introdução de uma tecnologia

agroflorestal de pousios melhorados que aprimore a fertilidade do solo num período curto de tempo, proporciona vários outros benefícios ao agricultor.

5.2.3. Proteção e conservação de encostas

O coeficiente de elasticidade da técnica de cultivo proteção e conservação de encostas não foi significativo e seu valor foi de -0.104. As elasticidades dos fatores de produção insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram 0.702, 0.163, 0.083 e 0.040 e todas significativas. Para um aumento de 1% dos insumos utilizados ocorrerá um aumento de 0,702% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, mantendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Assim como um aumento de 1% do maquinário levará a um aumento de 0,163% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. O mesmo ocorre para um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,083% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. E um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,040% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

Os coeficientes das *dummies* das regiões Nordeste (-0.245), Sudeste (-0.183) e Sul (-0.137) são significativos, mas têm sinais negativos. O valor de (-0.245) diz que o VBP médio dos estabelecimentos agropecuários da região Nordeste é menor em cerca de R\$ 0,245 do que o VBP médio de cerca de R\$ 1.757 para a categoria de referência, Norte. Para a região Sudeste o VBP médio é menor em cerca de R\$ 0,183 em comparação com o VBP médio da categoria de referência e para a região Sul é menor em R\$ 0,137 em comparação com o VBP médio da categoria de referência.

A técnica proteção e conservação de encostas mantêm as maiores médias do número de estabelecimentos agropecuários por grupos de área total no grupo de área de 5 a menos de 100 hectares para todas as regiões, exceto a região Centro-Oeste (Tabela 2). Além disso, as regiões Sul e Sudeste têm as maiores médias do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica (Tabela 3) e as maiores médias do número de estabelecimentos cujos agricultores têm o antigo primário (Tabela 4). Os maiores percentuais dos estabelecimentos que utilizam a técnica de proteção e conservação de encostas estão nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte todos com 0,3% de participação (Tabela 5).

Cao *et al.* (2023) citaram que a aplicação de plantas herbáceas na proteção de encostas tem um efeito positivo na capacidade de retenção hidráulica e consolidação do solo das encostas, aumentando a capacidade de retenção e reduzindo a infiltração da água no solo. Sendo importante a orientação técnica para a compreensão dos mecanismos através dos quais as raízes influenciam a estabilidade das encostas e para o desenvolvimento de tecnologias de proteção de encostas baseadas em plantas (Cao *et al.*, 2023). A dificuldade de obter informações por conta do baixo nível educacional e da falta de assistência técnica contribui para que práticas agrícolas sustentáveis não mereçam a atenção adequada por parte dos agricultores (Aquino *et al.*, 2020).

Alufah, Shisanya e Obando (2012) encontraram um sinal positivo e significativo para a variável declive no terreno, implicando que o declive do terreno influencia positivamente a adoção de tecnologias de conservação do solo e da água, e que os agricultores que cultivam em campos inclinados percebem melhor a ameaça de perda de solo com redução da produtividade das terras cultivadas, e optam por medidas preventivas.

5.2.4. Recuperação de mata ciliar

Os resultados sinalizaram que o coeficiente de elasticidade da prática recuperação de mata ciliar não foi significativo. Os coeficientes de elasticidade dos fatores de produção insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativos e positivos, cujo um aumento de 1% dos insumos utilizados ocorrerá um aumento de 0,700% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, permanecendo constantes os demais fatores de produção. Da mesma maneira um aumento de 1% do fator maquinário levará a um aumento de 0,162% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. Tal qual um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,085% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como também um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,040% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

O valor de -0,244 diz que o VBP médio dos estabelecimentos agropecuários da região Nordeste é menor em cerca de R\$ 0,244 do que o VBP médio de cerca de R\$ 1.751 para a categoria de referência, Norte. Para a região Sudeste o VBP médio é menor em cerca de R\$ 0,185 em comparação com o VBP médio da categoria de referência e para a região Sul é menor em R\$ 0,141 em comparação com o VBP médio da categoria de referência.

Quanto à prática de recuperação de mata ciliar, todas as regiões apresentam as maiores médias no grupo de 5 a menos de 100 hectares, exceto a região Centro-Oeste (Tabela 2). As regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste possuem as maiores médias do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica (Tabela 3). As maiores médias do número de estabelecimentos segundo escolaridade do produtor pertencem ao grupo dos produtores que possuem antigo primário (elementar) e se encontram nas regiões Sul, Sudeste e Norte (Tabela 4). Em relação à técnica de recuperação de mata ciliar, o maior percentual de participação é da região Sul (Tabela 5).

Nascimento (2001) cita que estudos realizados na bacia do rio Jequiriçá-BA, mostraram que as matas ciliares podem contribuir para o aumento de renda de populações ribeirinhas, por meio de sua valoração econômica, onde os proprietários preferem conservar as matas ciliares sob utilização sustentada, ao invés de somente preservá-las devido à questão de subsistência. O que não corrobora com os resultados encontrados para esta técnica de cultivo.

