

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
CAMPUS DE SOROCABA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

HENRIQUE RYOSUKE TATEISHI

**ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA PARA PEQUENOS PRODUTORES:  
UM ESTUDO NAS REGIÕES DE SOROCABA E SÃO PAULO PARA DIFERENTES  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Sorocaba  
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS EM GESTÃO E TECNOLOGIA  
CAMPUS DE SOROCABA  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

HENRIQUE RYOSUKE TATEISHI

**ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA PARA PEQUENOS PRODUTORES:  
UM ESTUDO NAS REGIÕES DE SOROCABA E SÃO PAULO PARA DIFERENTES  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.

Orientação: Prof. Dr. Cassiano Bragagnolo

Sorocaba  
2016



Tateishi, Henrique Ryosuke

Análise de Fronteira Estocástica para pequenos produtores: um estudo nas regiões de São Paulo e Sorocaba para diferentes sistemas de produção / Henrique Ryosuke Tateishi. -- 2016.

31 f. : 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação)-Universidade Federal de São Carlos, campus Sorocaba, Sorocaba

Orientador: Cassiano Bragagnolo

Banca examinadora: Eduardo Rodrigues de Castro, Rosane Nunes de Faria

Bibliografia

1. Economia agrária e dos recursos naturais. I. Orientador. II. Universidade Federal de São Carlos. III. Título.

**HENRIQUE RYOSUKE TATEISHI**

**ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA PARA PEQUENOS PRODUTORES: UM  
ESTUDO NA REGIÃO DE SOROCABA E SÃO PAULO PARA DIFERENTES  
SISTEMAS DE PRODUÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade da Universidade Federal de São Carlos, *campus* Sorocaba, para obtenção do título de bacharel em Ciências Econômicas.  
Universidade Federal de São Carlos. Sorocaba, 24 de novembro de 2016.

Orientador

---

Dr. Cassiano Bragagnolo  
Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Examinador

---

Dr. Eduardo Rodrigues de Castro  
Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

Examinadora

---

Dra. Rosane Nunes de Faria  
Universidade Federal de São Carlos – Campus Sorocaba

*Aos produtores e produtoras agrícolas, especialmente familiares, cujo trabalho deseja, acima de tudo, alimentar a todos, seja através da matéria, da alma ou do espírito, pois nenhum trabalho seria possível sem antes, o trabalho da Terra.*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente, gostaria de agradecer à Universidade Federal de São Carlos, em especial ao Campus Sorocaba: aos técnicos administrativos, aos funcionários, que zelam pela universidade e prestam serviços essenciais, aos docentes e aos discentes que mantêm viva esta instituição e, acima disso, o sonho de poder aprender. Que este bastião de luz se mantenha firme em tempos de turbulência, e seus frutos sejam distribuídos para a sociedade.

Aos meus familiares, pelo apoio, sustento e proteção. Em especial, à minha irmã, Íris, pelo carinho e consideração durante minha ausência. E ao meu avô (*in memoriam*), pelo exemplo de humildade e simplicidade que sempre me permitiu acompanhá-lo.

Um agradecimento especial ao professor Eduardo Rodrigues de Castro, pela inspiração profissional, pela consideração, humildade e paciência em me orientar durante a graduação, mesmo sem nenhum vínculo institucional formalizado.

Especialmente ao professor Cassiano Bragagnolo, não apenas como orientador, mas como pessoa de personalidade, que sempre de forma empática e humilde, me inspirou a buscar novas fronteiras do conhecimento, pois “sempre dá para melhorar”.

Ao professor Fernando Silveira Franco, que apesar de todos os trabalhos concomitantes optou por me orientar na Iniciação Científica, sempre demonstrando disposição e honestidade à sua forma de ser e lidar com as pessoas. E ao Núcleo de Agroecologia Apete Capuaã, Aline Holmos, Cícero Branco e Samara Campos, pelo apoio antes, durante e após as pesquisas realizadas.

À Cristina, Larissa, Marina e Setiuko (em nome dos produtores rurais), pelo apoio essencial durante as pesquisas e coleta de dados, sem estas pessoas não teria sido possível realizar este trabalho.

Aos colegas de graduação, Ana, Amani, Aranha, Camille, Carmen, Cinthia, Damaris, Danilo, Felipe, Gabriella, Josi, Leticia, Lucas, Murilo, Otavio, Wesley e Wilhelm, pelo apoio, pelas conversas e pela amizade durante esse tempo. E para aqueles que dividiram o mesmo espaço: Fabio, Giovanni, Guilherme, Renan e Richard, pelo respeito, tolerância e acima de tudo, pela amizade.

Em especial, agradeço meus amigos de longa data, que construíram e compartilharam comigo grande parte de suas vidas e sentimentos: Aguiar, André, Daniel, Dudi, Fernanda, Flavia, Frederico, Gyuli, Kogachi, Leticia, Lina, Luciano, Marina, Massao, Naomi, Natália, Tami, Vanessa e Yudi.

## RESUMO

TATEISHI, Henrique Ryosuke. Análise de Fronteira Estocástica para pequenos produtores: um estudo na região de Sorocaba e São Paulo para diferentes sistemas de produção. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Ciências Econômicas) – Centro de Ciências e Tecnologias para Sustentabilidade, Universidade Federal de São Carlos, Sorocaba, 2016

A produtividade agrícola é fator fundamental para todos os agentes econômicos, seja de forma direta, como fator elevador da renda agropecuária, seja de forma indireta. Nesse sentido, este trabalho consistiu em mensurar a ineficiência produtiva de pequenas propriedades rurais da região de Sorocaba e São Paulo em relação a três sistemas de produção diferentes em que estão produzindo: convencional; orgânico, mas não agroflorestal; e agroflorestal. A hipótese foi de que há formas de melhorar o desempenho dos produtores do mesmo sistema de produção e que os três sistemas de produção podem ter uma capacidade produtiva semelhante. Para isso, a metodologia utilizada foi a análise de fronteira estocástica estimada a partir de uma função de produção. Obteve-se que os três sistemas de produção podem ser igualmente eficientes, trabalhando com a máxima eficiência. Adicionalmente, obteve-se que os sistemas agroflorestais apresentaram uma vantagem em relação aos demais em relação à eficiência inicial, enquanto o orgânico, uma desvantagem. O fator mão de obra foi considerado, nesta amostra, como sendo o fator de maior impacto na receita total, o fator capital foi de pequena magnitude. O aumento do fator área plantada pode ser benéfico para a receita total, porém, pode causar uma diminuição na eficiência da propriedade.

Palavras-chave: Produtividade. Pequenas propriedades. Ineficiência Produtiva. Agroecologia.

## **RESUMO EM LÍNGUA ESTRANGEIRA**

The growth of agricultural productivity is a fundamental factor to all economic agents, as in a direct influence, like agropecuary income, or in an indirect function, as energy font consumption or other. In this way, the objective of this paper was to measure the productivity inefficiency of agricultural family farmers from Sorocaba and São Paulo regions, concerned in three production systems: conventional; organic, but not agroforestry; and agroforestry. The hypothesis was that there are means to lever the productivity of the family farmer producers within their production system and all three production systems may be equal in terms of productivity or this can be enhanced to be nearly even. For this, the methodology used is going to be the stochastic frontier analysis to production and costs efficiency. The results have shown that the three production systems can be equally efficient, working with the maximum efficiency. Furthermore, the results found that agroforestry systems had an advantage compared to the other two systems, concerning initial efficiency, and the organic systems had a disadvantage. Concerning this sample, the labor factor has shown the most impact magnitude on the total outcome, and the available capital had little influence. Furthermore, an increase considering the planted area can also increase the total outcome, however, it can decrease the efficiency of the production unity.

**Keywords:** Productivity. Family Farms. Productive Inefficiency. Agroecology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Relação entre área plantada e eficiência técnica (ha) – Região de São Paulo e Sorocaba (2015).....	43
---	----

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Sumário estatístico das variáveis incorporadas no modelo (2015).....	26
Tabela 2 – Teste da Razão de Verossimilhança .....	37
Tabela 3 – Estimação do modelo Cobb-Douglas .....	38
Tabela 4 – Sumário da Eficiência Técnica das propriedades nas regiões de São Paulo e Sorocaba (2015).....	42
Tabela 5 – Regressão da Eficiência Técnica para as regiões de São Paulo e Sorocaba (2015).....	43

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

DC Developed Countries (Países desenvolvidos)

LDC Less Developed Countries (Países menos desenvolvidos)

NAAC Núcleo de Agroecologia Apete-Capuaã

ONU Organização das Nações Unidas

POF Pesquisa de Orçamentos Familiares

PTF Produtividade Total dos Fatores

SG 2000 Sasakawa-Global

SP São Paulo

USDA United States Department of Agriculture (Departamento de agricultura dos Estados Unidos)

VPL Valor Presente Líquido

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>11</b>
<b>2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>15</b>
2.1. EXEMPLOS EMPÍRICOS SOBRE OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO.....	15
2.2. EXEMPLOS EMPÍRICOS DE ESTUDOS SOBRE ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA .....	18
<b>3. OBJETIVO.....</b>	<b>21</b>
<b>4. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA .....</b>	<b>23</b>
4.1. ABORDAGENS PIONEIRAS ACERCA DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA..	23
4.2. LOCAIS DE PESQUISA.....	24
4.3. ESTADO DA ARTE DA ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA .....	25
4.4. METODOLOGIA E MÉTODO DE ESTIMAÇÃO .....	26
4.5. COLETA DE DADOS.....	30
4.6. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS.....	32
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>37</b>
5.1. SOBRE A FRONTEIRA DE PRODUÇÃO ESTOCÁSTICA .....	38
5.2. SOBRE A EFICIÊNCIA TÉCNICA .....	41
<b>6. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>45</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>47</b>
APÊNDICE – A .....	51
ANEXO.....	58



## 1. INTRODUÇÃO

A evolução da produtividade agrícola ao longo das últimas décadas foi desigual e não equitativa quando se comparam diferentes países, regiões ou locais. Isto fica evidenciado a partir dos trabalhos como os de Hayami e Ruttan (1970), Kagowe e Hayami (1984), entre outros. Estes autores evidenciam que nos países menos desenvolvidos, a produtividade agrícola é 90% menor, em média, quando comparada à dos países desenvolvidos. Essa diferença estaria associada a diferentes níveis de estoque de capital, infraestrutura, tecnologia e capital humano (HAYAMI; RUTTAN, 1970).

Para o Brasil, os autores Moreira, Helfand e Figueiredo (2007), destacam que a produtividade agrícola também é desigual e não equitativa, com dados baseados no censo agropecuário de 1995-1996. Os pequenos produtores apresentam maior produção por ano, em quantidade, porém, como o preço praticado é menor do que o custo dos insumos totais de produção, a renda dos pequenos produtores é menor. Enquanto isso, os grandes produtores apresentam maior produtividade total dos fatores (PTF), que é a razão entre a receita total e o custo total de produção, nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte, razão pela qual existirá evidências de concentração de renda no campo (MOREIRA; HELFAND; FIGUEIREDO, 2007).

Historicamente, no que se refere a questão nacional, houve diversas modificações na agropecuária, como a utilização de diferentes técnicas e tecnologias, mudando a produtividade agrícola, cujos ganhos são inegáveis, tanto para a contribuição do bem-estar da sociedade não produtora quanto para os produtores, pois não se pode repartir algo que não se tem. Assim, vale destacar que os ganhos de produtividade geraram maior renda agrícola, contudo, a repartição desta não foi uniforme devido à continuidade da lógica iniciada no período da modernização conservadora<sup>1</sup> do campo (MARTINE, 1991).

Sua perpetuidade é evidente até os dias atuais pela evidência da concentração da renda agropecuária no Brasil que se mostra bem clara de acordo com Alves e Rocha (2010), em que, segundo o Censo Agropecuário de 2006, 8,2% das propriedades rurais (423.689 estabelecimentos) geraram aproximadamente 85% do valor total da produção. Enquanto quase um milhão de estabelecimentos (18,86% do total) produziu cerca de 11,10% do valor total da produção.

---

<sup>1</sup> Segundo Martine (1991), a modernização conservadora é considerada por manter a estrutura latifundiária na área rural em que, apesar dos ganhos de produtividade e renda, estes foram desiguais, elevando a concentração de renda e riqueza no campo.

De acordo com Assis e Romeiro (2002), a modernização agropecuária foi concentradora de renda, apesar do aumento médio da produtividade agrícola<sup>2</sup>. Isso pode ser explicado pela necessidade de altos volumes de investimento inicial, falta de acesso a conhecimento, financiamento e crédito, além do alto grau de endividamento por conta da compra de sementes híbridas, máquinas e equipamentos (ASSIS; ROMEIRO, 2002). Além disso, é importante salientar que as diferenças de escala da propriedade e produção podem afetar, positivamente ou negativamente, a produtividade (TAUER; MISHRA, 2006).

Dessa maneira, o desenvolvimento de sistemas de produção alternativos para a agricultura, aproximando-se da agricultura familiar, é uma proposta para a geração de renda para os agricultores e o aumento da autonomia econômica destes. Um desses exemplos é a prática da agricultura orgânica ou do sistema agroflorestal, cuja corrente principal é a ciência da agroecologia (ALTIERI, 1998).

A agroecologia é uma ciência que busca o desenvolvimento humano dos produtores rurais e sua integração socioeconômica, com base no aumento de renda advinda de uma produção sustentável<sup>3</sup> e do movimento social proporcionado pela cooperação entre os produtores (FRANCO, *et al.* 2011). Adicionalmente, a preocupação com a manutenção dos ecossistemas locais proporciona serviços ecossistêmicos da fauna e da flora que transbordam para o sistema de produção, que se beneficia (BUQUEIRA, 2015).

Concomitante ao desenvolvimento econômico do progresso industrial capitalista, a salientar os trinta anos gloriosos, a partir da segunda metade do século XX surgiram movimentos cuja atenção era voltada à preservação ou a conservação ambiental em contestação aos moldes de crescimento econômico, como reportado por Meadows *et al.* (1972) em *Limits to growth* e, posteriormente, o relatório de Brundtland – *Our common future* (ONU, 1987).

