

JOÃO GABRIEL ALVES DA COSTA

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E VARIÁVEIS DE GESTÃO: UM ESTUDO DE CASO DE
PROPRIEDADES PRODUTORAS DE CAFÉ LOCALIZADAS NA REGIÃO DAS
MATAS DE MINAS**

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

Orientador: Viviani Silva Lírio

Coorientadores: Altair Dias de Moura
Marcelo José Braga
Guilherme F. Travassos

**VIÇOSA - MINAS GERAIS
2021**

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

T

C837e
2021
Costa, João Gabriel Alves da, 1987-
Eficiência técnica e variáveis de gestão: um estudo de caso de propriedades produtoras de café localizadas na região das matas de Minas / João Gabriel Alves da Costa. – Viçosa, MG, 2021.

1 dissertação eletrônica (62 f.): il.

Orientador: Viviani Silva Lírio.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 58-62.

DOI: <https://doi.org/10.47328/ufvbbt.2021.051>

Modo de acesso: World Wide Web.

1. Fazendas de café - Aspectos econômicos. 2. Eficiência.
3. Análise envoltória de dados . I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Economia Rural. Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada. II. Título.

CDD 22. ed. 338.17373

Bibliotecário(a) responsável: Alice Regina Pinto CRB6 2523

JOÃO GABRIEL ALVES DA COSTA

**EFICIÊNCIA TÉCNICA E VARIÁVEIS DE GESTÃO: UM ESTUDO DE CASO DE
PROPRIEDADES PRODUTORAS DE CAFÉ LOCALIZADAS NA REGIÃO DAS
MATAS DE MINAS**

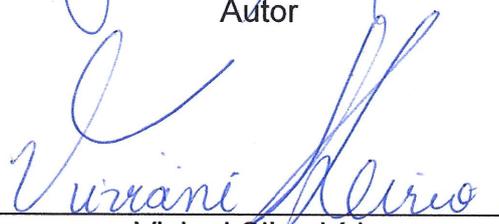
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 27 de julho de 2021.

Assentimento:



João Gabriel Alves da Costa
Autor



Viviani Silva Lírio
Orientadora

Aos meus familiares e amigos.

AGRADECIMENTOS

São tantas as pessoas que me ajudaram a chegar até este momento, mas, com certeza, as duas principais, para as quais dedico todo o meu amor, respeito e carinho, são justamente aquelas que sempre estiveram ao meu lado mesmo quando eu ainda nem havia chegado a este mundo: minha mãe Adoran Alves da Costa e minha avó materna Luzia Viana da Costa (*in memoriam*). Fui criado e educado por duas pessoas escolhidas a dedo por Deus. A vocês, dedico e sempre dedicarei tudo em minha vida. Vocês são a luz do meu caminho!

E por falar em Deus, estando ele não satisfeito em escolher as pessoas perfeitas para colocar em minha vida, complementou esta sua tarefa dando-me de presente a companhia, o amor e o carinho de uma das pessoas mais maravilhosas que já conheci em toda a minha vida: Janize Pereira da Silva. A pessoa que me traz paz e confiança para acreditar que todo o esforço e dedicação será recompensado um dia e que juntos poderemos olhar para trás e dizer que tudo valeu a pena.

Em nome do prof. José Rufino eu agradeço a todos os professores que me acolheram de braços abertos, que tiveram a paciência e a responsabilidade de responderem as minhas dúvidas e inquietações de forma clara e compreensível e que sempre se colocaram à disposição de me ajudar no que fosse preciso. À orientadora e coorientadores meu muito obrigado, por tudo mesmo.

Agradeço aos amigos e parentes que, de perto ou de longe, sempre me transmitiram energias positivas e sempre estiveram ao meu lado dando apoio e confiança para encarar essa longa jornada. Aproveito para pedir minhas mais humildes desculpas pela ausência presencial em muitos encontros dos quais, com certeza, se estivéssemos juntos teríamos tido boas gargalhadas e desfrutado de muitas aventuras.

Em nível institucional, eu agradeço as universidades federais do Piauí (UFPI – *Campus Ministro Reis Velloso*) e de Viçosa (UFV – *Campus de Viçosa*) por terem me proporcionado, respectivamente, a possibilidade de realizar minha graduação e pós-graduação cercado de tanta gente boa, competente e acolhedora. Agradecimento especial ao Departamento de Economia Rural (DER-UFV). À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) eu agradeço pelo financiamento dos meus estudos que sem ele tudo teria sido bem mais difícil de se tornar realidade.

Por fim, mas não menos importante, eu agradeço “*por demais da conta*” o Serviço Nacional de Aprendizado Rural (SENAR-MG) na figura de Marcos Reis (Gerente Regional), Daniel Rodrigo do Prado (Supervisor técnico) e Laio de Souza Almeida (técnico de campo).

“Não crescemos quando as coisas são fáceis, crescemos quando enfrentamos desafios”.

(Autor desconhecido)

RESUMO

COSTA, João Gabriel Alves da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2021. **Eficiência técnica e variáveis de gestão: um estudo de caso de propriedades produtoras de café localizados na região das Matas de Minas.** Orientadora: Viviani Silva Lírio. Coorientadores: Marcelo José Braga, Altair Dias de Moura e Guilherme Fonseca Travassos.

O mundo moderno dos negócios tem exigido, cada vez mais, dos gestores empresariais, o controle mais eficiente dos custos de produção. Entretanto, esta não é uma tarefa trivial. Por isso, a gestão das atividades empresariais agrícolas vem passando, ao longo dos últimos anos, por profundas transformações técnicas e gerenciais. Na história e formação econômica do Brasil, o café consta como uma das culturas agrícolas de maior relevância na geração de empregos e renda no país. Grande parte de seus produtores estão inseridos na agricultura familiar. Dada as suas limitações de recursos, torna-se imperativo a implementação de uma gestão eficiente sobre o uso dos insumos de produção. Diante deste fato, a adoção de instrumentos de suporte à tomada de decisão surge como uma opção viável de auxílio à gestão. Sendo assim, a pesquisa teve como objetivo analisar a eficiência técnica de 255 propriedades de café na região das Matas de Minas, assim como averiguar a influência exercida pelas variáveis de gestão sobre a eficiência dessas propriedades. Para o alcance de tal objetivo, a amostra de propriedades foi separada em dois biênios de produção. Para a verificação das eficiências técnicas se aplicou o método de Análise Envoltória de Dados (*DEA*). Para a averiguação da influência exercida pelas variáveis de gestão, foi aplicado um modelo de regressão *Tobit*. Os resultados da pesquisa apontaram para uma eficiência técnica média de 73,2% no primeiro biênio e 67,6% no segundo biênio. As variáveis de gestão *área em produção, escolaridade/capacitação, evolução patrimonial e preço médio de venda* apresentaram relevância estatística na influência sobre os escores de eficiência. De acordo com o que foi verificado, ainda existem muitas oportunidades de redução nos insumos de produção com desdobramentos em um ganho maior de eficiência técnica entre as propriedades

Palavras-chave: Eficiência técnica. Análise Envoltória de Dados (DEA). Café.