5.2.5. Reflorestamento e proteção de nascentes

A técnica de cultivo reflorestamento e proteção de nascentes possui um coeficiente de elasticidade não significativo. As elasticidades encontradas para os insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativos e positivos, onde um aumento de 1% dos insumos utilizados ocorrerá um aumento de 0,701% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Do mesmo jeito que um aumento de 1% do maquinário levará a um aumento de 0,162% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. Tal qual um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,084% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como também um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,040% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

Os coeficientes das *dummies* das regiões Nordeste (-0,244), Sudeste (-0,184) e Sul (-0,140) são significativos, mas têm sinais negativos. O valor de -0,244 diz que o VBP médio dos estabelecimentos agropecuários da região Nordeste é menor em cerca de R\$ 0,244 do que o VBP médio de cerca de R\$ 1.753 para a categoria de referência, Norte. Para a região Sudeste o VBP médio é menor em cerca de R\$ 0,184 em comparação com o VBP médio da

categoria de referência e para a região Sul é menor em R\$ 0,140 em comparação com o VBP médio da categoria de referência.

Quanto à prática de reflorestamento e proteção de nascentes, todas as regiões apresentam as maiores médias no grupo de 5 a menos de 100 hectares, exceto a região Centro-Oeste (Tabela 2). Para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, a maior média por orientação técnica recebida (Tabela 3) consta na faixa dos que não recebem orientação técnica enquanto a maior média dos estabelecimentos agropecuários da região Sul está na faixa dos que recebem orientação técnica. Assim como, a técnica de reflorestamento e proteção de nascentes cujas maiores médias das regiões Sul, Sudeste e Norte estão no grupo dos agricultores que têm o antigo primário (elementar) (Tabela 4). E cujo maior percentual de uso de técnica ocorre na região Sudeste (1,0%).

No estudo de Emily, Kironchi e Wangia (2013), os resultados encontrados para a técnica de reflorestamento e proteção de nascentes revelaram que a orientação técnica e a formação sobre a utilização de instalações de água para proteção das nascentes foram altamente significativas, e que os agregados familiares que utilizam nascentes protegidas para as suas atividades passaram pelo exercício de formação. Munyua (2009 *apud* Emily, Kironchi e Wangia 2013) realizou um teste t independente para determinar as variáveis socioeconômicas que foram estatisticamente significativas e mostrou que os agregados familiares com nascentes protegidas têm mais benefícios do que aqueles que utilizam nascentes não protegidas.

Tavares, Andrade e Coutinho (2003) observaram que o custo inicial com (equipamentos, sementes, mudas e mão de obra) é elevado para a maioria dos produtores rurais brasileiros e sugeriram que o governo concedesse incentivos aos produtores rurais pelos benefícios ambientais e econômicos na recuperação da paisagem degradada, pelo benefício que esta técnica oferece aos recursos hídricos nacionais. A assistência técnica agroflorestal ao manejo dos sistemas foi inexistente e pouco qualificada (Tavares, Andrade e Coutinho, 2003).

5.2.6. Estabilização de voçorocas

O coeficiente de elasticidade da técnica de estabilização de voçorocas não foi significativo. As elasticidades encontradas para os insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativas e positivas. Um aumento de 1% dos insumos utilizados levará um aumento de 0,700% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade

de trabalho e área cultivada. Da mesma forma que um aumento de 1% do maquinário levará a um aumento de 0,162% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. Tal qual um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,086% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como também um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,040% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

Os coeficientes das *dummies* das regiões Nordeste (-0,245), Sudeste (-0,187) e Sul (-0,141) são significativos, mas têm sinais negativos. O valor de -0,245 diz que o VBP médio dos estabelecimentos agropecuários da região Nordeste é menor em cerca de R\$ 0,245 do que o VBP médio de cerca de R\$ 1.755 para a categoria de referência, Norte. Para a região Sudeste o VBP médio é menor em cerca de R\$ 0,187 em comparação com o VBP médio da categoria de referência e para a região Sul é menor em R\$ 0,141 em comparação com o VBP médio da categoria de referência.

As maiores médias do número de estabelecimentos agropecuários das regiões Sul e Sudeste encontram-se na faixa de área de 5 a 100 hectares (Tabela 2). Bem como, a maior média por orientação técnica recebida (Tabela 3) das regiões Norte e Nordeste se encontra faixa dos que não recebem orientação técnica enquanto as maiores médias do número de estabelecimentos agropecuários das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste estão na faixa dos que recebem orientação técnica. A maior de média do número de estabelecimentos agropecuários segundo a escolaridade do produtor para a região Sul está no grupo dos produtores que possuem o antigo primário (elementar) (Tabela 4). As regiões Sudeste e Sul apresentam os maiores percentuais de utilização da técnica de estabilização de voçorocas com 0,3% para ambas (Tabela 5).