Assim, não apenas as atividades industriais foram criticadas pelo seu modelo de desenvolvimento, mas o movimento político e social que entrara em ebulição apontou também as questões de concentração fundiária e marginalização dos pequenos produtores (SEOANI; TADDEI, 2010). Isto concatena a questão social abordada anteriormente com a

---

<sup>2</sup> Baseado nos resultados elaborados por Bragagnolo (2012) para a decomposição da produtividade total dos fatores (PTF) calculada para as unidades da federação de 1975 até 2005, e de Gasques *et al.* (2009), também para a decomposição da PTF, entretanto, para o país como um todo.

<sup>3</sup> Altieri (1998) conceitua sistemas de produção sustentáveis as unidades produtivas em que há um balanceamento harmônico dinâmico entre a produção e o ecossistema, no que diz respeito ao nível de nutrientes do solo, luminosidade, umidade, tanto para a lavoura – essencialmente a policultura consorciada – quanto para ao ecossistema local, preservando o equilíbrio ecológico. Isso eleva a resistência do sistema como um todo, tornando-o mais tolerante a adversidades.

questão ambiental, abordada a seguir, acerca das consequências da necessidade do aumento da produtividade agrícola.

Além das consequências sociais concernentes a distribuição da renda na agricultura, a lógica de produção convencional perpetuada pela Revolução Verde também foi alvo de críticas em relação a insumos ambientalmente nocivos, seja por conta da utilização de defensivos agrícolas químicos produzidos artificialmente, pelo avanço da fronteira agrícola, pela monocultura e pela degradação do solo gerada por manejo inadequado (MOREIRA, 2000).

Portanto, é possível observar que a problemática acerca do tema da produtividade agrícola apresenta desdobramentos sociais e ambientais: a primeira concerne a distribuição desigual da evolução da produtividade agrícola, a salientar no contexto regional; enquanto a segunda é alvo das críticas acerca da degradação ambiental e o uso insustentável tanto dos recursos naturais quanto dos serviços ecossistêmicos.

Desta forma, o objetivo deste trabalho será analisar a eficiência técnica dos sistemas de produção agropecuários em propriedades de pequeno porte<sup>4</sup>, notadamente os sistemas agroflorestais, convencionais e orgânicos não agroflorestais. A análise será realizada para a região de Sorocaba em São Paulo. O resultado será obtido por meio do método de fronteira estocástica dado pela distância de cada produtor individualmente em relação a uma fronteira de produção (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

A hipótese é a de que os três sistemas, convencional, orgânico e agroflorestral, apresentam potencial para serem igualmente eficientes, nos termos da metodologia de fronteira estocástica.

As principais contribuições deste trabalho, com a aplicação da metodologia, buscar-se-á identificar quais as principais deficiências ou eficiências dos produtores em relação a uma curva média geral e em relação a diferença entre os três sistemas de produção quanto a sua produtividade. Dessa forma, acredita-se, que os resultados desta pesquisa poderão vir a contribuir para o desenvolvimento social, econômico e ambiental dos produtores na região pesquisada.

Finalmente, este trabalho está organizado em 5 seções. Na primeira seção, introdução, fora abordada a contextualização do estudo com uma breve apresentação do tema produtividade agrícola e da problemática em torno deste, bem como os objetivos do trabalho.

---

<sup>4</sup> É considerada: Pequena propriedade: até 4 módulos fiscais; Média propriedade: entre 4 e 15 módulos fiscais; Grande propriedade: 15 ou mais módulos fiscais. A unidade de medida é expressa em hectares e estabelecida pelo INCRA (Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária), variando de acordo com a região.

Na seção seguinte, segunda seção, será apresentada a literatura existente acerca desta questão, mostrando outros trabalhos e como este pode contribuir para a literatura existente. A terceira parte consiste em demonstrar os métodos empregados para alcançar os resultados propostos. A quarta seção aborda os resultados e a discussão. Por fim, a quinta e última seção será reservada para as conclusões e considerações finais.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Esta seção procura detalhar alguns conteúdos pertinentes à literatura existente. Para tanto, pretende-se apresentar artigos acerca da produtividade agrícola, exemplos empíricos sobre a produtividade nos diferentes sistemas de produção e análises empíricas utilizando a fronteira estocástica.

### 2.1. EXEMPLOS EMPÍRICOS SOBRE OS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Esta subseção se dedica a abordar alguns trabalhos que se referem aos diferentes sistemas: convencional, orgânico não agroflorestal e agroflorestal; em relação às possíveis comparações entre as características de cada um. Dentro das características, esta seção também procura diferenciar e exemplificar o manejo orgânico do manejo agroflorestal e quais as consequências econômicas sobre isto.

O sistema convencional é caracterizado pelo manejo tradicional do solo, com a utilização de agroquímicos, como adubos sintéticos, fertilizantes e defensivos agrícolas. Uma das características comuns é o plantio monocultor ou de poucas culturas, contudo, não é uma característica que defina o sistema. Esse sistema de produção é diretamente ligado com a Revolução Verde e a modernização da agricultura nos diversos países (ASSIS; ROMEIRO, 2002).

Os sistemas orgânicos e agroflorestais são caracterizados como sistemas alternativos, pois surgiram como práticas da ciência agroecologia e propõe uma forma de manejo diferente do convencional, de modo que não são utilizados insumos sintéticos e agroquímicos para a produção, como substituição a tais insumos, os sistemas alternativos propõem técnicas, como adubação verde, adubação orgânica, consórcio de espécies nativas com espécies comerciais, entre outras, de modo a conduzir para um manejo mais sustentável ambientalmente (ALTIERI, 1998) e (DULLEY, 2003).

Contudo, os sistemas orgânicos são diferentes dos sistemas agroflorestais. Os sistemas agroflorestais são caracterizados pela policultura consorciada de espécies arbóreas, arbustivas, rasteiras ou trepadeiras, sejam estas para fins comerciais ou espécies nativas, para compor um ecossistema denominado sistema agroflorestal (SAF), com a proposta de que o consórcio de várias espécies propiciaria serviços ecossistêmicos, como maior produção devido a um aumento de polinizadores e maior resistência a pragas e doenças (BUQUEIRA, 2015), gerando externalidades positivas (THOMAS; CALLAN, 2014). Adicionalmente, o sistema

agroflorestal propicia uma maior ciclagem de materiais, que aumenta a produtividade do solo e não gera perda de biodiversidade (ALTIERI, 1998).

O sistema orgânico, por sua vez, é caracterizado apenas pela não utilização de insumos sintéticos, no caso, fertilizantes químicos, adubos químicos e defensivos agrícolas. Dessa forma, apesar dos sistemas orgânico e agroflorestal serem considerados alternativos e ambos como práticas da agroecologia, existem diferenças (DULLEY, 2003).

A análise de Britto (2010) procurou analisar a viabilidade de diferentes sistemas de produção, diferentemente deste trabalho que tem como foco a questão da produtividade. Contudo, dada a relativa escassez de trabalhos sobre o assunto, é importante destacar outros estudos econômicos de avaliação de sistemas agropecuários alternativos.

Britto (2010) analisou produtores de manga convencional e orgânica no polo de desenvolvimento de Juazeiro-Petrolina, no Sub-Médio do Vale do Rio São Francisco, cuja variedade mais plantada é a Tommy Atkins.

A análise utilizada foi da viabilidade econômica pelo Valor Presente Líquido (VPL) para 20 anos considerando os investimentos iniciais. Além do VPL, os indicadores: taxa de rentabilidade e *payback* descontado foram utilizados para verificar o desempenho dos sistemas. Adicionalmente, a produtividade calculada para ambos os sistemas foi de acordo com a quantidade produzida por hectare por ano.

Assim, o estudo de Britto (2010) observou que o valor presente líquido, em reais por hectare, para a manga convencional (12.500 R\$/ha) é menor que o valor para o sistema orgânico (16.000 R\$/ha), cujo *payback* descontado foi de cinco anos e dez meses para a manga orgânica e seis anos e três meses para o sistema convencional. A rentabilidade foi maior no sistema orgânico.

Além disso, mas não menos importante, é destacar que a produtividade da manga convencional (25.000 kg/ha/ano) foi maior do que a produtividade da manga orgânica (20.000 kg/ha/ano), contudo, não se considerou a questão do cálculo da produtividade dos fatores, em cujo cálculo consta a razão entre as receitas obtidas e os custos utilizados na produção.

O trabalho de Britto (2010), portanto, coloca que apesar da menor produtividade em termos de massa produzida por área tempo, as receitas compensariam sua produção.

O trabalho de Nascimento *et al.* (2011) destaca que a agroecologia é uma ciência construída através de alternativas sociais e econômicas para arranjos produtivos agrícolas em resposta às implicações e consequências da revolução verde. Esta é diferente da agricultura orgânica e é uma alternativa aos manejos convencionais.

Dessa forma, Nascimento *et al.* (2011) escolheram uma pequena unidade produtiva agroflorestal no município de Cananéia-SP para se observar o desempenho socioeconômico e ambiental. Esta propriedade foi escolhida por apresentar 15 anos de manejo agroflorestal, caracterizando áreas antigas e outras mais recentes (NASCIMENTO *et al.*, 2011).

Nascimento *et al.* (2011) coloca, ainda, três dimensões em seu trabalho: a dimensão produtiva, considerando também a forma de utilização do solo; a dimensão social, relevando a infraestrutura do local; e a dimensão ambiental, concernente aos aspectos ecológicos.

Acerca da primeira dimensão, a propriedade conta com 16 hectares totais, dos quais são utilizados para produzir culturas, principalmente, de citros, palmito, goiaba e frutos diversos. As áreas são divididas entre: uma mais antiga, caracterizada pela diversidade grande de espécies arbóreas consorciadas com culturas produtivas; a segunda área é menor e está em estágio de formação, principalmente utilizada como forma de contenção da erosão do solo; a terceira área é a mais nova e apresenta maiores dificuldades de manutenção devido à existência de pragas e fungos (NASCIMENTO *et al.*, 2011).

A principal observação neste exemplo é a caracterização de um sistema agroflorestal, em que o plantio das culturas destinadas à venda é realizado de forma consorciada com outras espécies arbóreas e herbáceas, cuja criação conjunta proporciona a existência de um ecossistema que permite um menor custo com manutenção, defensivos agrícolas, fertilizantes e outros insumos, pois estes são fornecidos pelos serviços ecossistêmicos. Isto geraria um aumento na produção e na renda do agricultor (NASCIMENTO *et al.*, 2011).

Acerca da dimensão de infraestrutura, Nascimento *et al.* (2011) destaca que a estrada de acesso não apresentava manutenção, revelando certa dificuldade para o transporte da produção e acesso à escola para os familiares.

Sobre a dimensão ambiental, coloca-se que a propriedade estava praticamente integrada com o ecossistema de floresta local. Assim, a biodiversidade atuava fortemente como um serviço ecossistêmico para a propriedade (NASCIMENTO *et al.*, 2011).

O principal intuito de destacar este artigo, apesar de não tratar especificamente da produtividade agrícola do sistema agroflorestal, está na caracterização do que é a ciência agroflorestal na prática: integração social, ambiental e econômica do produtor e de sua propriedade, salientando o papel deste sistema de produção para a pequena propriedade.

O trabalho de Santos e Paiva (2005) analisa a viabilidade econômica de um hectare de sistema agroflorestal em uma propriedade localizada no Pontal do Paranapanema no estado de São Paulo. O plantio era de eucalipto, feijão, mandioca e milho consorciados. A vantagem deste estudo consiste no detalhamento em relação à produção do sistema.

A produtividade média por hectare por ano foi de 34m<sup>3</sup> por ano de eucalipto, aproximadamente 3000kg de feijão, 4000kg de mandioca e 3200kg de milho, e o valor presente líquido foi positivo para 21 anos de produção de todos os sistemas, identificando que a produção agroflorestal é viável (SANTOS; PAIVA, 2002).

Logo, é possível observar que, na produção agroflorestal utiliza-se a policultura consorciada com espécies arbóreas nativas e herbáceas, além de outras, adicionando-se a questão socioeconômica de autonomia do produtor (IFC-CAMPUS RIO SUL, 2013). Enquanto a prática orgânica não necessariamente é uma policultura consorciada, e não necessariamente está diretamente vinculada com o desenvolvimento do produtor. Desta forma, o sistema agroflorestal é um sistema orgânico, mas não necessariamente um sistema orgânico é um sistema agroflorestal.

## 2.2. EXEMPLOS EMPÍRICOS DE ESTUDOS SOBRE ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

Tauer e Mishra (2005) buscaram avaliar a situação da competitividade das pequenas propriedades agrícolas de produção de leite (*small dairy farms*) nos estados do Arizona e Wisconsin para 120 propriedades em relação aos seus custos de receitas de produção utilizando o método de fronteira estocástica, cuja base de dados utilizada foi a do USDA (United States Department of Agriculture), mais especificamente a pesquisa *Dairy Production Practices and Costs and Returns Report*, para o ano de 2000. As fazendas que compuseram a amostra foram escolhidas de forma aleatória.

Os resultados obtidos mostram que economias de escala e a ineficiência se aplicam aos custos fixos muito mais fortemente que aos custos variáveis, tanto para pequenas propriedades quanto para grandes propriedades. Ou seja, na medida em que há mais vacas na propriedade, há um aumento de eficiência, em consequência, as propriedades de menor porte podem ser competitivas no mercado com as grandes, podendo ser via utilização mais eficiente do capital fixo ou da apropriação de uma nova tecnologia (TAUER; MISHRA, 2005).

É importante observar que nesta ilustração de caso empírico os autores colocam que a produtividade total dos fatores pode ser semelhante tanto para pequenas quanto para grandes propriedades, incorrendo em uma apropriação tecnológica específica para as pequenas propriedades. Dessa forma, concernente ao fator de escala em relação ao tamanho da propriedade não apresenta uma magnitude tão elevada relativamente a uma variação na magnitude dos insumos variáveis, como o número de cabeças no rebanho (TAUER; MISHRA, 2005).

Os autores Chinwuba e Emmanuel (2006) fazem uso da metodologia da análise de fronteira estocástica incluindo aspectos sociais para averiguar os determinantes da produção de inhame no sudoeste da Nigéria em pequenas propriedades agrícolas, utilizando dados coletados a partir de 120 produtores do estado de Enugu, que apresenta 17 áreas de governo locais, das quais foram escolhidas seis áreas para compor a amostra. Para cada área foram escolhidas duas comunidades e por cada comunidade foram escolhidos 10 produtores de inhame.