ABSTRACT

COSTA, João Gabriel Alves da, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2021. **Technical efficiency and management variables: a case study of coffee producers located in the Matas de Minas region.** Adviser: Viviani Silva Lírio. Co-advisers: Marcelo José Braga, Altair Dias de Moura and Guilherme Fonseca Travassos.

The modern business world has increasingly demanded from business managers a more efficient control of production costs. However, this is not a trivial task. Therefore, the management of agricultural business activities has undergone, over the past few years, profound technical and managerial changes. In the history and economic formation of Brazil, coffee is one of the most important crops in generating jobs and income in the country. A large part of its producers is involved in family farming. Given its resource limitations, it is imperative to implement efficient management of the use of production inputs. Given this fact, the adoption of instruments to support decision-making emerges as a viable option to support management. Thus, the research aimed to analyze the technical efficiency of 255 coffee producers in the region of Matas de Minas as well as to investigate the influence exerted by the management variables on the efficiency of these producers. To achieve this objective, the sample of producers was separated into two biennia. To verify the technical efficiencies, the Data Envelopment Analysis (DEA) method was applied. To investigate the influence exerted by management variables, a Tobit regression model was applied. The survey results pointed to an average technical efficiency of 73.2% in the first biennium and 67.6% in the second biennium. The variables of the management area in production, education/training, equity evolution, and the average sales price were statistically significant in influencing the efficiency scores. According to what was verified, there are still many opportunities to reduce production inputs, with consequences for greater gains in technical efficiency between properties.

Keywords: Technical efficiency. Data Envelopment Analysis (DEA). Coffee.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	11
1.1. Considerações Iniciais.....	11
1.2. O problema e sua importância.....	13
1.3. Hipótese.....	17
1.4. Objetivos.....	17
1.4.1. Objetivo Geral.....	17
1.4.2. Objetivos Específicos.....	17
1.5. Estrutura do trabalho.....	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1. Custos de produção.....	18
2.1. Abordagem não-paramétrica.....	21
3. METODOLOGIA.....	26
3.1. Data Envelopment Analysis (DEA).....	26
3.2. Procedimento de identificação de <i>outliers</i>	27
3.3. Estimação dos escores de eficiência por meio do <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i>	28
3.4. Averiguação das variáveis de gestão que condicionam os escores de eficiência por meio da aplicação do modelo Tobit.....	34
3.4.1. Tobit <i>bootstrapping</i>	36
3.5. Identificação das variáveis e origem dos dados.....	37
4. RESULTADOS.....	42
4.1. Estimação e análise dos escores de eficiência através do método <i>Data Envelopment Analysis (DEA)</i>	42
4.2. Análise de compreensão dos escores de eficiência técnica estimada.....	50
5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	53
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	56
REFERÊNCIAS.....	58

1. INTRODUÇÃO

1.1. Considerações Iniciais

O café chegou ao Brasil no século XVIII e rapidamente se transformou em uma das mais importantes culturas agrícolas do país. Seu trajeto se iniciou pela região norte, mais especificamente, no estado do Pará, em 1731. Porém, o ciclo econômico da borracha, em ascensão, fez com que o café migrasse para o Maranhão e suas regiões vizinhas (como a Bahia), culminando com a sua chegada ao Rio de Janeiro (PAULA, 2013).

Após a chegada ao sudeste brasileiro, o café se espalhou pelos estados do Paraná, São Paulo e Minas Gerais, no qual o café se consolidou como uma das principais culturas agrícolas, impulsionado pela ocorrência de dois fenômenos: um econômico e outro climático. Em 1970, o café passou a apresentar, no estado de Minas Gerais, rentabilidade superior a atividade pecuária o que acabou incentivando o direcionamento dos investimentos para a atividade (PAULA, 2013). Em 1975, uma forte geada ocorrida no Paraná fez com que boa parte da produção de café desse estado e do estado de São Paulo migrasse para Minas Gerais. Paralelamente a isto, os produtores agrícolas do Paraná direcionaram a produção para o cultivo da soja, devido ao incentivo dos preços ocorrido no período. Em 1982, o café passou a rivalizar em rentabilidade com outras culturas no estado de São Paulo, fazendo com que houvesse perda de estímulo a sua produção (CARVALHO; BITENCOURT, 2010).

Aos poucos, Minas Gerais tomou posição de maior produtor de café do Brasil e, em 2020, o estado alcançou uma produção recorde, na qual se contabilizou um total de 34,6 milhões sacas de 60 kg, o que corresponde a 55% da safra Cafés do Brasil (IBGE, 2020). As principais regiões cafeeiras do estado são: Sul de Minas (Sul/Sudoeste), Cerrados de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce) e Chapadas de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri) (ALVES et al., 2011).

A região das Matas de Minas é composta por 63 municípios situados na porção leste do estado de Minas Gerais, com área destinada à produção de café – destacadamente arábica – de aproximadamente 275 mil hectares. O número de produtores de café na região é expressivo, sendo contadas cerca de 36 mil unidades produtivas, as quais, majoritariamente, são identificadas como de pequeno porte,

uma vez que cerca de 80% delas possuem uma área produtiva inferior a 20 hectares (região das Matas de Minas, 2020), não mecanizáveis, de exploração familiar, reduzida escala de produção e de grande dependência de tratamentos culturais (SOUSA, 2011).

O cultivo de café nessa região recebe o nome de cafeicultura de montanha devido à predominância do relevo montanhoso e, esta característica, aliada às temperaturas mais amenas e às altitudes elevadas da região, permite que ocorra uma formação dos grãos de forma mais lenta, contribuindo com o maior acúmulo de constituintes químicos que estão diretamente relacionados à bebida de qualidade (LAVIOLA et al., 2007; INAES, 2010). Contudo, essa qualidade reconhecida atribuída à cafeicultura na região das Matas de Minas não deve ficar restrita apenas ao fruto café. Deve-se estender também à gestão das propriedades, essencialmente, no que se refere aos custos de produção.

Em sua absoluta maioria, a produção de café na região das Matas de Minas é composta por produtores provenientes da agricultura familiar. Este tipo de produtor costuma apresentar limitações quanto à disponibilidade de recursos financeiros e de estratégias mercadológicas e gerenciais. Por isso, o produtor precisa administrar bem a propriedade, utilizando adequadamente os recursos que possui à sua disposição. Nesse sentido, é importante que a produção das propriedades ocorra dentro das possibilidades de eficiência de cada uma delas. Desse modo, o uso de instrumentos de suporte à tomada de decisão, bem como de ferramentas capazes de medir a eficiência das propriedades, surgem como uma opção viável de auxílio à gestão.