Wang *et al.* (2018) citaram que a construção de barragens de controle pode aumentar a área e a produtividade de terras agrícolas. Onde a recuperação de voçorocas pode criar terras agrícolas e conservar o solo e a água, além de fortalecer a construção de infraestruturas agrícolas, promovendo resultados agrícolas em grande escala e o desenvolvimento da economia rural.

Schaible *et al.* (2015) observaram uma maior porcentagem de fazendas de produção de milho e com maiores volumes de vendas participando de programas de conservação de erosão de voçorocas. Schaible *et al.* (2015) encontraram resultados significativos e características adicionais como a educação, o manejo e a paisagem ambiental do produtor, foram importantes para explicar a participação no programa de conservação de erosão de voçorocas.

5.2.7. Manejo florestal

O coeficiente de elasticidade da prática de manejo florestal não foi significativo. As elasticidades encontradas para os insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativas e positivas. Um aumento de 1% dos insumos utilizados levará um aumento de 0,700% no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Da mesma forma que um aumento de 1% do maquinário levará a um aumento de 0,162% no VBP, mantendo constantes os fatores de produção insumos utilizados, unidade de trabalho e área cultivada. Tal qual um aumento de 1% da unidade de trabalho que proporcionará um aumento de 0,085% no VBP, permanecendo constantes os fatores de produção maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como também um aumento de 1% da área cultivada proporcionará um aumento de 0,040% no VBP, mantendo constantes os demais fatores de produção.

Os coeficientes das *dummies* das regiões Nordeste (-0,239), Sudeste (-0,183) e Sul (-0,142) são significativos, mas têm sinais negativos. O valor de -0,239 diz que o VBP médio dos estabelecimentos agropecuários da região Nordeste é menor em cerca de R\$ 0,239 do que o VBP médio de cerca de R\$ 1.743 para a categoria de referência, Norte. Para a região Sudeste o VBP médio é menor em cerca de R\$ 0,183 em comparação com o VBP médio da categoria de referência e para a região Sul é menor em R\$ 0,142 em comparação com o VBP médio da categoria de referência.

A prática de manejo florestal tem as maiores médias das regiões Norte, Sudeste e Sul no grupo de 5 a menos de 100 hectares (Tabela 2). A região Sul apresenta a maior média do número de estabelecimentos que recebem orientação técnica (Tabela 3). E a região Norte apresenta a maior média do número de estabelecimentos cujo produtor possui o 1º grau (Tabela 4). O manejo florestal é uma técnica que possui o maior percentual de uso na região Norte (0,7%).

Lise (2000) encontrou um resultado significativo e positivo para a dependência florestal e educação do produtor, implicando que a elevada dependência florestal e a educação do produtor estimulam a participação das pessoas na gestão florestal.

5.2.8. Rotação de culturas

O coeficiente de elasticidade da técnica de cultivo rotação de culturas foi significativo e indica que a cada aumento de 1% no número de estabelecimentos agropecuários que utilizam a técnica de cultivo ocorre um aumento de 0,138% no VBP agropecuária.

Os coeficientes de elasticidade dos fatores insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativos e positivos. O aumento de 1% nos insumos utilizados leva a um aumento de 0,700% no VBP, mantendo constantes os fatores maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como um aumento de 1% no maquinário gerou um aumento de 0,156% no VBP. De maneira semelhante, um aumento de 1% na unidade de trabalho deu origem a um aumento de 0,084% no VBP, tudo o mais constante. Assim como um aumento de 1% na área cultivada levou a um aumento de 0,046% no VBP, mantendo-se constantes os demais fatores de produção.

Assim como ocorreu com as práticas plantio em nível e pousio ou descanso de solos, os resultados fornecem estimativas estatisticamente significativas para os coeficientes das regiões Sul, Nordeste e Sudeste e sugerem que ocorre uma diferença estatística significativa nas taxas médias do VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios das três regiões em relação aos dos da região Norte. A constante igual a 1,709 marca o efeito no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte e que utilizam a prática de rotação de culturas. Os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sudeste têm um VBP de -0,184 unidades inferiores ao dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Nordeste têm um VBP de -0,249 unidades a menos que os da região Norte e, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sul têm um VBP de -0,167 unidades a menos do que apenas os dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte. Os efeitos finais são: região Norte é 1,709, região Sul é de 1,542, região Sudeste é 1,525 e região Nordeste é 1,46.