A eficiência calculada no trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006) variou entre sete centésimos (0,07) a 0,85, com média de 0,41. Assim, uma grande diferença entre a produtividade de cada propriedade e a produtividade média. Adicionalmente, a inserção das variáveis socioeconômicas foi significativa no modelo, inferindo que parte da ineficiência também está ligada por fatores de desenvolvimento humano.

Portanto, as pequenas propriedades de produção de inhame no sul da Nigéria podem ter uma elevação média de 59% em sua eficiência. Este desempenho está vinculado à experiência no campo, que afeta negativamente a eficiência, e a educação e ao crédito, que por sua vez afetam positivamente a eficiência (CHINWUBA & EMMANUEL, 2006).

É importante salientar que Tauer e Mishra (2005) consideram as propriedades para a análise da eficiência, não considerando os proprietários em si, sejam os empreendedores e/ou capitalistas (GUIDUCCI *et al.* 2012). Ou seja, não são consideradas as características socioeconômicas dos produtores, tais como escolaridade, idade, acesso a crédito, entre outras variáveis, consideradas no trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2005).

Ali e Byerlee (1991), contudo, defendem que a análise deve ser realizada para o sistema total em que os produtores operam, isto é, não considerar as condicionantes sociais, mas sim a produtividade da propriedade. Isto é justificado pelo argumento de que a construção de políticas de desenvolvimento social se devem a outro conjunto de metas, não da política agrícola.

Neste trabalho, entretanto, não serão utilizadas variáveis ou indicadores sociais, pois o foco é analisar unicamente a produtividade das propriedades em relação à utilização de insumos, considerando os custos e a produção para os sistemas de produção convencionais, agroflorestais e orgânicos não agroflorestais.

Theriaut e Serra (2014) realizaram um estudo no Mali, Benin e Burkina Faso procurando incorporar efeitos do ambiente institucional nesta região sobre a produção de algodão utilizando a metodologia de fronteira estocástica. Para isso, além do cálculo da ineficiência de produtividade, o termo da ineficiência foi utilizado como variável dependente

em outra regressão, nesta por sua vez, as variáveis explicativas foram determinadas em razão das instituições locais, como a estrutura de mercado, assistência técnica e organização dos produtores.

Foram entrevistados 263 produtores, sendo 90 em Benin, 60 em Burkina Faso e 113 em Mali. Com eliminações, esse número passou para 222 observações. Os resultados mostraram que a terra é o fator mais elástico, em que a variação de 1% no tamanho da propriedade destinada ao algodão eleva em 0,8% sua produção, o que contribui para a ideia de que a extensão do cultivo pode ser mais atraente do que a sua intensificação. Em relação à ineficiência, esta foi, em média, de 20%, com um máximo de 85% e um mínimo de 2%, sendo os produtores de Burkina Faso e Benin mais eficientes do que os do Mali, apesar destes últimos serem mais bem providos de insumos de capital. Outro fator que também foi encontrado pelos autores foi a possível competição entre o cultivo do algodão e o cultivo de alimentos, ou seja, existe a ineficiência no cultivo de algodão porque na mesma área também há cultivo de outros produtos.

Outro ponto institucional importante encontrado foi que os produtores que relataram experiências negativas com a organização de cooperativas ou a cooperação dos produtores, o que inclui falhas na distribuição de pagamentos, atrasos e complicações com empréstimos e pagamentos realizados em nome de outros produtores, foi um fator relevante para explicar a ineficiência (THEURIAUT; SERRA, 2014).

Este estudo se revela importante para a discussão do tema sob o aspecto institucional, que não se pode avaliar somente a ineficiência, mas sim as causas da ineficiência. Estas podem estar bastante relacionadas com o meio em que as firmas estão inseridas e todo aparato de contratos e restrições às quais estão submetidos.

### 3. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho será averiguar, através da metodologia de análise de fronteira estocástica, se há (ou não) evidências empíricas sobre a possibilidade de que a eficiência dos três sistemas de produção – convencional, orgânico e agroflorestal – apresentam potencial para serem igualmente eficientes em termos da função de produção, em pequenas propriedades<sup>5</sup>, nas regiões de São Paulo, Sorocaba, para o ciclo produtivo de 2015.

Adicionalmente, pretende-se contribuir para a literatura já existente sobre sistemas de produção agrícolas e em relação aos trabalhos sobre fronteira estocástica.

É importante salientar que este trabalho não propõe qualificar ou ranquear o melhor modo de produção, uma vez que o sistema estudado se encontra em uma região específica e com circunstâncias diferentes de outros locais. Os sistemas de produção devem ser escolhas dos produtores, que variam seus métodos juntamente com sua localização geográfica, uma vez que a agricultura em si está diretamente relacionada com os fatores específicos de determinadas regiões.

---

<sup>5</sup> Pequenas propriedades: até 4 módulos fiscais ou o equivalente a aproximadamente 53 ha para uma média do tamanho dos módulos fiscais correspondentes as regiões de São Paulo e Sorocaba (INCRA, 2013).



#### 4. REFERENCIAL TEÓRICO E METODOLOGIA

Esta seção está subdividida em: referencial acerca dos trabalhos empíricos realizados sobre produtividade agrícola; determinação dos locais de pesquisa; em sequência coloca-se a questão do tratamento dos dados e a descrição das variáveis utilizadas; apresenta-se o estado da arte da análise de fronteira estocástica; a metodologia e o método de estimação da fronteira estocástica.

##### 4.1. ABORDAGENS PIONEIRAS ACERCA DA PRODUTIVIDADE AGRÍCOLA

Hayami e Ruttan (1970) foram pioneiros no trabalho acerca da heterogeneidade da produtividade agrícola entre países. Eles destacam que a produtividade é relacionada com a acumulação de capital pré-existente, a tecnologia utilizada nos insumos fixos e/ou variáveis e o capital humano, incluindo educação, nível de habilidade e conhecimento, técnicas, entre outros.

Dessa forma, as diferentes produtividades dos países são resultados de diferentes combinações de fatores de produção, em que se analisa que os países em desenvolvimento apresentarem menores valores em relação aos países desenvolvidos (HAYAMI; RUTTAN, 1970).

Os países menos desenvolvidos (LDC) – Índia, Filipinas, República Árabe Unida e Colômbia apresentaram 90% a 96% de diferença em relação ao produto por trabalhador mensurado nos Estados Unidos, isso se deveu principalmente por conta do capital humano (em torno de 40%). O capital e capital humano disponível estão em segundo lugar, com 30%, e os insumos técnicos explicam um quarto do produto do trabalhador neste grupo de países (HAYAMI; RUTTAN, 1970).

Os países desenvolvidos (DC) apresentaram diferença de 50% na produção por trabalhador, com exceção do Japão (89%), pelas suas características específicas. A acumulação de recursos e o capital humano empregado explicam um quinto da produção por trabalhador, enquanto a tecnologia dos insumos representa cerca de 15% (HAYAMI; RUTTAN, 1970).

Kawagoe, Hayami e Ruttan (1984) expandiram o número de países analisados e observaram dados em relação ao tempo (1960-1980). Os autores observaram que os países menos desenvolvidos ainda apresentam grandes diferenças de produtividade em relação aos desenvolvidos, contudo, reiteram que investimentos em capacitação, pesquisa e em

suprimento de tecnologia e técnicas agrícolas podem representar um grande salto para o desenvolvimento da agricultura.

Essa conclusão é baseada nos resultados dos países asiáticos com baixa renda, cujos investimentos em tecnologias e capacitação proveram um salto na produção agrícola por trabalhador incluindo um rápido crescimento demográfico. Adicionalmente, após certo estágio de desenvolvimento agrícola, a mecanização será cada vez mais interessante, pois os níveis de salários dos trabalhadores irão aumentar significativamente (KAWAGOE; HAYAMI; RUTTAN, 1984).

#### 4.2. LOCAIS DE PESQUISA

A região escolhida foi a do leste da região administrativa de Sorocaba, compreendendo os municípios de São Miguel Arcanjo, Pilar do Sul, Iperó, Araçoiaba da Serra, Piedade, Tapiraí e Ibiúna; Capão Bonito; às regionalizações circunscritas a São Paulo, e os municípios Mogi das Cruzes e Parelheiros.

As regiões que compõem a amostra são importantes abastecedoras de alimentos para os municípios de Sorocaba e São Paulo, principalmente, considerando que a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (CEAGESP) de Sorocaba recebe 10 mil toneladas de alimentos por mês (GONÇALVES, 2015), além das feiras abertas nos municípios. Além das feiras de produtos especializados em produtos orgânicos, como a feira do Parque Chico Mendes e a Feira Agroecológica, ambos no município de Sorocaba, a feira do Parque da Água Branca, das feiras no Parque Ibirapuera, no Parque Burlle Marx, entre outros entrepostos de comercialização (AAO, 2016).

Além disso, a região conta com programas de assistência à agricultura, principalmente de pequenos produtores e produtores familiares, como o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), que garante a compra no equivalente a 8 mil reais em alimentos de agricultores enquadrados no Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF), de acordo com a lei 10696/2003 (BRASIL, 2003), artigo 19º. E o programa de fornecimento de alimentos oriundos de cooperativas e associações de agricultura familiar para a merenda escolar destinada ao município de São Bernardo (SÃO PAULO, 2009), de acordo com a lei 11947/2009 (BRASIL, 2009).

A amostra foi estratificada e aleatória para pequenas propriedades rurais familiares, isto é, aquelas compreendidas até quatro módulos fiscais (BRASIL, 1993) e cuja mão de obra utilizada na produção provém majoritariamente da família do proprietário. A média aritmética

de quantos hectares corresponde a um módulo fiscal nos municípios escolhidos para a pesquisa é de 13,14 ha (INCRA, 2013).

#### 4.3. O ESTADO DA ARTE DA ANÁLISE DE FRONTEIRA ESTOCÁSTICA

O modelo de fronteira estocástica surge como alternativa às funções de produção teórica e estimada: a primeira é dada pela maximização da produção dada uma combinação específica de insumos, abordagem dada pela microeconomia (PINDYCK & RUBINFELD, 2006); a segunda é uma proposta de Aigner & Chu (1968) apud Aigner, Lovell e Schmidt (1977), Afriat (1972) apud Aigner, Lovell e Schmidt (1977) e Richmond (1974) apud Aigner, Lovell e Schmidt (1977), em que a função de produção pode ser estimada por um modelo paramétrico e adicionar um erro estocástico.

Em relação à estimação da fronteira de produção paramétrica, os autores procuraram maximizar o valor da função  $\sum[y_i - f(x_i; \beta)]$ ,  $i = 1, 2, \dots, N$ , contudo, esta era bastante sensível a outliers, de forma que os ajustes propostos não asseguravam embasamento estatístico ou econômico, dadas condições das técnicas de programação matemática (AIGNER, LOVELL & SCHMIDT, 1977).

Dessa forma, Aigner, Amemiya e Poirier (1976) contribuíram incluindo inferências nos erros estocásticos do modelo; seja com um método de estimação pela máxima verossimilhança ou com um resumo teórico acerca da especificação dos erros, respectivamente.

Aigner, Lovell e Schmidt (1977) propuseram que o erro estocástico fosse uma função da composição de outros dois termos de erro independentes entre si, isto é, não correlacionados:  $\varepsilon_i = v_i + u_i$ . Essa formulação desvincularia a eficiência técnica (negativa) de um erro aleatório, como uma enchente nas lavouras.

Na mudança da década de 1970 para 80, os autores Forsund, Lovell e Schmidt (1980) apud Kumbhakar e Lovell (2003), afirmaram que a principal limitação era a impossibilidade da decomposição do resíduo individual, sendo que apenas para a média é possível, nos dois componentes relatados acima.

A proposta de Jondrow *et al.* (1982) em conjunto com outros autores foi, então, analisar uma função de custos, ao invés de uma função de produção, de forma que o sinal da ineficiência seria trocado – de negativo para positivo – pois estaria de acordo com a teoria econômica e com a lógica, de forma que fosse possível a estimação exponencial do erro:  $c = f(y; w; \beta) \cdot \exp(v + u)$ , em que  $u$  apresente a distribuição  $N(-\sigma_v; \varepsilon/\sigma_v + \sigma_v/\sigma_u; \sigma_v^2)$ .

Posteriormente, Kopp e Diewert (1982) elaboraram técnicas para mensurar a decomposição das eficiências técnica e alocativa dos custos de produção em resposta às dificuldades para estima-los separadamente.

Contudo, apesar da validade dos resultados provenientes de dados de seção cruzada, a utilização de dados em painel provê uma maior quantidade de informações acerca dos produtores em relação às mudanças ao longo do tempo, dessa forma, autores como Pitt e Lee (1981) e Schmidt e Sickles (1984) abrangeram o modelo da análise de fronteira estocástica para metodologias de dados em painel e painel de efeitos fixos e aleatórios, respectivamente. Em termos de síntese, Kumbhakar e Lovell (2003) realizam uma compilação das possibilidades de uso da análise de fronteira estocástica até então, considerando a metodologia empregada, os antecedentes históricos e a didática explanação das metodologias utilizadas em termos teóricos e estatísticos. Deste modo, tais autores expõem a metodologia para a verificação da eficiência técnica e eficiência econômica, considerando os custos e receitas, as formas possíveis de estimação, seja em para seção cruzada ou dada em painel, com a possibilidade dos testes de efeitos fixos e efeitos aleatórios e a decomposição de cada uma das formas de eficiência (KUMBHAKAR & LOVELL, 2003).

#### 4.4. METODOLOGIA E MÉTODO DE ESTIMAÇÃO

A metodologia utilizada neste trabalho se baseia nos artigos, independentes, de Meeusen e Broeck (1977) e Aigner, Lovell e Schmidt (1977) acerca da abordagem de fronteira estocástica e Kumbhakar e Lovell (2003) e Kumbhakar, Wang e Horncastle (2015).

Uma breve revisão no que tange ao assunto tratado já foi abordada na seção 2.3, dessa forma, esta seção tem como objetivo explorar a metodologia empregada neste trabalho sobre as fronteiras estocásticas.