Destaque-se que, em certas circunstâncias, e de forma equivocada, o termo eficiência é utilizado como sinônimo para os termos eficácia e produtividade. Entretanto, é muito importante que seja compreendido a distinção teórica existente entre esses termos. De acordo com Clemente, Gomes e Lírio (2015) e Mello et al. (2005, p. 2520) “o conceito de eficácia está ligado apenas ao que é produzido, sem levar em conta os recursos utilizados para a produção”. Os autores complementam a definição de eficácia colocando que essa “é a capacidade de a unidade produtiva atingir a produção que tinha como meta”.

Por outro lado, a produtividade é uma medida na qual a produção de uma unidade produtiva é comparada com a produção total das demais, ou seja, uma empresa se torna mais produtiva que outra devido às decisões de produção têm sido

mais bem tomadas. Essas decisões perpassam pelo “*uso de uma tecnologia mais avançada, a contratação de mão de obra mais qualificada e/ou melhores técnicas gerenciais*” (MELLO et al., 2005, p. 2521). Contudo, Ray (2004, p. 15) diz que:

“[...] dois conceitos comumente usados para caracterizar o desempenho de utilização de recursos de uma empresa são produtividade e eficiência. Esses dois conceitos são frequentemente tratados como equivalentes no sentido de que se a empresa A é mais produtiva do que a empresa B, então geralmente se acredita que a empresa A também deve ser mais eficiente. [...] Embora intimamente relacionados, são conceitos fundamentalmente diferentes” (RAY, 2004, p. 15).

Enquanto a produtividade é um conceito absoluto, a eficiência é um conceito estritamente relativo, no âmbito do qual as unidades produtivas são comparadas entre si, ou seja, o que é produzido com o que poderia ser produzido, dados os recursos disponíveis. Santos et al. (2009, p.679) define, portanto, eficiência como sendo “*o modo como os agentes econômicos alcançam da melhor forma possível os objetivos de produção*”. Consequentemente, não é razoável simplesmente apontar que uma unidade de produção é eficiente e outra não. Por ser uma medida de comparação relativa, uma unidade será sempre mais eficiente ou menos eficiente do que outra unidade produtiva.

1.2. O problema e sua importância

A busca por práticas capazes de tornar a gestão da cafeicultura mais eficiente tecnicamente e mais sustentável economicamente, é debatida em diferentes espaços de interesse pelos mais variados tipos de especialistas. Nestes fóruns especializados é recorrente a colocação de que a cafeicultura necessita aumentar sua eficiência produtiva, acompanhada de redução dos custos de produção, visando sua maior competitividade (LIMA; REIS; ALVES, 2012).

De fato, as propriedades cafeeiras mais bem-sucedidas passaram a serem aquelas que elevaram seu nível de competitividade reduzindo os custos de produção e orientando-se, cada vez mais, para as necessidades e exigências do mercado. Nesse ambiente moderno e dinâmico que se encontra o grande desafio em se adaptar as propriedades a esses novos sistemas administrativos (EPAMIG, 2008). Por conseguinte, para que os cafeicultores consigam maior competitividade, é preciso que sejam utilizados instrumentos que os auxiliem, sobretudo na gestão dos

custos de produção, fator preponderante para transformar a cafeicultura em um negócio gerador de lucro¹ (COSTA et al., 2013).

Um ponto que se apresenta como sendo de alta sensibilidade para a realização de uma gestão eficiente dos custos de produção trata-se dos insumos que estão ligados ao Custo Operacional Efetivo (COE)². Os insumos componentes do COE representam o principal desembolso de curto prazo realizado pelo produtor de café. Por conta desta sua característica, o COE serve como base de decisão para que o cafeicultor avalie a sua continuidade ou não na atividade.

No caso da cafeicultura, os desembolsos do COE acontecem por: adubação via solo, adubação via folha, colheita, condução da lavoura, controle de plantas daninhas, controle de pragas e doenças, poda e desbrota, administração e pós-colheita. Dentro desses desembolsos estão os gastos relacionados com adubação química e orgânica, corretivos de solo, fungicidas, inseticidas, defensivos agrícolas, energia elétrica, combustíveis, reparos de máquinas e equipamentos, mão de obra fixa e contratada, entre outros.

Além disso, devido ao sistema de produção na cafeicultura de montanha ser do tipo manual e, por todas as suas particularidades exposta até aqui, o custo com mão de obra familiar desempenha papel preponderante entre os custos de produção. Este insumo é apropriado nos custos de produção como um custo de oportunidade. Seu valor é estimado sob a perspectiva de quanto o produtor receberia por seu trabalho caso estivesse servindo como mão de obra contratada em outra propriedade.

Todos esses aspectos precisam estar bem dimensionados dentro das possibilidades da área em produção³ de cada propriedade cafeeira. Portanto, realizar uma gestão eficiente dos custos de produção é de extrema importância, pois gera informações para que o gestor tome decisões mais precisas e em tempo hábil. Tal procedimento deve visar à criação de condições para o desempenho eficiente do processo produtivo.

Considerando a relevância do tema, a literatura vem apresentando – ao longo dos anos – trabalhos de reconhecida relevância para o estudo do mesmo.

¹ Matiello et al. (2016) alertam que a cafeicultura é uma atividade de risco. Os autores afirmam que a produção depende especialmente dos preços e dos custos de produção, que geram condições de ganho ou perda ao produtor.

² Representa todos os gastos que resultam em desembolso feito por parte do produtor (SENAR, 2015).

³ Área destinada somente para o cultivo de café.

Dentre eles, pode-se citar Freire (2010) que buscou avaliar a gestão e a eficiência econômica da alocação dos recursos produtivos da cafeicultura no sul de Minas Gerais. Os resultados do estudo indicaram uso ineficiente dos recursos produtivos. Sousa (2011) analisou a contribuição que a certificação das propriedades cafeeiras promoveu sobre a eficiência técnica da cafeicultura na região da Zona da Mata e Sul de Minas. Os resultados evidenciaram um baixo desempenho técnico da produção de café nessas localidades.

O trabalho de Lima, Reis e Alves (2012) procurou pesquisar os níveis de eficiência econômica dos recursos produtivos da cafeicultura mineira por meio dos métodos de fronteira estocástica de produção e Análise Envoltória de Dados (DEA). O autor coloca que não há diferença significativa nas eficiências médias entre ambas as metodologias. O estudo aponta que a eficiência média das unidades produtivas encontrada pelo método de fronteira estocástica de produção foi de 79% e pelo método DEA foi de 65%. O estudo de Paula (2013) teve como objetivo analisar a eficiência técnica de cafeicultores das regiões do Cerrado e do Sul de Minas Gerais e verificar como a inclusão de variáveis climáticas poderia alterar a análise. Os resultados do trabalho indicaram um impacto muito pequeno das variáveis climáticas na determinação da eficiência técnica das propriedades cafeeiras na região estudada. Por fim, Nascimento et al. (2017) analisou a eficiência técnica de propriedades produtoras de café de montanha localizadas no Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata e Vale do Rio Doce. Os resultados mostraram um baixo índice de eficiência técnica entre as propriedades cafeeiras analisadas.