Conforme Tabela 2 e em relação à técnica de cultivo de rotação de culturas, a maior média de número de estabelecimentos está no grupo de área entre 5 e 100 hectares para todas as regiões brasileiras. Além disso, a maior média de número de estabelecimentos agropecuários da região Sul figura no grupo dos que recebem orientação técnica, conforme Tabela 3. Bem como, a maior média do número de estabelecimentos agropecuários da região Nordeste está no grupo dos produtores que nunca frequentou a escola; a maior média da região Norte está no grupo dos produtores que tem o regular do ensino fundamental ou 1º grau; o maior valor de média das regiões Sul e Sudeste está no grupo dos produtores que possuem o antigo primário (elementar), segundo Tabela 4. Esses resultados demonstram as

características dos estabelecimentos agropecuários das regiões brasileiras e impactam no crescimento do VBP. O maior percentual dos estabelecimentos que fazem uso da prática de rotação de culturas está na região Sul (7,8%).

Alem *et al.* (2018) encontraram um resultado positivo e significativo na redução dos custos de produção para a prática de rotação de cultura, provavelmente através de uma redução na utilização de fatores de produção variáveis, tais como fertilizantes e/ou através de um aumento na produção para determinadas quantidades de fatores de produção.

Tangi *et al.*, 2024 observaram um resultado positivo e significativo no rendimento por acre para a prática de rotação de culturas. Em média, observa-se uma diferença de 1,98 a 2,54 quintais no rendimento por acre quando um agricultor adota a prática de rotação de culturas para práticas agrícolas inteligentes para o clima (Tanti *et al.*, 2024). Chichongue *et al.* (2019) obtiveram uma influência significativa e positiva da exposição à formação formal e informal em relação a prática de rotação de culturas.

Igberi *et al.* (2022) encontraram coeficientes significativos e positivos para nível educacional (0,352), tamanho da propriedade (0,141), renda anual (0,357), sistemas de cultivo praticados (0,504), acesso a serviços de extensão (0,970), acesso ao crédito (0,474) e propriedade de terras (0,636), sugerindo que estas variáveis aumentam a probabilidade de adoção de práticas de rotação e diversidade de culturas. Igberi *et al.* (2022) acreditam que os agricultores que têm acesso aos serviços de extensão podem a vir adotar as práticas de rotação e diversidade de culturas, pois os serviços de extensão têm como objetivo fornecer aos agricultores informações que aumentariam produtividade das propriedades agrícolas.

5.2.9. Práticas agrícolas agregadas

O coeficiente de elasticidade das práticas agrícolas agregadas foi estatisticamente significativo com sinal positivo e indica que a cada aumento de 1% no número de estabelecimentos agropecuários que utilizam a técnica de cultivo ocorre um aumento de 0,101% no Valor bruto da produção agropecuária.

Os coeficientes de elasticidade dos fatores insumos utilizados, maquinário, unidade de trabalho e área cultivada foram significativos e positivos. O aumento de 1% nos insumos utilizados leva a um aumento de 0,698% no VBP, mantendo constantes os fatores maquinário, unidade de trabalho e área cultivada. Como um aumento de 1% no maquinário gerou um aumento de 0,158% no VBP. De maneira semelhante, um aumento de 1% na unidade de trabalho deu origem a um aumento de 0,082% no VBP, tudo o mais constante. Assim como

um aumento de 1% na área cultivada levou a um aumento de 0,047% no VBP, mantendo-se constantes os demais fatores de produção.

Os resultados fornecem estimativas estatisticamente significativas para os coeficientes das *dummies* das regiões Sul, Nordeste e Sudeste sugerindo uma diferença estatística significativa nas taxas médias do VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios destas regiões em relação aos dos da região de referência. O efeito no VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte e que utilizam todas as práticas agrícolas agregadas é dado pela constante e é igual a 1,689. Os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sudeste têm um VBP de -0,195 unidades inferiores ao dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Nordeste têm um VBP de -0,254 unidades a menos que os da região Norte e, os estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Sul têm um VBP -0,157 unidades a menos do que apenas os dos estabelecimentos agropecuários dos municípios da região Norte. Os efeitos finais são: região Norte é 1,689, região Sul é de 1,532, região Sudeste é 1,494 e região Nordeste é 1,435.

Conforme Tabela 2 e em relação à outra técnica de cultivo, a maior média de número de estabelecimentos está no grupo de área entre 5 a 100 hectares para todas as regiões brasileiras. Além disso, a maior média de número de estabelecimentos agropecuários da região Sul figura no grupo dos que recebem orientação técnica, conforme Tabela 3. Bem como, a maior média do número de estabelecimentos agropecuários da região Nordeste está no grupo dos produtores que nunca frequentou a escola; a maior média da região Norte está no grupo dos produtores que tem o regular do ensino fundamental ou 1º grau; o maior valor de média das regiões Sul e Sudeste está no grupo dos produtores que possuem o antigo primário (elementar), segundo Tabela 4. Observa-se que a região Nordeste apresenta o maior percentual dos estabelecimentos agropecuários que fazem uso de algum tipo de técnica agrícola sustentável respondendo pelo total de 31,1%.