A eficiência técnica (ET) pode ser explorada na função de produção como fora anteriormente visto na seção 2.3, de modo que esta pode ser escrita como (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$y_p = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta) \cdot ET_p \quad (1)$$

Na equação (1),  $y_p$  é a produção da propriedade  $p$ , com  $p = 1, 2, \dots, P$ , em reais correntes de 2015,  $f(\cdot)$  é a função de produção da propriedade, em que  $x_{pi}$  são os insumos variáveis da propriedade  $p$ , com  $i = 1, 2, \dots, N$ , pois são esgotados completamente em um ciclo produtivo,  $\bar{x}_{pj}$  são os insumos fixos, sendo considerados de longo prazo, pois a mudança em

suas quantidades é mais rígida e perduraria por mais de um ciclo produtivo (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

A matriz  $\beta$  corresponde a matriz dos parâmetros estimados e  $ET_p$  é um coeficiente que varia de zero a unidade e representa a eficiência técnica da produção. Quanto mais próximo da unidade, mais eficiente será a propriedade e quanto mais próximo de zero, menos eficiente será a propriedade (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

Dessa forma, isolando a ET, podemos reescrever (1) como (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$ET_p = \frac{y_p}{f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta)} \quad (2)$$

Novamente,  $0 \leq ET_p \leq 1$ , cujo embasamento teórico é que isto demonstraria a ineficiência do produtor  $p$ , logo, o valor máximo ( $ET_p = 1$ ) representa a máxima eficiência que pode ser alcançada pelo produtor (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003).

Contudo, estas equações apresentam a função de produção determinística, portanto, para incorporar a influência de choques externos ou ao erro estocástico ( $e^{(v_p)}$ ) esta deve ser reescrita na forma de (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$ET_p = \frac{y_p}{f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta) \cdot e^{(v_p)}} \quad (3)$$

Desse modo, a (3) atribui-se o nome de fronteira estocástica de produção, pois o erro  $v_i$  é variável entre os produtores. Contudo, uma das considerações relevantes é a de que ainda não é possível estimar a função por este modelo, uma vez que a análise compreende  $N, K, P > 1$ , portanto, a necessidade de se trabalhar com matrizes.

Uma forma de simplificar a equação começa com a influência teórica sobre (1), de forma que a eficiência técnica é representada por um sinal negativo ( $-u_p$ ), indicando a ineficiência de um produtor, que pode ser reescrito na forma (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003):

$$y_p = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta) \cdot e^{(-u_p)} \quad (4)$$

Assim, podemos reescrever a equação estocástica na forma de:

$$y_p = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj}; \beta) \cdot e^{(-u_p)} \cdot e^{v_p} \quad (5)$$

Ao log-linearizar a equação (4) em questão obtém-se um modelo linear, conforme a equação (5), com uma matriz  $\beta$  de parâmetros, cujos erros  $v_p$  são identicamente distribuídos com média nula ( $E(v_i) = 0$ ) e variância  $\sigma^2$  e não correlacionado com  $u_p$ , de forma que este último representa a ineficiência técnica; e de intercepto  $\alpha$ , correspondente a (ARCOVERDE, 2005; KUMBHAKAR; WANG; HORNCastle, 2015):

$$\ln y_p = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \ln x_{pi} + \sum_{i=1}^n \beta_j \ln \bar{x}_{pj} v_i - u_i \quad (6)$$

É importante salientar que  $u_i$  convém ser positivo em definição teórica, uma vez que o sinal negativo inserido na equação já explicita a ineficiência técnica.

Além disso, Griffin, Montgomery e Rister (1987) atentam para a utilização da forma funcional mais adequada. No trabalho, tais autores realizam uma revisão bibliográfica das diversas formas funcionais utilizadas na modelagem de fronteira estocástica e apontam os aspectos positivos e limitações das formas funcionais.

Dessa forma, Griffin, Montgomery e Rister (1987) inferem que não existe a melhor forma funcional, mas sim a que melhor representa os dados da modelagem, de forma a analisar os seguintes aspectos: manutenção das hipóteses teóricas, estimação do modelo, dados disponíveis e aplicação.

Neste trabalho, foram testadas três formas funcionais: a Linear, a Cobb-Douglas e a Transcendental. O Quadro 2 apresenta os modelos testados, considerando as variáveis descritas de acordo com a notação da Tabela 1, em que o prefixo “l” denota a transformação em logaritmos.

A forma funcional Cobb-Douglas foi escolhida por ser a mais tradicional, cuja interpretação já compreende as elasticidades, além da soma dos parâmetros estimados retornar a existência de retornos constantes, crescentes ou decrescente à escala, caso tal soma seja igual, maior ou menor que a unidade. A derivada parcial de primeira ordem da função não retorna se os insumos de produção afetam um ao outro, ou seja, se a variação na quantidade de um insumo também afetaria na produtividade marginal de outro insumo (PAVALESCU, 2011).

A forma funcional da Cobb-Douglas pode ser dada por (GRIFFIN; MONTGOMERY; RISTER, 1987):

$$Y_i = \alpha \prod_{i=1}^N x_i^{\beta_i} \quad (8)$$

De forma que, aplicando o logaritmo natural na equação (8), é possível obter a equação (9), com a constante suprimida:

$$\ln y_i = \beta_i \ln x_i, \text{ com } i = 1, 2, \dots, N \quad (9)$$

Na forma funcional Linear não há transformação das séries utilizadas em logaritmo, de forma que a interpretação das derivadas de primeira ordem em relação aos insumos de produção  $x_i$  necessite de transformações para se calcular as elasticidades. Adicionalmente, a

função Linear é bastante simples, porém não retorna se existem retornos constantes, crescentes ou decrescentes à escala. Sua forma funcional pode ser dada por (GRIFFIN; MONTGOMERY; RISTER, 1987):

$$y_i = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i \quad (10)$$

A partir da estimação da fronteira estocástica, é possível obter os valores das ineficiências técnicas das propriedades rurais através de  $u_i$ , como explicitado na equação (6).

Assim como Theuriaut e Serra (2014), o termo da ineficiência pode ser explicado por outros fatores, de forma que uma regressão considerando a própria ineficiência como variável dependente seria interessante para abordar de forma mais consistente quais características podem estar influenciando a eficiência.

Desse modo, para este trabalho, optou-se por utilizar uma regressão linear multivariada considerando o sistema de produção utilizado, a área plantada da propriedade, com intuito de observar questões de escala e utilização da capacidade de produção, e a utilização de sementes melhoradas e/ou mudas trabalhadas, conforme equação (13).

$$\hat{u}_p = \alpha + \sum_{k=1}^5 \beta_p x_k + \varepsilon_p \quad (13)$$

A variável dependente na equação (13) é a eficiência técnica estimada das propriedades  $\hat{u}_p$ , em que  $p = 1, 2 \dots P$ , o número de propriedades. O vetor  $x_k$  compreende cinco variáveis, das quais quatro são variáveis binárias: se a propriedade utiliza sistema convencional, “conv”; se o sistema é orgânico, “org”; se o sistema é agroflorestral, “agro”; e se existe a utilização de sementes melhoradas para a produção, “semm”. A única variável contínua é o tamanho da área plantada, em hectares, a mesma utilizada na equação (6), “area”.

#### 4.5. COLETA DE DADOS

A coleta de dados considerou uma amostra estratificada de propriedades de até 4 módulos fiscais ou até 53 hectares, que estejam na região de Sorocaba e São Paulo e apresentem sistema de produção convencional, orgânico não agroflorestral e agroflorestral, porém, é importante salientar que esta amostra foi aleatória.

As respostas foram obtidas através de entrevistas com questionário estruturado, Apêndice – A, em diversas feiras abertas nas cidades, principalmente nos municípios de São Paulo, Sorocaba; no estabelecimento rural, principalmente em Iperó, Araçoiaba da Serra; e

diretamente com o produtor, principalmente nos municípios de Tapiraí, Pilar do Sul, Mogi das Cruzes e Ibiúna.

Foram coletados 42 questionários estruturados, sendo estes referentes à região de Sorocaba e São Paulo, durante quatro meses de coleta. Destes, 29 produtores utilizam o sistema convencional, 10 o orgânico e 3 o agroflorestais.

Os dados consideraram o ciclo produtivo de 2015, durante o período de um ano. A inexistência de dados anteriores ao levantamento impossibilitou a utilização de dados em painel.

Em relação à amostra coletada, Seyoum, Battese e Fleming (1998), avaliaram a eficiência técnica de produtores de milho no leste da Etiópia através da metodologia de fronteira estocástica, referentes ao ano de 1995/96 no calendário agrícola, utilizando uma amostra de 20 fazendeiros, para aqueles que estavam no projeto Sasakawa-Global 2000<sup>6</sup> e outros 20 que não pertenciam ao grupo, totalizando 40 observações. Os autores concluíram que o grupo participante dos trabalhos do SG 2000 obtiveram maior produção e produtividade em relação aos que não estavam e sugerem que o governo também forneça suporte à promoção do trabalho desta organização (SEYOUM; BATTESE; FLEMING, 1998).

Outro trabalho que apresenta similar quantidade de observações e uma diferença entre os grupos de propriedades pesquisadas é o trabalho de Mathjis e Swinnen (1997), que analisa a diferença de produtividade entre a produção em escala de organizações cooperativas, sejam estatais ou privadas, e propriedades familiares no oeste da Alemanha. Neste trabalho, são utilizadas 44 observações, dispostas em três grupos: propriedades familiares, cooperativas e organizações de grande escala. Do total, 32 observações foram de propriedades familiares. Os dados foram coletados em 1991/92 e 144/95, configurando um modelo de fronteira estocástica em dados em painel e a utilização de um método de fronteira determinística.

Os resultados encontrados por tais autores apontam para um resultado onde as propriedades familiares e as cooperativas são as mais eficientes, pois lidam melhor com problemas envolvendo agentes administrativos. Porém, as propriedades familiares não foram capazes de exaurir as economias de escala, por serem muito pequenas, de forma que as organizações de larga escala e as cooperativas foram mais bem sucedidas em tal aspecto (MATHJIS; SWINNEN, 1997).

É importante observar por tais trabalhos que a amostra apresentada pode ser relativamente pequena, no caso de Seyoum, Battese e Fleming (1998), e a divisão dos grupos

---

<sup>6</sup> O Sasakawa-Global 2000 é uma Organização sem fins lucrativos com objetivo de transferir tecnologias para o desenvolvimento das regiões da África em parceria com entidades externas.

a serem abordados na pesquisa podem conter uma diferença no número de elementos, como em Mathjis e Swinnen (1997), e mesmo assim apresentar resultados interessantes.

É importante salientar que em relação à imputação de dados, às células não respondidas foi realizado um cruzamento de dados de outras propriedades de características bastante semelhantes para completar informações faltantes de respostas inteiras, principalmente em relação à informação sobre as culturas e as receitas referentes. Caso o questionário estivesse com respostas insuficientes, este foi descartado.

Adicionalmente, uma limitação clara nesta etapa é a dependência da lembrança dos produtores rurais sobre a produção passada. Isso se deve ao fato de que as respostas para o questionário fazem referência ao período produtivo do ano anterior, de forma que se dependeu fortemente da lembrança dos produtores. A Pesquisa Orçamentária Familiar (POF) apresenta limitação semelhante, uma vez que as respostas estão vinculadas à memória dos entrevistados (IBGE, 2009).

#### 4.6. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS UTILIZADAS E TRATAMENTO DE DADOS

Esta seção se baseia na metodologia de Guiducci *et al.* (2012), com relação às orientações de obtenção da função custo e às etapas de produção e colheita das lavouras e da Teoria da Firma em relação à microeconomia, para o auxílio à elaboração da função de produção (PINDYCK & RUBINFELD, 2006).

O Quadro 1 mostra resumidamente as variáveis levantadas na pesquisa e utilizadas no modelo econométrico, bem como, as siglas utilizadas na estimação dos modelos e uma breve descrição das mesmas. A letra “l” no início de cada nome indica que houve uma transformação em logaritmo neperiano daquela série. A unidade de medida para todas as variáveis, exceto para a área plantada e as variáveis binárias são em valores correntes para o ano de 2015 (R\$). A área foi mensurada em hectares e as variáveis binárias apresentam valor unitário, em caso afirmativo e nulo, em caso negativo.

Quadro 1 - Variáveis utilizadas, sigla utilizada, descrição e unidade de medida

Variável	Sigla	Descrição
Área plantada (ha)	area	Tamanho da área plantada
Mão de obra familiar (R\$)	mdo	Custo de oportunidade da mão de obra familiar somada ao custo da
Mão de contratada (R\$)		mão de obra contratada
Adbos Químicos (R\$)	aquim	Despesas com adubos químicos

Adubos Orgânicos (R\$)	aorg	Despesas com adubos orgânicos
Defensivos (R\$)	def	Despesas com defensivos
Sementes (R\$)	sem	Despesas com sementes ou mudas
Capital total (R\$)	k	Valor do capital da propriedade
Receita Total (R\$)	rt	Valor total das receitas

Fonte: Elaboração própria.

Adicionalmente, as variáveis binárias foram quatro: se o sistema de produção é convencional, com nome “conv”; se é orgânico, “org”; se é agroflorestal, “agro”; e se a utilização de sementes melhoradas ou mudas trabalhadas representa mais de 50% das culturas plantadas, em quantidade de culturas, denominada “semm”.

O questionário referente à coleta de dados está no Apêndice A e esta seção se dedica a explorar melhor o seu conteúdo. O conteúdo do Apêndice A é o questionário em sua versão final, pois os formatos utilizados como piloto foram readaptados. Dessa forma, a relação entre as variáveis e seus respectivos tratamentos seguirá a ordem das questões.

A primeira questão faz referência à área plantada, pois esta é associada a um valor total correspondente às receitas da propriedade em um ano. Logo, é fundamental a inserção de uma pergunta acerca do tamanho da propriedade para observar qual o efeito da terra em relação à produção, procurando captar também efeitos de escala acerca da propriedade. A área plantada foi considerada um insumo fixo, pois sua expansão exigiria mais de um ciclo produtivo (PINDYCK; RUBINFELD, 2006).