Nesse âmbito, a motivação para a realização desta pesquisa partiu da observação mais detalhada do estudo realizado por Lima, Reis e Alves (2012). Os

autores, após analisarem os gastos realizados com algumas variáveis do COE⁴, verificaram que não havia uma correlação significativa entre os valores gastos e a produtividade das unidades de produção. A partir desta constatação, levantaram a hipótese de que outras variáveis, incluindo as variáveis de gestão, poderiam influenciar na produtividade e na eficiência das propriedades de café, o que abriu espaço para uma contribuição efetiva nesse quesito.

Existem distintos programas de assistência técnica e gerencial que são desenvolvidos por agências de fomento, com o intuito de levar aos produtores as melhores práticas de gestão e técnicas de produção. Muitos desses programas e protocolos de gestão são oferecidos ou por sindicatos rurais ou pelas próprias federações de agricultura estaduais. Em Minas Gerais, mais particularmente na região das Matas de Minas, entre os anos de 2016 e 2020, um grupo selecionado de propriedades produtoras de café recebeu acompanhamento técnico e gerencial pelo Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR-MG) por meio do Programa de Assistência Técnica e Gerencial (ATeG). O Programa ATeG, nascido em 2013, busca através de suas equipes de assistência técnica, aprimorar os processos de gerenciamento nas propriedades, estimulando-as a se tornarem mais eficientes.

Considerando a importância da cafeicultura para as Matas de Minas e a relevância de se aferir, com a maior precisão possível, a eficiência técnica das propriedades dessa região, realizou-se um estudo de caso das propriedades atendidas pelo SENAR-MG, no qual é analisada a eficiência técnica utilizando variáveis de gestão que expliquem os escores de eficiência técnica estimados. É importante salientar que a cafeicultura é uma cultura agrícola perene na qual incide sobre ela um fenômeno cíclico conhecido como bianualidade, que se caracteriza por apresentar períodos de alta produção seguidos, normalmente, por períodos de baixa produção (MOREIRA et al., 2019). Essa realidade impõe que se considerem, nas análises realizadas, médias bianuais para melhor capturar efetivamente os efeitos das variáveis de interesse. Até o momento, não foram realizadas pesquisas dessa natureza com esse grupo específico de empresários rurais e, considerando a importância do seu perfil de produção para o estado de Minas Gerais, acredita-se ser esta uma contribuição relevante para o conhecimento disponível sobre o tema.

⁴ Gastos relacionados com mão-de-obra, colheita e pós-colheita, fertilizantes, corretivos e defensivos.

1.3. Hipótese

A hipótese norteadora deste estudo é que variáveis de gestão exercem influência sobre a eficiência técnica das propriedades de café das Matas de Minas, principalmente nos períodos de mais baixa produção.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo Geral

Analisar a eficiência técnica de um grupo de propriedades produtoras de café localizadas na região das Matas de Minas, utilizando variáveis de gestão para explicar os escores de eficiência técnica nos biênios agrícolas de 2017/18 e 2019/20.

1.4.2. Objetivos Específicos

- a) Mapear e comparar a região das Matas de Minas de acordo com a eficiência técnica, de maneira a aproveitar possíveis externalidades;
- b) Averiguar quais as variáveis de gestão exerce influência sobre os escores de eficiência técnica das propriedades analisadas.

1.5. Estrutura do trabalho

Este trabalho está estruturado da seguinte forma: além desta introdução, as principais teorias norteadoras do trabalho estão expostas no referencial teórico, que trata dos custos de produção nas atividades agrícolas e das medidas de eficiência com base em técnicas não-paramétricas. A ela se segue a metodologia utilizada na pesquisa, que apresenta a ferramenta analítica escolhida para o alcance dos objetivos, bem como realiza a identificação das variáveis com a indicação da origem dos dados. Posteriormente, apresentam-se as seções de resultados e discussão, separadamente. Logo em seguida, apresentam-se as considerações finais. No encerramento da estrutura, têm-se todas as referências que nortearam esta pesquisa.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Custos de produção

Gerir os custos de produção de uma atividade não é uma tarefa fácil. No meio agrícola isso ganha ainda maior complexidade, pois existem muitas variedades e definições que se pode assumir, fazendo com que a metodologia de acompanhamento e medição seja diferente entre as atividades. Em um conceito microeconômico tradicional, os custos de produção (totais e unitários) derivam da estrutura produtiva considerada, de modo que *“dada uma tecnologia de produção, os preços e as quantidades de insumos determinarão os custos totais”* (Castro et al., 2009, pág. 249). De uma maneira ampla e geral, os custos são divididos em dois tipos: custos fixos e variáveis. Os custos variáveis, como o próprio nome sugere, são aqueles custos que variam de acordo com o nível de produção. Já os custos fixos independem do nível produtivo.

Por outro lado, a temática dos custos, sobretudo nas análises agrícolas, envolve muitos condicionantes e detalhamentos, exigindo uma compreensão mais profunda do tema. As dificuldades de mensuração dos custos de produção agrícola por meio desta abordagem tradicional levaram o Instituto de Economia Agrícola (IEA) a reformular a sua metodologia de apuração e acompanhamento, principalmente em relação aos custos fixos. As principais dificuldades enfrentadas pelo IEA estavam na condição de subjetividade da estimação dos custos de produção de alguns itens combinados a períodos inflacionários.

Seguindo a ordem estabelecida tradicional de divisão dos custos de produção, o IEA realizava suas estimações organizando todos os itens que eram comuns às atividades agrícolas e dividia-os em partes iguais a depender das rendas brutas. Por trás dessa ideia, encontrava-se o pressuposto de que aquelas atividades de maior renda deveriam ser oneradas em maiores proporções (MATSUNAGA et al. 1972). Em relação às remunerações, eram adotadas taxas de retorno consideradas adequadas como custo de oportunidade.

Combinados a essas condições de subjetividade, havia, à época, uma tendência de superestimação dos fatores produtivos devido aos períodos inflacionários que criavam distorções profundas na mensuração dos custos de produção. Esta situação, amiúde, fazia com que os custos mantivessem uma

relação de superioridade aos preços de mercado o que provocava nos produtores certo desinteresse com a atividade agrícola e posterior abandono.