Pivoto *et al.* (2019) citam que um aspecto importante na percepção dos agricultores sobre a adoção de práticas agrícolas sustentáveis foi buscar por aumentos de rendimento. Molin (2017 *apud* Pivoto *et al.*, 2019) encontrou razões semelhantes entre os agricultores que adotaram tecnologias sustentáveis, onde 69% dos entrevistados relataram o aumento da produtividade como o principal motivo para a adoção. Além disso, Batte e Arnholt (2003, *apud* Pivoto *et al.*, 2019) descobriram que a lucratividade foi o maior fator motivador no uso de ferramentas de práticas sustentáveis. As tecnologias que tiveram o melhor efeito no

aumento da produtividade tenderam a ter maior aceitação entre os agricultores (Pivoto *et al.*, 2019).

Ali (2019) estimou que a maioria dos agricultores possuía pelo menos um nível de escolaridade básico e que aproximadamente 85% dos chefes de família frequentaram pelo menos uma escola primária. Citou que a educação poderia melhorar a compreensão e incentivar a adoção pelos agricultores das melhores práticas de adaptação para melhorar a produtividade.

Conforme Ali (2019) a variável terra cultivada foi positiva e significativamente correlacionada com a maioria das técnicas sustentáveis adotadas ao nível de 1%. O aumento da terra cultivada aumentaria a probabilidade de adoção de variedades de culturas resistentes e de alto rendimento, além da integração de culturas e pecuária, práticas de conservação do solo e da água nas parcelas disponíveis, bem como a adoção de tecnologia de fertilização do solo.

O acesso a serviços de extensão encorajou os agricultores a adotarem sistemas mistos de produção agrícola e pecuária, bem como práticas de conservação do solo e da água. A formação regular sobre diferentes práticas e o acesso a serviços de aconselhamento poderia melhorar a capacidade de adaptação dos agricultores e garantir a eficácia das práticas implementadas (Ali, 2019).

6. CONCLUSÕES

Apesar de serem pouco utilizadas por grande parte dos estabelecimentos agropecuários brasileiros, as técnicas de cultivo, quando analisadas de maneira agregada demonstraram potencial em gerar o aumento no Valor bruto da produção para os agricultores que se utilizaram delas. Além de contribuírem para o meio ambiente, essas técnicas de cultivo podem ser capazes de trazer retorno econômico e social.

Utilizando os dados do Censo Agropecuário de 2017 e considerando como unidades de análise os 5.564 municípios brasileiros, o trabalho buscou analisar o efeito da adoção das práticas agrícolas no desempenho dos estabelecimentos agropecuários, medido pelo valor bruto da produção. Foram fornecidos uma análise descritiva detalhada e um modelo empírico baseado no Método dos Mínimos Quadrados Ordinários.

Os resultados mostram que as maiores médias de adoção de práticas se concentram em estabelecimentos onde os produtores possuem baixo nível de instrução e não recebem orientação técnica quanto à utilização da prática agrícola sustentável.

A metodologia utilizada neste trabalho permitiu estimar as equações para as seguintes técnicas de cultivo sustentável: plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descanso de solos, proteção e/ou conservação de encostas, recuperação de mata ciliar, reflorestamento para proteção de nascentes, estabilização de voçorocas, manejo florestal e prática agrícola agregada. Constatou-se que as práticas agrícolas plantio em nível, rotação de culturas, pousio ou descanso de solos e a prática agrícola agregada, foram estatisticamente significativas e contribuíram para o aumento do valor bruto da produção dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros.

Além disso, a análise quantitativa identificou que os fatores de produção (capital, trabalho, terra e insumos) são estatisticamente significativos para todas as práticas de cultivo sustentável. As variáveis *dummies* das regiões Nordeste, Sudeste e Sul foram estatisticamente significativas, mas apresentaram coeficientes de elasticidade negativos. A soma das elasticidades dos fatores de produção indicou retornos constantes de escala para todas as práticas agrícolas sustentáveis. De acordo com os resultados, os fatores de produção estão sendo utilizados de maneira racional, já que se encontram inseridos no segundo estágio de produção.

É possível identificar que as práticas de cultivo sustentável plantio em nível e rotação de culturas foram estatisticamente significativas e impactaram positivamente o VBP dos estabelecimentos agropecuários dos municípios das macrorregiões brasileiras. Observa-se, por

exemplo, que a respeito dos estabelecimentos agropecuários que utilizam essas duas práticas apresentam como características a pouca escolaridade dos produtores, que em sua maioria só possuem o nível fundamental, e onde os mesmos produtores não recebem em sua maioria orientação técnica sobre a utilização das práticas agrícolas sustentáveis.

Também é possível identificar que as técnicas de conservação de solo e água, recuperação de mata ciliar, reflorestamento e proteção de nascentes, manejo florestal, estabilização de voçorocas e proteção e recuperação de encostas não foram estatisticamente significativas.