Em seguida, perguntou-se acerca dos os insumos utilizados na produção por meio de um grupo de perguntas. Este está subdividido para a mão de obra, para os insumos associados a terra e para os insumos de capital utilizados.

Em relação à mão de obra, foi perguntado se é familiar<sup>7</sup> ou contratada, quanto tempo dura o trabalho em dias por semana, o período (meio ou integral), quanto valeria a mão de obra local, caso fosse contratada ou se for contratada e, finalmente, se for familiar, se há outro tipo de renda, pois, neste caso, não poderia ser contabilizada como mão de obra. Além disso, opta-se por distinguir a mão de obra em relação ao sexo, masculino e feminino; e idade, em maiores de 18 anos e menores. Isto permitiu realizar a contabilização do valor da mão de obra no campo, sendo realizado o cálculo ponderado do valor da mão de obra familiar: a unidade, caso homem e maior de 18 anos, o coeficiente de 0,7, caso mulher ou menor de 18 anos e

<sup>7</sup> A mão de obra considerada familiar é relativa ao grau de parentesco entre os indivíduos que trabalham na propriedade e não são remunerados formalmente pelo seu trabalho. A mão de obra contratada se refere ao trabalho assalariado pago aos indivíduos que exercem atividade remunerada na propriedade.

multiplicado por 0,5, caso seja meio período trabalhado. Considerou-se o valor da mão de obra para 200 dias de trabalho na lavoura, no valor de 70 reais a diária, multiplicada pelo valor final da soma da mão de obra familiar, pois estes são considerados a partir dos trabalhos realizados na lavoura com base na proposta de Guiducci et al. (2012), que diz que não se deve considerar todos os dias como mão de obra familiar, pois apesar dos agricultores utilizarem quase todos os dias, as tarefas não exigem diárias completas. O valor de 70 reais a diária é o custo de oportunidade da mão de obra própria, caso o produtor fosse contratado.

Em seguida avaliam-se os insumos relacionados à terra e à preparação da lavoura, iniciando pelos custos inerentes à utilização de calcário para a correção do pH do solo. Como este valor, em grande parte dos questionários, não foi auferido, e, quando mencionado, o valor foi muito pequeno em relação aos outros custos pelo tamanho da propriedade, optou-se por não utilizar esta variável.

Posteriormente procura-se avaliar quais os adubos e/ou fertilizantes se utiliza nas lavouras, a quantidade, a unidade em quilos e o valor unitário. Cabe ressaltar que muitas diferenças nos custos de produção estão compreendidas nesta questão, uma vez que os sistemas de produção orgânicos e agroflorestais utilizam insumos diferentes dos convencionais.

Os sistemas de produção orgânicos ou agroflorestais procuram se utilizar de adubos denominados verdes e orgânicos, pois estes causam uma menor degradação do solo ou o mantêm nas condições iniciais, pois não altera a biodiversidade do solo em se tratando de microrganismos (MUTUANDO, 2005).

A adubação verde consiste em posicionar uma cobertura vegetal para enriquecer o solo a partir da nitrificação e salienta-se o uso de leguminosas e gramíneas. A adubação mineral consiste na utilização de fosfatos naturais, pó de rocha, calcário, entre outros que apresentam baixa solubilidade, permitindo a absorção dos nutrientes necessários para a lavoura conforme suas necessidades. A adubação orgânica consiste na cobertura de esterco proveniente de ovinos, suínos, bovinos, da compostagem, entre outros, e que podem ser produzidas na própria propriedade (WEINÄRTNER *et al.* 2006).

Concernente aos sistemas convencionais, os fertilizantes são oriundos da atividade industrial, cuja grande maioria é denominada por proporções distintas de combinações de nitrogênio, fósforo e potássio (N-P-K). Assim, em relação aos adubos e/ou fertilizantes, a unidade de medida será em valores monetários por ano ou quilos por ano.

As próximas duas questões fazem referência à utilização de defensivos agrícolas, agroquímicos ou pesticidas. Esta questão também fará distinção entre os insumos utilizados

pelos agricultores convencionais, orgânicos e agroflorestais, pois a utilização de defensivos para o caso dos sistemas orgânicos e agroflorestais não é permitida. Buqueira (2015) argumenta que a utilização de agroquímicos é proibida para a agricultura agroecológica, uma vez que os serviços ecossistêmicos fortalecem a resistência das culturas às adversidades.

Adicionalmente, Mutuando (2005) afirma que a utilização de técnicas que proporcionam a resistência das culturas e repelem pragas e doenças, como plantar de forma consorciada, rotação de culturas, plantio direto na palha e o plantio de policulturas, aumenta a produtividade do solo, de forma que o custo de implantação de tais técnicas pode ser menor do que a utilização de defensivos sintéticos.

A utilização de agroquímicos por parte dos sistemas convencionais pode ser uma diferença positiva em relação à sua aplicação e manuseio, contudo, também pode acarretar altos custos ao produtor. Estes podem constar em duas categorias: para os tipos específicos que se quer combater; e com relação à idade ou maturação do agente nocivo (SUCEN, 2000-2001).

Para os tipos específicos, são mais conhecidos os rodenticidas, para roedores, moluscidas, para moluscos, nematicidas, para nematódeos, inseticidas, para insetos, entre outros. Para a segunda categoria, acerca do desenvolvimento do agente, contam os ovicidas, os larvicidas e os adulticidas (SUCEN, 2000-2001). A unidade de medida selecionada para os agroquímicos neste estudo será em valor monetário por ano ou volume (litro) por ano.

A seguir, questionou-se sobre a utilização de sementes geneticamente modificadas na unidade produtiva. Para esta pergunta não há um consenso quanto a sua utilização ou não nas propriedades de sistemas agroflorestais, orgânicos ou convencionais. Contudo, existe um grande debate acerca do *trade-off* entre aumento da produtividade e qualidade nutricional em contrapartida a questões de concentração econômica, marginalização social e impactos negativos na saúde humana (ALVES, 2004).

Ainda segundo Alves (2004), a produção de grãos dobrou no mesmo período em que a área plantada cresceu 12%, de 1996 a 2002, enquanto o crescimento brasileiro para o uso de transgênicos ou sementes geneticamente modificadas cresceu 27 pontos percentuais, de 5% para 32%. A contabilização desta questão no modelo será realizada por 0, caso não apresente, ou 1, caso apresente sementes geneticamente modificadas.

Adicionalmente, serão contabilizadas as culturas que contém e não contém sementes melhoradas em termos de valor por ano pela variedade de culturas.

Os bens de capital utilizados, isto é, as máquinas e equipamentos, apresentam grandes diferenças na produtividade dos sistemas agropecuários e isto será referenciado pela questão

dos insumos fixos, pois exigem mais de um ciclo produtivo para sua expansão (PINDICK; RUBINFELD, 2006). Para tanto, a unidade de medida relativa aos bens de capital será a do valor do capital disponível na propriedade.

Finalmente, a última questão se refere à produção, contabilizada em termos de valores por ano. Esta é uma função que resulta da combinação dos insumos variáveis mencionados anteriormente, tais quais os valores da mão de obra, implementos e custo das sementes, relevando que os insumos fixos são constantes no curto prazo. Isto é, não está se admitindo a hipótese de uma expansão de longo prazo ou mudança estrutural, impactando nos insumos fixos.

Os insumos variáveis, representados em  $x_{pi}$ , com  $i = 1, 2, \dots, 5$ , serão os insumos correspondentes às siglas: “mdo”, “aorg”, “aquim”, “def” e “sem”. Os insumos fixos, denominados por  $\bar{x}_{pj}$ , com  $j = 1, 2$ , são correspondentes às siglas: “area” e “k”.

A função de produção, portanto, será dada pela combinação dos insumos variáveis com os insumos fixos, representados por:  $y = f(x_{pi}; \bar{x}_{pj})$ , em que  $y$  denota a produção,  $x_{pi}$ , os insumos variáveis e  $\bar{x}_{pj}$  os insumos fixos, constantes para a análise deste trabalho, por considerar que não há uma expansão de longo prazo (PINDYCK & RUBINFELD, 2006).

A Tabela 1 mostra a média, a mediana, o desvio padrão, o valor mínimo e o valor máximo para as variáveis utilizadas no modelo, em que “area” é a área plantada das propriedades em hectares, “mdo” é o valor da mão de obra, tanto familiar quanto contratada, “aorg” é o valor dos adubos orgânicos utilizados, “aquim” é o valor dos adubos químicos utilizados, “def” é o valor dos defensivos, “sem” é o valor da compra de sementes e mudas, “k” é o valor do capital, “RT” é o valor da receita total. Todos os valores estão expressos em reais correntes de 2015, o ano referente à coleta. A notação da Tabela 1 corresponde a notação das variáveis utilizadas no modelo econométrico.

Tabela 1 – Sumário estatístico das variáveis incorporadas no modelo (2015)

Variável	area	mdo	aorg	aquim	def	sem	k	rt
Média	5,0	31316,7	3419,2	5412,1	2502,4	4141,1	73468,1	137890,4
Mediana	2,1	28000,0	2200,0	2200,0	80,0	1658,0	46800,0	96500,0
DP	4,3	14153,7	4588,0	8003,8	4719,7	7752,9	79632,2	149262,8
Máximo	26,9	71400,0	24000,0	28000,0	19926,0	35500,0	372200,0	715624,0
Mínimo	0,0	14000,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12040,0

Em relação aos modelos e formas funcionais testados, o Quadro 2 apresenta dois modelos para cada forma funcional testada, substituindo-se as variáveis mencionadas nesta

seção nas equações (9) e (10), da seção 4.4, sendo dois modelos para a forma funcional Cobb-Douglas e dois modelos para a forma funcional Linear. A partir dos modelos estimados, foi realizado o teste da razão de verossimilhança (*likelihood ratio test*) para averiguar qual o modelo mais adequado.

Quadro 2 - Modelos de fronteira estocástica de produção testados

Formas	Modelos
Cobb-Douglas	$lrt = \beta_1 larea + \beta_2 lmdo + \beta_3 laquim + \beta_4 laorg + \beta_5 ldef + \beta_6 lsem + \beta_7 lk + v_i - u_i$ $lrt = \beta_1 larea + \beta_2 lmdo + \beta_3 ladubo + \beta_4 ldef + \beta_5 lsem + \beta_6 lk + v_i - u_i$
Linear	$rt = \alpha + \beta_1 area + \beta_2 mdo + \beta_3 aquim + \beta_4 aorg + \beta_5 def + \beta_6 sem + \beta_7 k + v_i - u_i$ $rt = \alpha + \beta_1 area + \beta_2 mdo + \beta_3 adubo + \beta_4 def + \beta_5 sem + \beta_6 k + v_i - u_i$

Fonte: Elaboração própria.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A forma de análise dos resultados foi através dos valores encontrados para o erro  $-u_i$ , individuais dos produtores. Este representa a ineficiência técnica em relação a uma fronteira estocástica média. Para este trabalho foi utilizado o software Stata/MP 13, para gerar os resultados estatísticos através de dados primários coletados.

Ou seja, caso  $u_i > 0$ , o produtor  $i$  está sendo menos eficiente em uma magnitude  $u_i$  do que a fronteira estocástica, caso contrário,  $u_j < 0$ , com  $i \neq j$ , representará uma maior eficiência técnica em relação a fronteira (KUMBHAKAR; LOVELL, 2003). Esta interpretação dos sinais é semelhante à interpretação de Hayami e Ruttan (1970), em relação à Nova Zelândia, cujo coeficiente negativo representava uma eficiência maior por trabalhador.

Assim, para as três formas funcionais mencionadas na seção 4.6, foram testados dois modelos: um modelo sem agregar os adubos químicos com os orgânicos e outro modelo agregando-os. Em seguida, foi realizado o teste da razão de verossimilhança, "*likelihood ratio test*", entre o modelo com maior número de parâmetros (desagregando os tipos de adubo), contra o modelo com menor número de parâmetros. A não rejeição da hipótese nula deste teste é de que o modelo com mais parâmetros estimados é pelo menos tão bom quanto o modelo com menos variáveis.

A Tabela 2 mostra os valores dos testes para as formas funcionais Cobb-Douglas e Linear, lembrando que não foi possível estimar um modelo na forma funcional Transcendental.

Tabela 2 - Teste da razão de verossimilhança

Formas	Valor-p
Cobb-Douglas	0,0125
Linear	1
Transcendental	-

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, é possível considerar a análise de um modelo com distinção entre os adubos químicos e adubos orgânicos, uma vez que não se rejeita a hipótese nula. Adicionalmente, a forma funcional escolhida para este trabalho foi a Cobb-Douglas a forma funcional linear teve parâmetros não significativos estatisticamente, ao passo que a forma funcional Cobb-Douglas teve todos os parâmetros estatisticamente significativos, como mostra a Tabela 3, além disso o valor-p do modelo linear é maior que 0,10.

Portanto, a o modelo empírico selecionado foi o representado pela equação (14) a seguir.

$$lrt = \beta_1 larea + \beta_2 lmdo + \beta_3 laquim + \beta_4 laorg + \beta_5 ldef + \beta_6 lsem + \beta_7 lk + \varepsilon_i - u_i \quad (14)$$

### 5.1. SOBRE A FRONTEIRA DE PRODUÇÃO ESTOCÁSTICA

É importante salientar que este modelo não relaciona diretamente os parâmetros com a eficiência técnica. Por enquanto, a Tabela 3 mostra a relação direta entre a receita total a partir da combinação dos insumos variáveis e fixos da função de produção, como visto na seção 4.6.

Tabela 3 - Estimação do modelo Cobb-Douglas

Nome	Parâmetro	Valor
larea	$\beta_1$	0,1388582***
lmdo	$\beta_2$	1,045041***
laorg	$\beta_3$	-0,0476045***
laquim	$\beta_4$	0,0045069***
ldef	$\beta_5$	-0,0362959***
lsem	$\beta_6$	0,0793594***
lk	$\beta_7$	0,0852293***
lrt	Var. Dep.	-

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.

A soma dos parâmetros foi estatisticamente diferente da unidade, inferindo que existem retornos não constantes à escala. Isso significa que a relação entre o valor da

produção e a quantidade de insumos utilizados não é linear, uma vez que a função não é homogênea.