A consequência direta dessas dificuldades de mensuração dos custos, como citado anteriormente, foi que várias instituições passaram a contestar as estatísticas emitidas pelo IEA. Além disso, as dificuldades de formação dos custos de produção geravam um efeito em cascata prejudicial à atividade agrícola. O efeito se dava da seguinte forma: os custos de produção normalmente ficavam acima do preço de venda estabelecido pelo mercado que por sua vez impactava a receita do negócio. Assim, as decisões empresariais de investimento eram congeladas o que provocava ociosidade do capital. Para Matsunaga et al. (1972, p. 128):

As decisões de investimento na agricultura são quase sempre tomadas em função de um conjunto de atividades [...]. Isto, diferentemente da maioria das atividades econômicas, pode levar à ociosidade do capital se o investimento não for cuidadosamente planejado (MATSUNAGA et al. 1972, p. 128).

Sendo assim, técnicos do IEA resolveram realizar ajustes metodológicos na mensuração dos custos de produção promovendo um refinamento do conceito tradicional. Este refinamento acabou ficando conhecido como custo operacional. A partir dele, abriu-se o entendimento de que os custos deveriam ser subdivididos em: custos explícitos e implícitos.

Os custos explícitos se referem ao desembolso efetivamente realizado, ou seja, é o montante de recurso destinado para o pagamento de certas despesas. Essas despesas, desse momento em diante, seriam ainda divididas em: diretas e indiretas. As despesas diretas são aquelas consideradas como dispêndio de dinheiro com mão de obra, adubos, defensivos, fertilizantes, combustíveis, lubrificantes, transportes, entre outras. As despesas indiretas representam o dispêndio com impostos e taxas, encargos sociais e etc. É justamente neste ponto, nas despesas indiretas, que se percebe a sutileza no refinamento metodológico promovido pelos técnicos do IEA. Eles passaram a considerar o pagamento de impostos, taxas e encargos sociais não mais como um custo fixo, e sim como novos integrantes do custo operacional.

Em sequência, os custos implícitos são aqueles para os quais não ocorrem desembolso efetivo de dinheiro, como é o caso das depreciações. Ressalta-se aqui que estes custos implícitos são, segundo o superintendente do SENAR-MG, Sr. Christiano Nascif, “os maiores responsáveis pelo empobrecimento do produtor rural

que, por não “enxergar” este custo acaba encontrando dificuldade na reposição dos bens de capital ao longo do tempo fazendo com que a atividade perca competitividade”.

Desta forma, segundo Matsunaga et al. (1972, p. 136-137), “[...] o principal objetivo do custo operacional é ser um indicador, o mais preciso possível, das decisões de produção”. Portanto, tendo em vista essa nova perspectiva metodológica, os custos de produção agrícola passaram a ser mensurados respeitando a seguinte repartição: Custo Operacional Efetivo (COE), Custo Operacional Total (COT) e o Custo Total (CT).

Dado o seu propósito de ser um indicador das decisões de produção, o COE configura-se como o mais importante indicador de curto prazo para o produtor rural. A decisão do produtor rural de continuar ou não em sua atividade depende da análise de comportamento do COE. Tal análise acontece da seguinte forma: se o preço de venda do produto é superior ao COE médio, então o produtor opta no curto prazo, por continuar na atividade. Caso contrário, na medida em que o preço de venda do produto não seja mais capaz de cobrir o COE médio, o produtor é levado a diminuir gradualmente a produção até o seu encerramento definitivo.

A principal análise que pode ser feita pelo COT envolve o acompanhamento sistemático das depreciações e do custo de oportunidade da mão de obra familiar. Sabe-se que todas as aquisições de máquinas e equipamentos, assim como as benfeitorias realizadas em prol da atividade agrícola e do imóvel rural, sofrem perda de valor ao longo do tempo. Entretanto, o produtor deve se manter atento a este tipo de custo, pois se trata de um custo “invisível”, ou seja, não há um desembolso real de recursos financeiros para a sua manutenção. Por esta sua característica, o produtor, muitas vezes, não dá atenção ou não percebe a incidência deste custo e não o considera na formação de preço do produto.

Como resultado final, o CT engloba todos os custos anteriores, acrescido do custo de oportunidade do capital. O CT serve como parâmetro de comparação com o custo do capital investido com a atividade. É o principal indicador de rentabilidade do negócio e deve ser sempre analisado em longo prazo. Em tese, de posse deste indicador, o gestor da propriedade rural realiza comparações entre o rendimento financeiro obtido na atividade com o rendimento financeiro de outros tipos de investimentos disponíveis no mercado.

Os custos de produção, portanto, desempenham uma posição central na análise de eficiência dos negócios. A rigor, a literatura que trata sobre o tema não impõe condições de utilização dos métodos de análises.

2.1. Abordagem não-paramétrica

As medidas de eficiência com base em técnicas não-paramétricas consistem em um modelo empírico no qual cada núcleo produtivo é comparado a outros núcleos de produção de mesma característica e representatividade (Gomes e Baptista, 2004). A medida de eficiência obtida é, portanto, relativa e o respectivo valor para uma determinada unidade de produção corresponde ao desvio observado em relação àquelas unidades consideradas eficientes (Almeida, 2012).

Fied, Lovell e Schmidt (2008) decompõem a eficiência em dois componentes: técnico e alocativo. Eles explicam que o componente técnico tem referência na capacidade de evitar desperdícios no uso dos insumos, ou seja, reflete a habilidade da firma em obter máximo produto, dado um conjunto de insumos ou redução dos insumos dado um nível de produção. O componente alocativo está voltado à combinação de proporções ótimas entre insumos e produtos, respeitando o sistema de preços. Assim, quando ambas as medidas são verificadas conjuntamente, é possível se obter uma medida de eficiência econômica⁵ (Gomes e Baptista, 2004). Para Freire et al. (2012), esta medida de eficiência econômica é entendida como um processo da produção em que os custos são minimizados. A teoria econômica neoclássica aponta que este é o ponto de tangência entre a isoquanta⁶ e a isocusto⁷. Matematicamente, isso significa que é exatamente neste ponto em que a razão dos preços dos fatores é igual à razão das produtividades marginais dos fatores de produção.