Todavia, quando se olha para as técnicas agrícolas agregadas observa-se que foram estatisticamente significativas e contribuíram para o aumento do VBP agropecuária dos estabelecimentos agropecuários dos municípios brasileiros. É lícito presumir que as práticas de cultivo sustentável contribuem positivamente para o desempenho do setor agropecuário brasileiro. Até onde se pode concluir, a opção de utilizar as técnicas de cultivo sustentável foi de grande importância para os produtores brasileiros, pois aumentaram o valor da produção dos estabelecimentos agropecuários.

Com base os resultados encontrados, sugere-se que o desenvolvimento de políticas voltadas para dar orientação técnica aos produtores agrícolas sobre as práticas agrícolas sustentáveis contribuem para a expansão do conhecimento sobre essas práticas. Como foi visto a maior parte dos estabelecimentos agropecuários não recebem orientação técnica sobre o manejo das práticas agrícolas sustentáveis e ainda sim, os produtores conseguiram obter ganhos de produção com a utilização destas práticas. Além disso, o governo poderia oferecer benefícios fiscais incentivando mais produtores a aderir ao uso das práticas conservacionistas em seus estabelecimentos contribuindo para a produção de alimentos e preservação do meio ambiente. Política de crédito agrícola ajudaria aos produtores na compra de insumos, máquinas e equipamentos.

Como sugestões para trabalhos futuros seria interessante ampliar a investigação sobre as práticas de conservação de solo e água e avaliar as políticas implementadas pelo Governo que visam à proteção e conservação das florestas e nascentes nos territórios brasileiros e o impacto das mesmas sobre os produtores rurais. Outra sugestão seria realizar a análise espacial das variáveis do modelo, buscando analisar os impactos geográficos, assim como existência de autocorrelação espacial.

7. REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, A.H; ABDUL-RAHMAN, A; ISSAHAKU, G. Sustainable Agricultural Practices, Farm Income and Food Security among Rural Households in Africa, p.1-13, 2021.
- ALBUQUERQUE, M. C. C., NICOL, R. A influência da agricultura e do estado na industrialização brasileira *In: ALBUQUERQUE, M.C.C., NICOL, R. Economia Agrícola: O setor primário e a evolução da economia brasileira.* São Paulo: McGraw-Hill, 1987, p.116-201.
- ALCANTARA, I. R. de; VIECELI, S. C.; DUARTE, V. N.; PIACENTI, C. A.; PARRÉ, J. L. **Análise econômica espacial do Desenvolvimento sustentável na Agropecuária paranaense.** *In: AGRONEGÓCIO PARANAENSE: potencialidades e desafios II.* Foz do Iguaçu: IDESF, 2021, p.157-179.
- ALEM, H.; LIEN, G.; HARDAKER, J. B. Economic performance and efficiency determinants of crop-producing farms in Norway. **International Journal of Productivity and Performance Management**, vol. 67, n. 9, p. 1418-1434, 2018.
- ALI, E. Farm Households Adoption of Climate-smart Practices in Subsistence Agriculture: Evidence from Northern Togo. **Springer**, p. 1-13, 2019.
- ALUFAH, S.; SHISANYA, C. A.; OBANDO, J. A. Analysis of Factors Influencing Adoption of Soil and Water Conservation Technologies in Ngaciuma Sub-Catchment, Kenya. **African Journal of Basic & Applied Sciences** 4, p. 172-185, 2012.
- AQUINO, J.R. de; ALVES, M. O.; VIDAL, M. F. Agricultura Familiar no Nordeste do Brasil: um Retrato Atualizado a partir dos dados do Censo Agropecuário 2017. **Rev. Econ. NE**, Fortaleza, v. 51, p. 31-54, agosto, 2020.
- BARROS, A. L. M. A importância dos setores produtores no desenvolvimento tecnológico da agropecuária brasileira. **Cadernos FGV Projetos**. Rio de Janeiro, p. 12-13, 2007.
- BARROS, J. R. M.; BARROS, A. L. M. A geração de conhecimento e o sucesso do agronegócio brasileiro. **Revista de Política Agrícola**. São Paulo, n.4, p.5-14, out/nov/dez.2005.
- BERNHEIM, D.; WHINSTON, M. D. Microeconomics. New York: **McGraw-Hill/Irwin**, 2008.
- BURTON, M.; RIGBY, D.; YOUNG, T.; SOUZA FILHO, H. M. de. Adoção de Tecnologias Sustentáveis no Paraná. **REVISTA DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL**, Brasília, v.36, n.4, p.71-94, 1998.
- CAO, T.; ZHANG, H.; CHEN, T.; YANG, C.; WANG, J.; GUO, Z.; SUN, X. Research on the mechanism of plant root protection for soil slope stability. **Plos One**, p. 1-26, nov. 2023.

CASTRO, E. R.; FIGUEIREDO, A. M.; LEITE, C. A. M.; SANTOS, M. L. Teoria da produção. In: SANTOS, M.L.; LÍRIO, V.S.; VIEIRA, W.C. **Microeconomia aplicada**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2009. cap. 7, p. 235-270.