O teste para a soma dos parâmetros com a hipótese nula de que tal soma é de 1,2691 correspondeu a um valor-p de 0,53, não rejeitando tal hipótese. Dessa forma, possivelmente, ao elevar a quantidade de insumos, se eleva mais que proporcionalmente o valor da produção, o que implica na possibilidade de ganhos de escala. Contudo, é importante colocar que, como o modelo não captou os incrementos relativos às combinações de insumos, é possível que o fator de escala de 1,27 esteja ligado à combinação dos insumos, não da soma dos incrementos marginais individualmente.

Uma variação de 10% na área da propriedade corresponderia à variação de 1,4% na receita total da mesma. A variação para esta amostra é menor do que a variação em relação ao trabalho de Theuriaut e Serra (2014), em que a variação foi de 8% da área em relação a 10% da propriedade, apesar dos dados se referirem a propriedades relativamente pequenas.

Contudo, o resultado obtido nesta pesquisa foi extremamente próximo ao resultado do trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006), pois neste a elasticidade do fator terra foi de 0,12, também utilizando pequenas propriedades.

Há de salientar que neste trabalho a produção foi calculada em valores monetários, como no trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006), enquanto no trabalho de Theuriaut e Serra (2014) foi calculada em quantidade produzida.

O trabalho de Theuriaut e Serra (2014), os autores destacam que uma das possibilidades que contribuiriam para o aumento da produção seria o aumento da área plantada, elevando em 8% a produção, em unidades de massa, ao aumento de 10% na área, contudo, é importante observar que este acréscimo da área plantada não necessariamente aumentaria a produtividade.

Para a amostra deste estudo de caso, que considerou 29 produtores convencionais, 10 orgânicos não agroflorestais e 3 agroflorestais, a área plantada não necessariamente correspondia a área completa da propriedade, de modo que, em alguns casos, a área era subutilizada. Nestes casos, havia predominância relativa dos produtores orgânicos e agroflorestais, e os produtores dos sistemas orgânicos e agroflorestais consideraram que não é possível haver expansão da área plantada em decorrência da restrição de mão de obra.

O fator mão de obra, agregando o trabalho familiar e o contratado, foi o parâmetro que mais se destaca, visto de a variação de 10% no trabalho, a receita total seria aumentada em 10,45%, aproximadamente, o que implica em um aumento mais que proporcional em relação à mão de obra. Este resultado corrobora com os comentários dos agricultores.

Contudo, é importante destacar que a mão de obra é um fator bastante escasso na zona rural dentre os locais pesquisados. Carvalho e Kuhn (1999) colocam que já na década de 1990 havia um fluxo migratório das zonas rurais para as regiões urbanas de Sorocaba e São Paulo, como alternativa às atividades da agricultura, a salientar nas pequenas propriedades. Os agricultores locais destacam que a migração diminuiu, porém ainda é bastante presente e isso é agravado pelos avanços nas formas de comunicação, oportunidades de trabalhos e estudo nas regiões urbanas, pois alegam que os indivíduos mais jovens estão saindo da atividade agrícola e migrando para a zona urbana, logo, a população da zona rural está envelhecendo e parando de trabalhar, mas não está havendo uma reposição de mão de obra.

O trabalho de Theuriaut e Serra (2014) destaca que a elasticidade do trabalho familiar e contratado, somando os parâmetros é, em média, de 0,24, também menor do que os valores encontrados nesta pesquisa. O trabalho de Chinwuba e Emmanuel (2006) também aponta um resultado menor e semelhante ao de Theuriaut e Serra (2014), correspondendo a uma elasticidade de 0,39. Em contrapartida, no trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998), foi estimado que o fator trabalho teve uma elasticidade de 2,27, em média, também considerando pequenas propriedades.

Em relação à adubação, os adubos orgânicos apresentaram uma relação inversa com a receita: dada a variação de 10% na adubação orgânica, a receita total diminuiria em 0,48%. Os adubos químicos apresentam elasticidade positiva de 0,0045, representando um acréscimo bastante pequeno, relativamente, porém não nulo estatisticamente. Isso pode representar uma proximidade com a terceira fase de produção, pois ambos, somados, resultam em um valor negativo para a média. Os valores obtidos para a elasticidade por Theuriaut e Serra (2014) e Chinwuba e Emmanuel (2006) são 0,17 e 0,44 respectivamente.

Um aspecto importante a ser considerado é que a literatura (ALTIERI, 1998; MUTUANDO, 2005; NASCIMENTO *et al.*, 2011; WEINÄRTNER, 2006) salienta a questão da utilização de adubos orgânicos e práticas de adubação, porém, para esta amostra em especial, considerando as 42 pequenas propriedades nas regiões coletadas, a magnitude dos parâmetros no impacto na receita total, em valores percentuais, não se apresentou tão importante, em relação aos outros insumos. Contudo, um fator que restringe essa análise concerne ao fato de que os grupos da amostra dos sistemas de produção contêm discrepantes quantidades de observações.

Um fator a se considerar é que os sistemas de produção orgânicos e os agroflorestais não utilizam adubos químicos, mas sistemas convencionais podem utilizar ambos os tipos de adubos. Além disso, é importante salientar que a maioria dos produtores não aplicava a

adubação conforme um estudo prévio ou seguia alguma instrução técnica, dessa maneira, para esta amostra em específico, um aumento com a despesa de adubos pode não ser muito conveniente para aumentar a receita total.

Em relação ao uso de defensivos, o resultado foi de que o aumento de seu uso em 10% reduziria a receita total em 0,363%. Esse fato pode ser explicado por alguns motivos além da questão abordada para os adubos, dos rendimentos marginais decrescentes. Como existem principalmente duas formas de se aplicar os defensivos, sendo uma a calendarizada, em que periodicamente se os pulveriza, e a segunda, em que existe uma inspeção das culturas antes da utilização de defensivos.

Concernente à primeira, a calendarizada, a aplicação contínua de defensivos pode elevar, no longo prazo, a resistência de pragas ou levar à diferenciação de algumas características que as tornem resistentes a um tipo de defensivo, questão essa bastante discutível em termos da literatura da área.

Em relação ao segundo tipo de aplicação, não necessariamente a aplicação dos defensivos pode gerar uma redução da receita, mas a própria aplicação dos defensivos pode ter sido demandada por uma prévia contaminação em decorrência de pragas e doenças que afete negativamente a produção e a receita. Desta forma, não fica evidente se tal elasticidade é causa ou consequência.

As despesas com sementes elevariam a receita total em 0,793% dado uma elevação em 10%, porém, não é uma grande diferença, apesar de o parâmetro ser significativo. Porém, para as propriedades na região amostrada pode ser uma alternativa, uma vez que alguns agricultores utilizam mudas e sementes próprias, pois a elasticidade em relação a receita das despesas com sementes é maior do que a elasticidade das receitas em relação aos adubos, sejam estes orgânicos ou sintéticos.

No cálculo do valor da disponibilidade de capital da propriedade obteve-se uma elasticidade de 0,085, demonstrando que o aumento da quantidade de capital disponível pode contribuir com um aumento na receita total, mesmo sendo uma contribuição pequena. Esta pequena contribuição pode estar atrelada à necessidade de mão de obra, pois a amostra desta pesquisa apresentou unidades de produção bastante intensivas em mão de obra, mas pouco intensivas em capital, o que é uma característica de pequenas propriedades e da agricultura familiar. Outro fator relevante é o de que, para esta amostra, a mão de obra pode se apresentar como um fator restritivo ao capital, uma vez que a necessidade de operação de novas máquinas e equipamentos, por exemplo, podem necessitar de maior volume de mão de obra.

No trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998) utilizou-se um parâmetro específico para a utilização do capital, mensurado em horas de trator utilizado e obteve-se uma elasticidade de 0,21 para produtores dentro do projeto SG 2000 e -0,65 para os produtores fora do projeto.

## 5.2. SOBRE A EFICIÊNCIA TÉCNICA

O resultado para a eficiência pode ser observado pela Tabela 4, que mostra qual a eficiência técnica média geral, a média por quartis em ordem crescente de eficiência técnica. Adicionalmente, outros dados interessantes como a mediana, o desvio padrão, o menor e o maior valor também são evidenciados.

O maior valor para a eficiência técnica foi de 100% para sete propriedades, sendo que cinco eram de produção convencional, uma de produção orgânica e uma de produção agroflorestal. Desta forma, é possível confirmar a hipótese de que os três sistemas de produção são potencialmente eficientes, apesar de suas diferenças.

O valor para a eficiência técnica varia de 0 a 1, em que 1 é o valor que demonstra menor ineficiência ou maior eficiência técnica (ARCOVERDE, 2005).

A amplitude de resultados foi de 90,7%, com máximo de 100% e mínimo de 9,3%, caracterizando uma amostra heterogênea, complementando a discussão com o desvio padrão amostral de 31,2%, sendo a maior diferença entre as médias do segundo e do terceiro quartil. Nesse sentido, considerando não muitas observações, a mediana seria um estimador mais confiável do que a média para uma medida de tendência central. Contudo, ambas resultaram em valores próximos, considerando a Tabela 4.

Os resultados acerca da amplitude dos valores da ineficiência em outros trabalhos diferem bastante entre si. No trabalho de Seyoum, Battese e Fleming (1998), entre os produtores dentro do projeto SG 2000, a amplitude foi de 24,2%, enquanto para os produtores fora do projeto, a amplitude foi de 40,8%; no trabalho de Theriault e Serra (2014), a amplitude foi de 83% para toda a região amostrada.

Tabela 4 - Sumário da Eficiência Técnica das propriedades nas regiões de São Paulo e Sorocaba (2015)

Primeiro Quartil	0,202
Segundo Quartil	0,363
Terceito Quartil	0,703
Quarto Quartil	0,980
Média Geral	0,561

Mediana	0,542
Máximo	1,000
Mínimo	0,093
Desvio Padrão	0,312
Convencionais	0,587
Orgânicos	0,457
Agroflorestais	0,652

Fonte: Elaboração própria.

Uma questão pertinente é sobre a eficiência de escala concernente ao uso da terra, pois, apesar de um aumento na área plantada retornar um incremento na receita total, este incremento pode ser ineficiente, em razão ao debate sobre agricultura intensiva e agricultura extensiva, a salientar o local de pesquisa: região de Sorocaba e São Paulo, onde há predomínio da agricultura intensiva, pois a terra é um fator de produção caro e limitado.

A Figura 1 relaciona a área das propriedades (eixo horizontal), em hectares, com a eficiência técnica estimada (eixo vertical). É possível observar que existe pouca relação entre a terra e a eficiência, porém, a tendência no gráfico, tanto linear quanto quadrática, mostram uma queda a medida que área aumenta.

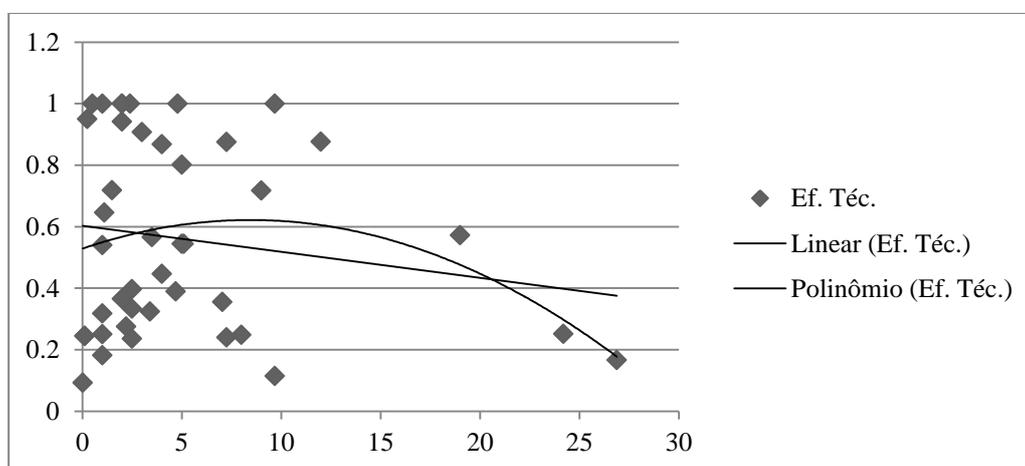


Figura 1 - Relação entre área plantada e eficiência técnica (ha) – Região de Sorocaba e São Paulo (2015)

Fonte: Elaboração própria através de dados da pesquisa.

Buscando avaliar alguns dos fatores por trás de maiores ou menores eficiências técnicas estimou-se uma regressão com base na equação (13). Tal regressão considera as seguintes variáveis binárias: sistema de produção, se convencional – “conv”, orgânico – “org” ou agroflorestal – “agro”; se existe a utilização de sementes melhoradas em mais de 50% do

total de culturas plantadas – “sem”. É uma variável contínua, a área da propriedade, em hectares – “area”. A Tabela 5 apresenta os resultados da regressão dada pela equação (15) tendo como variável dependente a eficiência técnica - “ef” e  $\varepsilon_i$  é o termo do erro.

$$ef = \beta_1 conv + \beta_2 org + \beta_3 agro + \beta_4 semm + \beta_5 area + \varepsilon_i \quad (15)$$

Tabela 5 - Regressão da Eficiência Técnica das propriedades nas regiões de São Paulo e Sorocaba (2015)

Nome	Parâmetro	Valor
conv	$\beta_1$	0,5608969***
org	$\beta_2$	0,4155988***
agro	$\beta_3$	0,6548067***
semm	$\beta_4$	0,1335832
area	$\beta_5$	-0,0109497*
ef	Var. Dep.	-

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.

Como as variáveis são binárias, exceto a “área”, os parâmetros devem ser interpretados como variações nos interceptos e não como coeficientes, com valores marginais em se tratando das derivadas de primeira ordem.

Desse modo, o sistema agroflorestral seria aquele com maior eficiência quando comparado aos demais. Uma das discussões que corroboraria tal resultado é o fato de que os sistemas agroflorestrais mantêm os serviços ecossistêmicos (BUQUEIRA, 2015), a ciclagem de materiais (MUTUANDO, 2005) e outros benefícios (NASCIMENTO *et al.*, 2011) que configurariam benefícios externos marginais (CALLAN; THOMAS, 2011) levando maior eficiência na produção, como abordado nas seções 2 e 3.