Essa questão pode ser observada ao se analisar a Figura 1. A curva SS' trata-se de uma isoquanta para uma firma considerada eficiente. O ponto P representa a quantidade de insumos utilizados por outra firma qualquer para

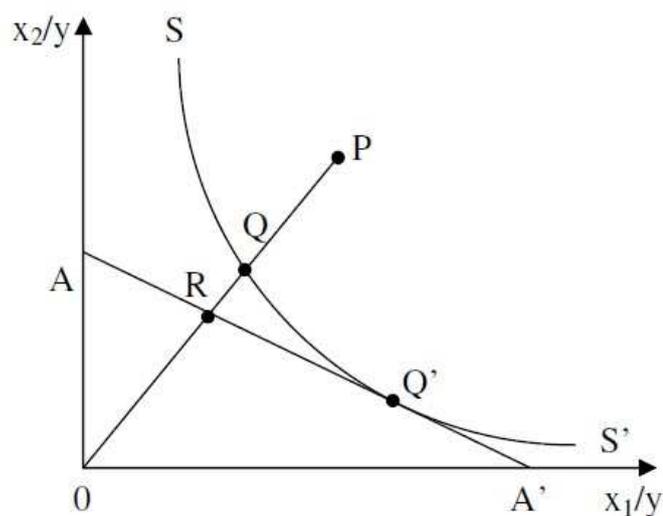
⁵ Charnes, Cooper e Rhodes (1978, p. 438) afirmam que Farrell (1957) foi o pioneiro na distinção entre aquilo que ele chamou de eficiência técnica e eficiência preço. A junção desses dois tipos de eficiência formaria a eficiência global.

⁶ Curva que mostra todas as combinações possíveis de insumos que geram o mesmo volume de produção (VARIAN, 2016, p. 348)

⁷ Todas as combinações possíveis de trabalho e capital que podem ser adquiridas mediante dado custo (VARIAN, 2016, p. 382)

produzir certa quantidade de produto. Então, neste caso, é possível observar que para esta firma ainda há espaço para reduzir a quantidade de insumos sem redução do nível de produto. Isto está representado pela distância QP (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Figura 1 – Medidas de eficiência com orientação a insumo.



Fonte: Gomes e Baptista (2004)

Essa noção de distância vista nas medidas de eficiência acima é muito importante de ser compreendida. Coelli et al (2005) defini aquilo que é denominado como uma função distância⁸. Segundo os autores, uma função distância de entrada (*inputs*) representa a contração proporcional mínima desses *inputs*, dado uma quantidade de saída (*outputs*). Por outro lado, uma função distância de saída representa uma expansão proporcional máxima dos *outputs*, dado certa quantidade de *inputs*.

Logo, partindo desta definição de função distância apresentada anteriormente, pode-se afirmar que a eficiência técnica é dada por:

$$ET = \frac{OQ}{OP} = 1 - \frac{QP}{OP}$$

Estando os escores da medida de eficiência variando no intervalo entre 0 (zero) e 1 (um), pelo resultado encontrado entre a razão das distâncias é possível de

⁸ Segundo Ray (2004, p. 16) este conceito fora introduzido primeiramente por Shephard (1953).

se obter o grau de ineficiência técnica apresentado pela firma em análise. Na circunstância em que $ET = 1$, a firma é diagnosticada como sendo tecnicamente eficiente, situando-se sobre a isoquanta eficiente, representada pelo ponto Q.

Por sua vez, dado o valor de mercado dos insumos, a eficiência alocativa (EA) é calculada, levando-se em consideração a isocusto AA', da seguinte forma:

$$EA = \frac{OR}{OQ}$$

Sendo assim, é possível perceber pela figura acima representada que a distância RQ trata-se de uma redução nos custos de produção que poderia acontecer se porventura a produção estivesse em um ponto de eficiência alocativa (Q'). A observação do ponto Q demonstra que a produção em questão é tecnicamente eficiente, porém sem desempenhar uma produção alocativamente eficiente. Desta forma, quando para certo nível de produção a firma se utiliza excessivamente dos insumos, diz que sua operação é tecnicamente ineficiente. Mediante o uso desproporcional desses insumos, diz que sua operação é alocativamente ineficiente (GOMES; BAPTISTA, 2004).

Da interação entre as eficiências técnica e alocativa obtém-se a eficiência econômica:

$$EE = \frac{OQ}{OP} \times \frac{OR}{OQ} = \frac{OR}{OP}$$

Quando se analisa a eficiência técnica de uma firma, está se lançando um olhar para dentro da empresa⁹. São avaliados os condicionantes que estão sobre o controle da firma (por ex.: os custos de produção). Na análise da eficiência alocativa, lança-se um olhar para fora da empresa¹⁰. Neste caso, os condicionantes não estão sobre o controle da firma (por ex.: o preço dos fatores)¹¹.

Nas análises de eficiência, duas orientações, a de produto e a de insumo, podem ser utilizadas¹². A primeira coloca ênfase no aumento do nível de produto e a

⁹ No jargão rural, isso é o mesmo que dizer “da porteira para dentro”.

¹⁰ No jargão rural, isso é o mesmo que dizer “da porteira para fora”.

¹¹ Texto inserido a título de complementariedade da informação. A abordagem alocativa não fará parte da análise.

¹² Pindyck e Rubinfeld (2006) destacam que tanto insumos quanto produtos são variáveis de fluxo. Em economia, as variáveis podem ser definidas como sendo de fluxo ou de estoque. Uma variável de

segunda na redução no uso de insumos. É importante frisar que independentemente do tipo de orientação do modelo, se a firma é eficiente em um tipo, ela será também no outro. O que muda entre os dois métodos são as medidas de eficiência entre aquelas firmas consideradas ineficientes (COELLI et al. 2005). Nesta pesquisa, será feita a análise da eficiência técnica das unidades produtivas, considerando a orientação de insumo.

Para a realização da análise de eficiência, dois modelos podem ser considerados (VASCONCELLOS, CANEN; LINS, 2006): o modelo envoltório e o modelo dos multiplicadores. Segundo Castro et al (2009), esses modelos correspondem a dualidade existente na teoria da produção. Para Fied, Lovell e Schmidt (2008), ambos os modelos possuem vantagens especiais de acordo com os objetivos da pesquisa. Essas vantagens especiais seriam: (1) o modelo envoltório é útil para fins de definição de metas e para identificar a eficiência de Pareto¹³ quando um modelo econométrico é aplicado em complemento à análise, limitando a área de abrangência das unidades produtivas (MELLO et al., 2005); (2) o modelo dos multiplicadores é útil para encontrar taxas marginais de substituição técnica¹⁴ e para poder melhorar o poder discriminante do modelo, através da imposição de restrições de peso. Esta última ação demanda, por parte do pesquisador, uma larga experiência e conhecimento acerca da atividade analisada. Nesta pesquisa, é utilizado o modelo envoltório, pois entende-se que ele seja o mais adequado para o alcance dos objetivos propostos.

Contudo, Ray (2004) faz uma distinção clara entre as medidas de eficiência paramétrica e não-paramétrica. A primeira, também conhecida como fronteira estocástica, possui uma fronteira móvel (para cima ou para baixo) que sofre a influência de choques aleatórios. Com a fronteira paramétrica é possível medir elasticidades e realizar análises marginais. Por outro lado, as medidas de eficiência não-paramétrica são de natureza não estatística, cuja solução de um problema de programação linear não produz erros-padrão e nem permite a criação de testes de hipóteses. Qualquer desvio percebido na fronteira não-paramétrica é visto

fluxo é aquela em que a sua mensuração ocorre em um determinado período de tempo. Diferentemente desta, uma variável de estoque é mensurada em um instante de tempo.