CHICHONGUE, O.; PELSER, A.; TOL, J. V.; PREEZ, C. D.; CERONIO, G. Factors Influencing the Adoption of Conservation Agriculture Practices Among Smallholder Farmers in Mozambique. **International Journal of Agricultural**, p. 277-290, 2019.

DEBRAH, S. K.; DEFOER, T.; BENGALY, M. Integrating farmers knowledge, attitude and practice in the development of sustainable Striga control interventions in southern Mali. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, p. 1-8, 1998.

DISMUKE, C. E., LINDROOTH, R. Ordinary Least Squares. In: **Methods and Designs for Outcomes Research**, ASHP, 2006. cap. 9, p. 93-104.

D'SOUZA, G.; CYPHERS, D.; PHIPPS, T. Factors Affecting the Adoption of Sustainable Agricultural Practices. **Agricultural and Resource Economics Review**, p. 159-165, out. 1993.

EMBRAPA. Visão 2030: o futuro da agricultura brasileira. Brasília, DF: Embrapa, 2018.

EMILY, A.; KIRONCHI, G.; WANGIA, S. Willingness to Pay for Improved Water Supply Due to Spring Protection in Emuhaya District, Kenya. **International Journal of Education and Research**, v. 1, n. 7, p. 1 – 14, 2013.

FORTINI, R. M. **Adoção de práticas agrícolas conservacionistas e Eficiência produtiva na agricultura brasileira**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, p. 136. 2017.

FUSS, M.; McFADDEN, D.; MUNDLAK, Y. A SURVEY OF FUNCTIONAL FORMS IN THE ECONOMIC ANALYSIS OF PRODUCTION, p. 219-268, 1978.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016. IPEA. n.38, 2018.

HANCK, C.; ARNOLD, M.; GERBER, A.; SCHMELZER, M. Introduction to Econometrics with R, 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 05 de mai. de 2023.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário. Rio de Janeiro: IBGE, 2017**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 13 de jun. de 2023.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Nota técnica 01/2018. Divulgação do Cadastro de Estabelecimentos Agropecuários do Censo Agropecuário 2017**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: 18 ago. 2023.

IGBERI, C. O.; IBRAHIM-OLESIN, S.; NNOROM, C. P.; OKO-ISU, A.; OLAOLU, M. O.; EGWU, P. N.; EMEKA, C. P. O.; OSUJI, E. E. CROP Rotation and Diversity Practices among Rural Farmers in Ebonyi State, Nigeria. **Universal Journal of Agricultural Research**, p. 610-619, 2022.

LISE, W. Factors influencing people's participation in Forest management in India. **Ecological Economics**, p.379–392, 2000.

MANDA, J.; ALENE, A. D.; GARDEBROEK, C.; KASSIE, M.; TEMBO, G. Adoption and Impacts of Sustainable Agricultural Practices on Maize Yields and Incomes: Evidence from Rural Zambia. **Journal of Agricultural Economics**, p. 1-24, 2015.

MILNE, E. **Soil Conservation in Relation to Maize Productivity on Sub-Tropical Red Soils in Yunnan Province**, Thesis (Doctor of Philosophy) - University of Wolverhampton, Yunnan Province, China, p. 306, 2001.

MIRANDA, E. E.; CARVALHO, C. A.; MARTINHO, P. R. R. Intensificação produtiva da agricultura e regularização ambiental: encontros e desencontros territoriais entre o Censo Agropecuário e o Cadastro Ambiental Rural. In: CARVALHO, C.A. **A economia agropecuária do Brasil: a grande transformação**. São Paulo: Baraúna, p.42-101, 2020.

MYENI, L.; MOELETSI, M.; THAVHANA, M.; RANDELA, M.; MOKOENA, L. Barriers Affecting Sustainable Agricultural Productivity of Smallholder Farmers in the Eastern Free State of South Africa. **Sustainability**, South Africa, p. 1-18, 2019.

MURENDO, C.; GWARA, S.; MPOFU, N.; PEDZISA, T.; MAZVIMAVI, K.; CHIVENGE, P. The adoption of a portfolio of sustainable agricultural practices by smallholder farmers in Zimbabwe. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE OF THE AFRICAN ASSOCIATION OF AGRICULTURAL ECONOMISTS**, Addis Ababa, Ethiopia, p. 1-17, 2016.

MUTYASIRA, V.; HOAG, D.; PENDELL, D. The adoption of sustainable agricultural practices by smallholder farmers in Ethiopian highlands: An integrative approach. **Cogent Food e Agriculture**, Zimbabwe, v. 4, n.1, p. 1-17, 2018.

NASCIMENTO, C. E. S. A Importância das Matas Ciliares do rio São Francisco. **Embrapa**, Petrolina, PE, p. 1-29, 2001.