No entanto, os sistemas orgânicos se mostraram aqueles com menor eficiência inicial em relação aos demais. Isso pode estar relacionado com o fato de que, neste caso, a vulnerabilidade é maior do que nos sistemas agroflorestrais, por não se apropriarem dos benefícios externos marginais, anteriormente citados.

Esta vulnerabilidade também é maior do que os convencionais por não se utilizarem de nenhum agroquímico, o que incorre em uma produção mais intensiva em mão de obra, que por sua vez foi o maior diferencial na receita total por valor, mas que é escassa, como colocado em na seção 4.1.

Caso as propriedades contem com a utilização de sementes melhoradas ou mudas trabalhadas, o intercepto se eleva, porém, menos do que para os diferentes sistemas de

produção. Este resultado demonstra que a escolha dos sistemas de produção foi bastante significativa, considerando a amostra desta pesquisa.

Por fim, a área, única variável não binária do modelo, apresentou um coeficiente negativo, implicando que os efeitos marginais de um aumento na área plantada podem acarretar em um decréscimo na eficiência, assim como observado na Figura 1. É possível que este resultado se deva ao fato de que as pequenas propriedades são bastante intensivas em mão de obra, e que esta, à medida que precise ser contratada devido a uma maior escala de produção, se torne onerosa, o que pode levar a uma menor eficiência devido à sua escassez ou falta.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelos resultados mostrados, os três sistemas de produção, agroflorestais, orgânicos não agroflorestais e convencionais apresentaram eficiência máxima, de forma que é possível sustentar a hipótese de que os três sistemas de produção apresentam potencial suficiente para serem igualmente eficientes.

O objetivo deste trabalho foi analisar a eficiência técnica dos sistemas de produção agropecuários em propriedades de pequeno porte na região de Sorocaba e São Paulo. Os sistemas de produção avaliados foram o agroflorestais, convencional e orgânico não agroflorestal. Assim, este trabalho visou contribuir com a literatura já existente sobre agroecologia e sistemas de produção agrícolas alternativos, principalmente sobre âmbito da carência de estudos na área de economia e envolvendo modelos econométricos. Além disso, este trabalho também almejou elucidar algumas questões sobre a busca por alternativas sustentáveis de produção de alimentos, sempre considerando a vulnerabilidade socioeconômica dos pequenos produtores pesquisados.

No que concerne à literatura de fronteira estocástica, foi necessário analisar uma regionalização específica e uma amostra de dados primários de pequenos produtores que se distinguíssem pelos sistemas de produção e pela estrutura de custos utilizada.

Em relação aos resultados da pesquisa, cabe destacar que a amostra em questão apresentou retornos crescentes à escala, com a soma dos coeficientes de aproximadamente 1,27. Este resultado indicaria que um aumento da quantidade de insumos aumentaria mais que proporcionalmente a receita total, a salientar a importância do fator mão de obra e apesar da redução de eficiência em decorrência do aumento da área plantada. E o fator de escala de 1,27 pode estar atrelado à combinação de insumos, não apenas dos incrementos individuais.

A área plantada pode ser um fator a ser considerado para expandir a receita total, porém, esta expansão pode acarretar em um decréscimo na eficiência da propriedade. Ainda assim, cabe ressaltar que é necessário avaliar se esta expansão seria realmente compensatória para os produtores.

O fator de maior magnitude foi a mão de obra, representando uma elasticidade de 1,04, o que indica possivelmente uma atividade que depende muito da mão de obra disponível, porém, isso também é afetado pelo êxodo rural ainda existente, fenômeno que limita a oferta deste fator à demanda dos produtores.

A adubação e o uso de defensivos em si, motivo de bastante discussão sobre as razões de se utilizar cada um dos três sistemas, foi pouco relevante no modelo, o que implica que,

para as propriedades amostradas neste trabalho, os fatores fixos terra e capital e a mão de obra, seriam mais impactantes para eficiência.

No entanto, a escolha do sistema de produção indicou que existe diferença na eficiência média de cada um dos três sistemas avaliados, sendo o agroflorestal, o inicialmente mais eficiente, cuja possível explicação pode ser determinada pela existência dos benefícios externos marginais advindos desta lógica de produção. O sistema orgânico foi o que apresentou menor intercepto, possivelmente porque tais sistemas são mais vulneráveis que os outros dois, pois não recebem tanto os benefícios externos marginais, nem existe a possibilidade da utilização de agroquímicos.

Uma das limitações deste trabalho é a amostra relativamente pequena, apesar da obtenção de resultados consistentes, tanto do ponto de vista teórico quanto do ponto de vista estatístico. Porém, a falta de graus de liberdade gerou uma impossibilidade de testar outras formas funcionais, o que deixou a desejar em termos de modelagem, pois *à priori*, haveria uma imperfeita substituição entre os fatores de produção trabalho e capital, o que seria possível averiguar em uma função Translog. Outra limitação foi a diferença entre o número de observações para produtores com sistema de produção convencional, orgânico e agroflorestal em decorrência da dificuldade no transporte e na comunicação com os proprietários rurais. Além disso, não foram considerados fatores institucionais, como a adesão à programas do primeiro, segundo ou terceiro setor, além de questões sociais, étnicas ou raciais em relação aos entrevistados. Contudo, o foco deste trabalho foi apenas a análise da propriedade e dos sistemas de produção em si, não a sua gestão.

Considera-se desejável a expansão da amostra e um melhor balanceamento da quantidade amostrada para cada tipo de sistema de produção para trabalhos futuros. Além disso, trabalhos futuros também podem incorporar questões institucionais, sociais, políticas, entre outros fatores que podem enriquecer a explicação acerca das ineficiências técnicas.

## REFERÊNCIAS

- AAO. Associação de Agricultura Orgânica. **Onde encontrar Orgânicos**. São Paulo: São Paulo, 2016. Disponível em: < <http://aao.org.br/aao/onde-encontrar-organicos.php>>. Último acesso em: 26 nov. 2016.
- AIGNER, D. J., AMEMIYA T., POIRIER D. J., “On the Estimation of Production Frontiers: Maximum Likelihood Estimation of the Parameters of a Discontinuous Density Function”. **International Economic Review**: Malden MA, 1976, v. 17, n.2, p. 377–396.
- AIGNER, D. J.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, P., Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models. **The Rand Paper Series**, California, 1977.
- ALI, M.; BYERLEE, B., Economic Efficiency in Small Farmers in a Changing World: A survey of recent evidence. **Journal of International Development**, Malden MA, 1991, n. 3, n. 1, p. 1-27.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia - A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998.
- ALTIERI, M. A. **Agroecologia - A dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1998. 110 p. In: **Agroecologia**. Santa Catarina: Instituto Federal Catarinense, Campus-Rio do Sul, 2013.
- ALVES, E.; ROCHA, D. de P.. Ganhar tempo é possível? In: GASQUES, J. G.; VIEIRA FILHO, J. E.; NAVARRO, Z. (Org.). **A Agricultura Brasileira: desempenho, desafios e perspectivas**. Brasília: Ipea, 2010.
- ALVES, G. S., A Biotecnologia dos Transgênicos: Precaução é a Palavra de Ordem. **HOLOS**, Rio Grande do Norte, 2004, ano 20, out.
- ARCHIPAVAS, J. N.. **Estimação dos custos da erosão do solo pelo método do custo de reposição: estudo de caso na microbacia do Rio Piraporinha no município de Piedade, SP**. Sorocaba: UFSCar, 2013. Monografia (Graduação) – Curso de Bacharelado em Ciências Econômicas – Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, Sorocaba, 2013.
- ARCOVERDE, F. D.; TANNURI-PIANTO, M. E.; SOUSA, M. C. S., Mensuração das Eficiências das distribuidoras do setor energético brasileiro usando Fronteiras Estocásticas. **Proceedings of the 33th Brazilian Economics Meeting**, Niteroi, RJ, v. 110. ANPEC, 2005.
- ASSIS, R. L. de; ROMEIRO, A. R. Agroecologia e agricultura orgânica: controvérsias e tendências. In: **Desenvolvimento e Meio Ambiente**: Curitiba, v.6, p.67-82, 2002.
- BRASIL. Presidência da República. Casa Civil. **Lei nº 8629, de 25 de fevereiro de 1993**. Brasília, 1993.
- BRASIL. Art. 19º. **Lei Nº 10696, de 2 de julho de 2003**. Dispõe sobre a repactuação e o alongamento de dívidas oriundas de operações de crédito rural, e dá outras providências. Brasília: DF, 2003
- BRASIL. **Lei 11947, de 16 jun. 2009**. Dispõe sobre o atendimento da alimentação escolar e do Programa Dinheiro Direto na Escola aos alunos da educação básica; altera as Leis nºs 10.880, de 9 de junho de 2004, 11.273, de 6 de fevereiro de 2006, 11.507, de 20 de julho de 2007; revoga dispositivos da Medida Provisória nº 2.178-36, de 24 de agosto de 2001, e a Lei nº 8.913, de 12 de julho de 1994; e dá outras providências. Brasília: DF, 2009.
- BRITTO, W. S. F. **Análise da viabilidade financeira da agricultura orgânica versus agricultura convencional: o caso da manga no submédio do vale do São Francisco**. Enviado

- pelo autor por email: Sober, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/12/01O045.pdf>>. Último acesso em mar. 2015.
- BUQUEIRA, R. B., **A agroecologia e os serviços ecossistêmicos**: um estudo de caso nos assentamentos no município de Iperó/SP. Dissertação (Mestrado em Agroecologia e Desenvolvimento Rural) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de São Carlos, Araras, 2015.
- CARVALHO, Y. M. C.; KUHN, V. L., Agricultura Familiar no estado de São Paulo: política e condições econômicas. **Informações Econômicas**. São Paulo: v.29, n.8, ago., 1999.
- CHINWUBA, P. I.; EMMANUEL, O. I., Determinants of yam production and economic efficiency among small-holder farmers in southeast of Nigeria. **Journal of Central European Agriculture**, Croatia, 2006, v. 7, n. 2, p. 337-342.
- DULLEY, R. D. Agricultura orgânica, biodinâmica, natural, agroecológica ou ecológica?. **Informações econômicas**, São Paulo, n.10, v.33, out 2003.
- FRANCO, F. S. *et al.*, **Curso de agronomia com ênfase em Agroecologia e sistemas rurais sustentáveis – UFSCar/PRONERA/INCRA**. In: Congresso Brasileiro de Agroecologia, 7., 2011, Fortaleza. **Anais**. Fortaleza, 2011.
- GONÇALVES, D. B., Uma análise sobre a estratégia comercial da associação de agricultores do centro de abastecimento de Votorantim-SP. **Revista de Desenvolvimento Econômico**. Salvador: v.17, n.31, p.189-193, jan./jun., 2015.
- GUIDUCCI, R. do C. N.; LIMA FILHO, J. R. de; MOTA, M. M.. **Viabilidade econômica de sistemas de produção agropecuários**. Brasília, DF: Embrapa, 2012.
- GRIFFIN, R. C.; MONTGOMERY, J. M.; RISTER, M. E., Selecting Function Form in Production Function Analysis. **Western Journal of Agricultural Economics**. Milwaukee: 1987, n.12, p.216-227.
- HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W., Agricultural Productivity Differences among Countries. **The American Economic Review**, USA, 1970, v. 60, n. 5, p. 895-911, dec.
- IBGE. Banco de Dados Agregados. **Censo Agropecuário de 2006**. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/default.shtm>> Acesso em 13 de março de 2015.
- INSTITUTO GIRAMUNDO MUTUANDO. **A Cartilha Agroecológica**. Botucatu, SP: Editora Criação Ltda, 2005. p. 79.
- INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA. **Sistema Nacional de Cadastro Rural: Índices Básicos de 2013**. Brasília, 2013.
- JONDROW, J. *et al.* On the estimation of technical efficiency in the stochastic frontier production function model. **Journal of Economics**, North-Holland, 1982, n. 19, p. 233-238.
- KAWAGOE, T.; HAYAMI, Y.; RUTTAN, V. W., The intercountry Agricultural Production Function and Productivity Differences among Countries. **Journal of Development Economics**, North-Holland, 1984, p. 113-132.
- KUMBHAKAR, S. C.; LOVELL, C. A. K., **Stochastic Frontier Analysis**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003, p. 343.
- KUMBHAKAR, S. C.; WANG, H.; HORNCastle, A. P., **A Practitioner's Guide to Stochastic Frontier Analysis Using Stata**. Cambridge University Press, 2015, p 359.
- MARTINE, G., **A Trajetória da Modernização Agrícola: A quem se beneficia?**, Lua Nova, São Paulo, 1991, n. 23, mar.