¹³ Eficiência de Pareto (comumente conhecida como eficiência Pareto-Koopmans): nenhum produto poderá ser aumentado sem que haja diminuição de um outro produto qualquer. Da mesma forma, não haverá diminuição de nenhum insumo sem que haja um aumento de qualquer um outro (CHARNES; COOPER; RHODES, 1978; GOMES et al., 2018).

¹⁴ Quantidade na qual um insumo pode ser reduzido quando uma unidade adicional de outro insumo é utilizada, mantendo-se o produto constante (VARIAN, 2016, p. 14)

exclusivamente como ineficiência, ou seja, sem qualquer interferência de choques aleatórios.

Mello et al. (2005, p. 2522) continuam a explicar que os “*métodos paramétricos supõem uma relação funcional pré-definida entre os recursos e o que foi produzido*”. Para tanto, tais métodos utilizam-se de medidas posicionais (normalmente médias) que determinam aquilo que poderia ter sido produzido. Porém, outros métodos não-paramétricos, entre eles a Análise Envoltória de Dados (DEA¹⁵), não estipulam nenhuma forma funcional para a função de produção. Esta é criada por meio da observação das unidades que melhor performam nas transformações de insumos em produtos em comparação com as demais unidades produtivas.

Para Gomes et al. (2018) diferentemente das estimativas econométricas, que analisam a produção média, na DEA cria-se uma superfície convexa na qual uma vez que a unidade tomadora de decisão esteja estabelecida sob a fronteira relativa de produção, ela pode ser classificada como eficiente, caso contrário será classificada como ineficiente. O objetivo do método é poder encontrar a unidade produtiva que melhor combine os recursos atuando de maneira eficiente para que dessa forma atinja o seu nível ótimo de produção.

Entretanto, quando se trata de analisar a eficiência de produção das firmas, a literatura não apresenta um consenso sobre qual método é o melhor a ser utilizado. Isso permite ao pesquisador uma liberdade de escolha quanto ao uso do método.

¹⁵ Proveniente do termo *Data Envelopment Analysis*

3. METODOLOGIA

Para o alcance dos objetivos programados, este trabalho de pesquisa seguiu uma sequência de fases, que se iniciaram pela construção de uma base de dados adequada, passando pela escolha e aplicação das técnicas que permitiram atender aos objetivos propostos.

Neste capítulo, apresenta-se, já de início, o método que foi utilizado na estimação da fronteira não-paramétrica de produção. Todavia, antes de se realizar a estimação da fronteira, foi feita a identificação e posterior exclusão de valores discrepantes (*outliers*) da amostra, que acabam por distorcer a construção da fronteira. Em sequência, são apresentados os métodos utilizados tanto para a estimação dos escores de eficiência, quanto para a averiguação das variáveis de gestão que condicionam tais escores de eficiência. Por fim, apresentam-se as variáveis que foram utilizadas no estudo e a origem dos dados.

3.1. Data Envelopment Analysis (DEA)

Nesta pesquisa optou-se pelo uso da metodologia *DEA* definida por Lewis e Sexton (2004) e Coelli et al. (2005) como sendo um método linear e baseado em programação matemática para construir uma superfície (ou fronteira), na qual se possa avaliar a eficiência relativa de cada membro de um conjunto de unidades organizacionais. No uso da *DEA*, toda e qualquer unidade transformadora de insumo em produto é conhecida como *decision making unit* (DMU), seja ela uma empresa pública, privada, municípios, estados, sítios e/ou fazendas.

Nessa proposta metodológica, as DMUs consomem vários níveis de *inputs* e produzem vários níveis de *outputs*. Assim, a *DEA* avalia a eficiência de uma DMU em relação a uma fronteira empírica de possibilidade de produção determinada por todas as DMUs, sob premissas apropriadas em relação aos retornos de escala e orientação. A principal vantagem metodológica da *DEA* é que não é feito, sobre ela, uma suposição a respeito de sua forma funcional. (NASCIMENTO et al., 2017; RAY, 2004). Entretanto, Thanassoulis (2001) argumenta que, como decorrência dessa característica, um risco que o usuário da metodologia *DEA* corre é que como não há uma especificação definida da fronteira, a mesma pode ser estimada incorretamente.

Para evitar este tipo de problema, não se deve esquecer que as atividades agrícolas possuem algumas características importante, que se comportam de duas maneiras: uma é com relação à heterogeneidade de produção existente entre as propriedades rurais, que são extremamente pulverizadas; a outra, quase uma consequência da anterior, refere-se à alta discrepância de operacionalidade produtiva entre essas mesmas propriedades rurais. Ambas as características requerem que seja realizado um procedimento para a identificação e exclusão de *outliers* antes da aplicação da *DEA*.

3.2. Procedimento de identificação de *outliers*

O modelo *DEA*, apesar de suas vantagens, possui algumas limitações de uso. Entre as limitações, está o fato de o modelo ser muito sensível à existência de observações discrepantes (*outliers*¹⁶) (SOUZA, 2003). Como esse é um fato comum na área agrícola, Gomes et al. (2018) afirmam que várias metodologias foram sendo desenvolvidas ao longo do tempo para tratar dessa questão. Segundo esses autores, uma dessas metodologias foi desenvolvida por Sousa e Stosic (2003), na qual se busca captar a presença de *outliers* que afetam a eficiência da fronteira. O método consiste em uma combinação de duas técnicas de reamostragem, chamadas de *jackknife* (determinístico) e *bootstrap* (estocástico). Desta combinação se estabeleceu o nome de “*Jackstrap*”. Nesta proposta, primeiro, a técnica determinística de reamostragem mensura a influência de cada *DMU* no cálculo da eficiência. O processo acontece por meio de um algoritmo que remove cada *DMU* da amostra, separadamente, calculando a eficiência sem sua presença. Após este processo, a técnica estocástica de reamostragem produz uma “*alavanca*” sobre os dados da amostra que permite uma análise automática da presença de *outliers*. Para a *DMU_j*, a alavanca é definida como:

$$I_j = \sqrt{\frac{\sum_{k=1; k \neq j}^K (\theta_{kj}^* - \theta_k)^2}{K-1}}$$

¹⁶ Fiel, Lovell e Schmidt (2008, p. 316) alertam para uma diferença conceitual muito importante para o termo *outlier* utilizado nas análises de regressão e nas análises *DEA*. No primeiro, um *outlier* é uma observação que está localizado a grande distância da linha de regressão. Já para *DEA* um *outlier* é uma observação que se encontra sobre a fronteira.