NEVES, M. C. R.; CASTRO. L. S.; FREITAS, C. O. O impacto das cooperativas na produção agropecuária brasileira: uma análise econometrística espacial. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, p.559-576, 2018.

PINTO, H. N. A.; HAWES, J. E.; NEWTON, P.; BARBIERI, R. F.; PERES, C.A. Economic Impacts of Payments for Environmental Services on Livelihoods of Agro-extractivist Communities in the Brazilian Amazon. **Elsevier**. p. 378-388, 2018.

PIVOTO, D.; BARHAM, B.; WAQUIL, P. D.; FOGUESATTO, C. R.; CORTE, V. F. D.; ZHANG, D.; TALAMINI, E. Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. **IFAMA**, p. 571 - 578, 2019.

PRETTY, J. N; THOMPSON, J; HINCHCLIFFE, F. Sustainable Agriculture: Impacts on Food Production and Challenges for Food Security. **GATEKEEPER SERIES**, n.60, p.1-24, 1992.

ROBERTSON, G. P. A Sustainable Agriculture? **Journal of the American Academy of Arts & Sciences**, v.144, p.76-89, 2015.

SANTANA, C. A. M.; GASQUES, J. G. O Estado e a agricultura brasileira: seis décadas de evolução. In: CARVALHO, C.A. **A economia agropecuária do Brasil: a grande transformação**. São Paulo: Baraúna, 2020. p.183-225.

SCHAIBLE, G. D.; MISHRA, A. K.; LAMBERT, D. M.; PANTEROV, G. Factors influencing environmental stewardship in U.S. agriculture: Conservation program participants vs. non-participants. **Land Use Policy**, p. 125–141, 2015.

SENE, S. M. de.; BACHA, C. J. C. Adoção dos sistemas integrados na agropecuária do Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Piracicaba, p. 1-21, 2022.

SETSOAFA, E. D.; MA, W.; RENWICK. A. Effects of sustainable agricultural practices on farm income and food security in northern Ghana. **AGRICULTURAL AND FOOD ECONOMICS**. v. 10, n. 9, p. 1-15, 2022.

SOUZA FILHO, H. M. de. Desenvolvimento Agrícola Sustentável. In: **Gestão Agroindustrial: Grupo de Estudos e Pesquisas Agroindustriais**. 2.ed. São Paulo, 2001, p. 586-626.

SUWANDARU, A.; ALGHAMDI, T. M. Sustainability Agriculture and Economic Development in Indonesia. In: **E3S WEB OF CONFERENCES**. Yogyakarta, Indonesia, v. 316, p. 1-15, 2021.

STOCK, J. H.; WATSON, M. W. Introduction to Econometrics. 4.ed. United Kingdom: Pearson Education Limited, 2020.

SYAN, A. S.; KUMAR, V.; SANDHU, V.; HUNDAL, B. S. Empirical Analysis of Farmers' Intention to Adopt Sustainable Agricultural Practices. **ASIA-PACIFIC JOURNAL OF MANAGEMENT RESEARCH AND INNOVATION**, p. 39–52, 2019.

TANTI, P. C.; JENA, P. R.; TIMILSINA, R. R.; RAHUT, D. B. Enhancing crop yields and farm income through climate-smart agricultural practices in Eastern India. Springer, p. 1-28, 2024.

TAVARES, S. R. L.; ANDRADE, A. G. de.; COUTINHO, H. L. C. Sistemas agroflorestais como alternativa de recuperação de áreas degradadas com geração de renda. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.24, n.220, p.73-80, 2003.

THAM-AGYEKUM, E. K.; NTEM, S.; SARBAH, E.; ANNO-BAAH, K.; ASIEDU, P.; BAKANG, J. E. A. Resilience against climate variability: The application of nature based solutions by cocoa farmers in Ghana. Elsevier. p. 1-12, 2023.

TURRA, F. **Crescendo juntos: biocombustíveis e produção de alimentos.** In: O futuro da agricultura brasileira: 10 visões. Superintendência Estratégica. Brasília, DF: Embrapa, p.93-102, 2023.

TELLES, T. S.; RIGHETTO, A. J. Crescimento da Agropecuária e Sustentabilidade Ambiental. In: VIEIRA FILHO, J. E. R. **Diagnóstico e desafios da agricultura brasileira.** IPEA, 2019. cap. 3, p.89-114.

VARIAN, H. R. Microeconomia: Uma abordagem moderna. 8. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2012.

WANG, S.; FU, B.; LIU, Y.; CHEN, H. Regional development boundary of China's Loess Plateau: Water limit and land shortage. Elsevier. p.130 – 136, 2018.

ZEWELD, W.; HUYLENBROECK, G. V.; TESFAY, G.; AZADI, H.; SPEELMAN, S. Sustainable agricultural practices, environmental risk mitigation and livelihood improvements: Empirical evidence from Northern Ethiopia, Elsevier, p. 1-13, 2019.