- MEADOWS, D. H. *et al.*, **Limits to Growth**, 4ªed., New York: Universe Books, 1972, p. 205.
- MEEUSEN, W.; VAN DER BROECK, J., Efficiency Estimation From Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error. **International Economic Review**: Malden MA, 1977, v. 18, n. 2, jun.
- MOREIRA, A. R. B.; HELFAND, S. M.; FIGUEIREDO, A. M. R., **Explicando as Diferenças na Produtividade Agrícola no Brasil**. IPEA, TD nº1254, Brasília, 2007.
- MATHJIS, E.; SWINNEN, J. F. M., Production organization and efficiency during transition: an empirical analysis of east German agriculture. **Policy Research Group Working Paper**. 1997. n. 7.
- MOREIRA, R. J.; Críticas Ambientalistas à Revolução Verde. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, 2000, p. 39-42, out.
- NASCIMENTO, J. S.; LOPES, P. R.; FRANCO, F. S. **Caracterização socioeconômica e ambiental de sistemas agroflorestais na região de Cananéia-SP: um estudo de caso**. Resumos do VI Congresso Brasileiro de Agroecologia: Fortaleza, Ceará, 2011.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS, **Report of the World Commission on Environment and Development: Our Common Future**. Oslo, 1987, p.300.
- PAVALESCU, F. M., Some aspects of translog production function estimation. **Romanian Journal of Economics**. Bucharest: v.32, n.1, p.41, 2011.
- PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. Tradução de Eleutério Prado e Thelma Guimarães. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006. P. 158-248.
- PITT, M. M.; LEE, L. F., The measurement and sources of technical inefficiency in the Indonesian weaving industry. **Journal of Development Economics**. North-Holland: v.9, p.43-64, 1981.
- SANTOS, M. J. C.; PAIVA, S. N., Os Sistemas Agroflorestais como alternativa em pequenas propriedades rurais: Estudo de Caso. **Ciência Florestal**, Santa Maria, 2002, v. 12, n.1, p. 135-141.
- SÃO PAULO. Assembléia Legislativa. **Merenda Escolar com Produtos da Agricultura Familiar**. São Paulo: SP, 2009. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=288019>>. Último acesso em: 26 de nov. 2016.
- SEOANI, J.; TADDEI, E., **Recolonización, Bienes Comunes de la Naturaleza y Alternativas Desde los Pueblos**. 1ª ed. IBASE: Rio de Janeiro, 2010, p. 105.
- SEYOUM, E. T.; BATTESE, G. E.; FLEMING, E. M., Technical efficiency and productivity of maize farms in eastern Ethiopia: a study of farmers within and outside the Sasakawa-Global 2000 project. **Journal of Agricultural Economics**. Malden: 1998, n. 19, p.341-348.
- SCHMIDT, P.; SICKLES, R. C., Production functions and Panel Data. **Journal of Business & Economic Statistics**. v.2, n.4, p.367-374, 1984.
- SUCEN – SUPERINTENDÊNCIA DE CONTROLE DE ENDEMIAS. **Segurança em controle químico de vetores**. São Paulo: 2000-2001. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsapud/p/fulltext/plagui/plagui.pdf>> Acesso em: 8 mai 2014.
- TAUER, L. W.; MISHRA, A. K., Can the small dairy farm be competitive in US agriculture?, **Food Policy**, New York, 2006, n. 31, p. 459-468.
- THEURIAUT, V.; SERRA, R., Institutional Environment and Technical Efficiency: A Stochastic Frontier Analysis of Cotton Producers in West Africa. **Journal of Agricultural Economics**. Malden: 2014, v. 65, n.2, p.383-405.

THOMAS, J. M.; CALLAN, S. J. O papel da economia na gestão ambiental. In: **Economia ambiental: fundamentos, políticas e aplicações**. São Paulo: Cengage Learning, cap.2, 2014.

WEINÄRTNER, M. A.; ALDRIGHI, C. F. S.; MEDEIROS, C. A. (Org.). **Práticas agroecológicas: adubação orgânica**. Rio Grande do Sul: Embrapa Clima Temperado, 2006.

**APENDICE – A**

**FUNÇÃO DE PRODUÇÃO**  
**QUESTIONÁRIO**

**Duração:** 25 a 35 minutos. São apenas 5 páginas de perguntas e respostas.

**Síntese:** este questionário pertence a uma pesquisa realizada pelo aluno de graduação Henrique Tateishi, da Universidade Federal de São Carlos - Campus Sorocaba, para a realização do trabalho de conclusão de curso. Ele agradece fortemente o apoio dos produtores por estarem respondendo a este questionário.

**Objetivo da pesquisa:** verificar a quantidade de insumos utilizados nas lavouras e a produção correspondente durante um ano, em relação aos diferentes sistemas de produção – convencional, orgânico e não agroflorestal e agroflorestal – e aos produtores.

**Segurança:** as respostas e a pesquisa serão divulgadas apenas para fins acadêmicos e não irá discriminar qualquer pessoa que participou da pesquisa. Não haverá qualquer identificação pessoal, sejam em relação à propriedade, atividades diárias e outras informações de caráter individual.

**Resultados:** os resultados da pesquisa pretendem, posteriormente, serem divulgados para as lideranças locais. Estes resultados proporcionam uma visão geral da quantidade de insumos utilizada na produção de determinada quantidade de produto para cada produtor (não identificado pessoalmente) em relação à média geral de todos os produtores e de acordo com cada sistema produtivo. Pode deixar contato: .....

**Por que responder ao questionário:** a função do questionário é levantar os dados específicos dos insumos e da produção de cada propriedade na região de São Paulo. Essa pesquisa verifica se a eficiência da propriedade pode ser aumentada com a mesma quantidade de insumos que já são utilizados.

**Li e aceito responder a este questionário:**

Assinatura: \_\_\_\_\_ Nome: \_\_\_\_\_

OBS: A coleta do nome e assinatura servem para não realizar dupla contagem.

**Por favor, para o preenchimento do questionário:**

1. Por gentileza, tenha como base o **período do ano passado inteiro**. Por exemplo, caso plante alface durante o ano, será mais de uma colheita, portanto, devem-se somar os insumos e os valores de todas as colheitas. O mesmo vale para outros produtos.
2. Existem dois tipos de respostas neste questionário: as que possuem um espaço para escrever e aquelas que bastam apenas marcar um “X” nos respectivos quadradinhos () as respostas. Algumas perguntas exigem ambos os tipos de resposta.
3. Caso as respostas não caibam nos espaços destinados a estas, pode-se utilizar a página em branco para este fim. Além disso, a página em branco também pode ser utilizada como rascunho.
4. Caso não se lembre exatamente do valor total, pode-se colocar o valor em que comprou determinado insumo e a sua especificação no quadro de observações.
5. Caso não se lembre do preço, sem problemas, pode deixar em branco.
6. É importante que se atente, ao máximo, aos detalhes dos insumos e da produção, contudo, não se preocupe em deixar espaços em branco, caso não se lembre.
7. Os espaços em branco descritos por Observações são destinados para quaisquer comentários, detalhes, mais informações, dúvidas e reclamações que julgar pertinente.
8. Novamente, o aluno Henrique Tateishi agradece a contribuição do senhor ou da senhora que leu e respondeu este questionário.
9. Local da propriedade: \_\_\_\_\_ (Nome do município, por exemplo: Ibiúna, Iperó, São Roque, Suzano, Mogi das Cruzes...)

1. \* **Qual é o tamanho da área plantada:** \_\_\_\_\_

- ( ) Metros quadrados (m<sup>2</sup>)  
 ( ) Alqueires Paulistas  
 ( ) Hectares (ha)  
 ( ) Outro. Qual: \_\_\_\_\_

2.1.0. **Mão de obra Familiar: Quem trabalha na propriedade de sua família? (Incluir o Sr.(a).)**

Mão de obra familiar:	Quantidade	<i>Indicador</i>
( ) O Senhor(a)		A
( ) Cônjuge		B
( ) Relação familiar (homens 18+ anos)		C
( ) Relação familiar (mulheres 18+ anos)		D
( ) Familiares abaixo de 18 anos		E

**Para a questão a seguir:**

OBS 1: A letra D foi repetida duas vezes nos exemplos, pois hipoteticamente haviam duas filhas com mais

de 18 anos.

OBS 2: A coluna "Renda fora propriedade" considera a renda de outros empregos, aposentadoria ou outras

fontes de renda.

2.1.1. **Por favor, especifique abaixo a mão de obra familiar preenchendo os campos em branco.**

	<i>Indicador</i> de mão de obra	Período	Dias/semana	Outro emprego	Renda fora prop.
Exemplo 1	A	inteiro	6	não	-
Exemplo 2	B	meio	6	sim	1700/mês
Exemplo 3	D	inteiro	5	não	-
Exemplo 4	D	meio	4	sim	2400/mês
1					
2					
3					
4					
5					
6					

2.2.0. **Mão de obra Contratada: Quem trabalha na propriedade por contrato permanente?**

	Mensalista, diarista ou outro (espec)	Sexo (M/F)	Período	Dias/semana	Valor pago
Exemplo 1	Diarista	M	meio	6	50/dia
Exemplo 2	Mensalista	F	inteiro	5	800/mês
n°1					
n°2					
n°3					

**2.2.1. Mão de obra Contratada: Quem trabalha na propriedade por contrato temporário?**

	Total H.Máquina. ou D.Homem.	Sexo (M/F)	Período	HM ou DH?	Valor Total Anual
Exemplo 1	30 horas máquina	M	inteiro	HM	1500
Exemplo 2	90 dias homem	F	meio	DH	5400
n°1					
n°2					
n°3					

H.M. Horas Máquina (tratores, microtratores, pulverizadores etc...)

D.H. Dias Homem (total de dias que se contrata, por pessoa)

**3.1. \*** **Existe a utilização de calcário?** Sim ( )  
Qual a quantidade para um ano? Não ( )

Qtd (kg)	Valor/kg

**3.2. Quais adubos/fertilizantes o senhor (a) utiliza nas lavouras durante 1 ano?**

	Adubo/fertilizante	Quantidade	Unidade	Valor unitário
Exemplo 1	N-P-K 10-10-10	5	kg	75
Exemplo 2	Esterco de galinha	100	kg	15
Adubo 1				
Adubo 2				
Adubo 3				
Adubo 4				

OBS: Valor unitário é o valor para cada kg, ton, litro, etc...

**Exemplo para responder as questões 3.3.1 e 3.3.2 sobre defensivos:**

**3.3. Quais defensivos agrícolas são utilizados nas lavouras durante 1 ano?**

	Defensivo/Agrotóxico/Pesticida	Quantidade	Unidade	Valor unitário
n°1	Herbicida (Gramoxone)	10	litro	170
n°2	Herbicida (?)	2	kg	170
n°3	? (Gramoxone)	10	litro	170

**3.3.1** Quais *pesticidas/fungicidas* são utilizados nas lavouras durante 1 ano?

	Pesticidas utilizados	Quantidade	Unidade	Valor unitário
nº1				
nº2				
nº3				
nº4				

**3.3.2** Quais *inseticidas* são utilizados nas lavouras durante 1 ano?

	Inseticidas utilizados	Quantidade	Unidade	Valor unitário
nº1				
nº2				
nº3				
nº4				

**4.** Compra sementes/mudas ou a produção é própria?

- ( ) Nós mesmos produzimos ou utilizamos de lavouras/culturas passadas.  
 ( ) Nós compramos sementes.

**4.1.** As sementes/mudas compradas são melhoradas?

Sim ( )

Não ( )

**4.2.** De quais culturas as sementes/mudas são melhoradas? Quais não são? (Para 1 ano)

	Cultura	Quantidade	Melhorada?	Unidade	Preço total
Exemplo 1	Alface	10000	Não	muda	1200
Exemplo 2	Milho	300	Sim	pacote 10g	1350
Exemplo 3	Cenoura	2	Não sei	latas 150g	30
	Cultura 1				
	Cultura 2				
	Cultura 3				
	Cultura 4				
	Cultura 5				
	Cultura 6				
	Cultura 7				
	Cultura 8				
	Cultura 9				
	Cultura 10				

**5.1** Se houver máquina (s) ou equipamento (s) na propriedade, qual (is) é (são)?

Maquinas/equipamentos	Quantidade	Valor manutenção (ano)/ un.
Trator (es)		
Microtrator (es)		

Colheitadeira (s)		
Pulverizador (es)		
Pulverizador (es) costal (is)		
Outro. Qual(is):		

**Por favor, poderia especificar a *marca*, o *ano* e o *modelo* dos utensílios da questão**

**5.1.1.**

**5.1?**

	<b>Maquinas/equipamentos</b>	<b>Marca</b>	<b>Ano</b>	<b>Modelo</b>	<b>Valor</b>
n°1					
n°2					
n°3					
n°4					
n°5					

**5.2.**

**Não há máquina ou equipamento, porém ele(s) é(são) alugado(s). E não inclusos na mão de obra citada na questão 2.2.1.**

	<b>Nome da máquina/equipamento</b>	<b>Valor</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor para 1 ano</b>
Exemplo 1	Trator - aração	20	hora	800
Exemplo 2	Trator - gradagem	150	dia	3600
n°1				
n°2				
n°3				
n°4				

**5.3.**

**Benfeitorias: apresenta silo, madurador, estufa, barracão e/ou outras benfeitorias?**

	<b>Tipo de Benfeitoria</b>	<b>Tamanho</b>	<b>Valor</b>	<b>Manutenção</b>	<b>Ano</b>
n°1					
n°2					
n°3					
n°4					

## PRODUÇÃO

6	Qual é a produção durante 1 ano? (Por favor, especifique como se produz)				Área Plantada
	Lavoura e sistema de produção	Unidade	Quantidade	Receita total	
Exemplo 1	Goiaba Orgânico	caixa 20kg	100	2450	2 ha
Exemplo 2	Manjeriço Convencional	maço 300g	700	2100	216 m <sup>2</sup>
Exemplo 3	Maracujá Agrofloresta SAF	caixa 20kg	50	2000	4 ha C
Exemplo 4	Alface Hidropônica	Unidade	3000	4500	400 m <sup>2</sup>
Cultura 1					
Cultura 2					
Cultura 3					
Cultura 4					
Cultura 5					
Cultura 6					
Cultura 7					
Cultura 8					
Cultura 9					
Cultura 10					
Cultura 11					
Cultura 12					
Cultura 13					
Cultura 14					
Cultura 15					
Cultura 16					

## ANEXO – RESULTADOS ESTATÍSTICOS COMPLETOS DOS MODELOS

**Estimação do modelo Cobb-Douglas**

Nome	z	Valor	Erro Padrão
larea	1.40E+04	0.1388582***	1.03E-05
lmdo	2.80E+05	1.045041***	3.78E-06
laorg	-1.70E+04	-0.0476	2.74E-06
laquim	1749.81	0.0045069***	2.58E-06
ldef	-1.30E+04	-0.0363	2.71E-06
lsem	4.00E+04	0.0793594***	2.01E-06
lk	2.80E+04	0.0852293***	3.04E-06
lrt	Var. Dep	-	-
Wald chi2	1.76E+11	valor-p 0.00	
Log likelihood	-30.739		
N. obs	= 42		

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.

**Regressão da Eficiência Técnica (Robusto)**

Nome	t	Valor	Erro Padrão
conv	5.66	0.5608969***	0.099167
org	4.04	0.4155988***	1.03E-01
agro	3.65	0.6548067***	1.80E-01
semm	1.29	0.1335832	1.04E-01
area	-1.86	-0.0109497*	5.88E-03
ef	Var. Dep	-	-
Teste F	30,59	valor-p 0.00	
N. obs	= 42	R <sup>2</sup> = 0,7927	

\*, \*\*, \*\*\*: significativo a 10%, 5% e a 1%.

Fonte: Elaboração própria.