Em que k são as DMUs, variando de 1 a K , índice j representa a DMU removida e θ são os indicadores de eficiência. Assim, $\{\theta_k = k = 1, \dots, K\}$ representa o conjunto de eficiências originais, sem alteração da amostra, e $\{\theta_{kj}^* = k = 1, \dots, K; k \neq j\}$ representa o conjunto de eficiências recalculadas após remoção individual de cada DMU.

Portanto, a identificação das DMUs consideradas como *outliers* se dará por aquelas que apresentarem uma alavancagem acima da média geral. Caso o resultado apresentado pela DMU que esteja sobre a fronteira de eficiência seja de $\theta_{kj}^* - \theta_k = 0$ com $l_j = 0$ isso significará que se trata de uma observação não discrepante. Por outro lado, no caso em que o resultado apresentado pela DMU em questão seja de $\sum (\theta_{kj}^* - \theta_k)^2 = K-1$ com $l_j = 1$ a mesma é identificada como uma observação discrepante. Após a aplicação deste procedimento, a pesquisa se direcionou para a estimação da fronteira não-paramétrica de produção.

3.3. Estimação dos escores de eficiência por meio do *Data Envelopment Analysis (DEA)*

No uso da DEA, assim como há diferenciação entre os modelos, também há distinção entre os tipos de superfície. Os tipos de superfície admitem duas possibilidades: um como sendo por meio do retorno constante de escala (modelo CCR¹⁷) e o outro por meio do retorno variável de escala (modelo BCC¹⁸). Segundo Coelli et al. (2005, p. 172), o modelo CCR “*é apropriado quando todas as empresas estão operando em escala ótima*”. Entretanto, os autores chamam a atenção para que diante de situações como de concorrência imperfeita, regulamentações governamentais, restrições financeiras entre outras, possam afetar as escalas operacionais das empresas fazendo com que elas não operem na escala ideal.

Conforme Gomes e Baptista (2004), no modelo CCR os pesos são determinados por um mesmo conjunto. Porém, na hora de se determinar a eficiência relativa de cada DMU há certa dificuldade em se conseguir um conjunto comum de pesos porque as DMUs operam livremente e podem estabelecer diferentes valores

¹⁷ Este nome deve-se as iniciais de cada autor responsável pela modelagem do problema, Charnes, Cooper e Rhodes (1978).

¹⁸ Idem ao item anterior, Banker, Charnes e Cooper (1984).

tanto para os pesos quanto para os insumos e produtos. O modelo CCR com orientação a insumo é apresentado dessa forma:

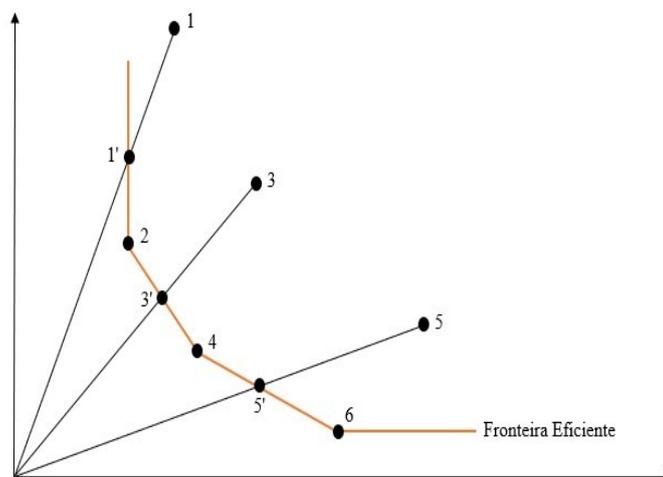
$$\begin{aligned} & \text{Minimizar}_{\theta, \lambda, O_s, I_s} \theta \\ \text{Sujeito a: } & -y_i + Y\lambda - O_s \geq 0 \\ & \theta x_i - X\lambda - I_s \geq 0 \\ & \lambda \geq 0, O_s \geq 0, I_s \geq 0 \end{aligned}$$

Em que θ é um escalar cujo valor é a medida de eficiência técnica da i -ésima DMU com n observações; λ é um vetor ($n \times 1$) de constantes, em que $\lambda \neq 0$ indica quais DMUs servirão como referência para as demais; y_i o vetor de produtos da i -ésima DMU; x_i o vetor de insumos para i -ésima DMU; X é uma matriz ($k \times n$) de insumos e Y é uma matriz ($m \times n$) de produtos; com k insumos e m produtos para cada DMU; O_s e I_s representam, respectivamente, as folgas (capacidade ociosa) dos *outputs* e os excessos de *inputs* empregados na produção. Caso a DMU em análise seja eficiente, tais valores devem ser iguais a zero¹⁹. O valor máximo de θ será 1 (um), quando indicar um ponto sobre a fronteira, representando uma DMU tecnicamente eficiente.

A Figura 2 evidencia uma fronteira eficiente com a presença de folgas. Os pontos 2, 4 e 6 representam DMUs eficientes. Eles servirão como referência para as DMUs 1, 3 e 5 que se encontram fora da fronteira eficiente. Para que estas DMUs passem a ser eficiente é preciso que haja um movimento de contração radial partindo da origem dos eixos. Este movimento faz com que a DMU 1 se contraia e passe a ser tratada como a DMU 1', assim como as DMUs 3 e 5 passam a ser as DMUs 3' e 5', respectivamente. Com isso, a DMU 2 se torna uma referência operacional (*benchmark*) para as DMUs 1' e 3', a DMU 4 para as DMUs 3' e 5' e a DMU 6 para a DMU 5'.

¹⁹ A condição de existência das folgas faz com que as DMUs que as tenham sejam denominadas como unidades fracamente eficientes. Porém, antes da realização do cálculo de eficiência não há como saber previamente quais DMUs são fracamente eficientes (ZHU, 2008, p. 8)

Figura 2 – Fronteira eficiente sob orientação insumo na presença de folga.



Fonte: Adaptado de Gomes e Baptista (2004, p. 104)

As DMUs 3' e 5' uma vez posicionadas sobre a fronteira de produção eficiente passam a contar com novas combinações ótimas de insumos. Contudo, o mesmo ainda não se pode dizer a respeito da DMU 1' porque, como está localizada na parte paralela ao eixo vertical da fronteira de produção eficiente, ela acaba apresentando uma folga que precisa ser corrigida. Essa folga é representada pela distância existente entre a DMU 1' e a DMU 2. Após a correção da folga, o insumo que faz do eixo vertical do gráfico terá a mesma quantidade ótima obtida pela DMU 2.

Uma vez que as variáveis de folga são todas iguais a zero, é possível afirmar que esta é uma eficiência de Pareto²⁰. Sundaram (1996) argumenta que em economia essa ideia conceitual de eficiência de Pareto é fundamental para as análises que envolvem a presença de múltiplos agentes econômicos. O autor expõe um exemplo matemático do conceito de eficiência de Pareto. Este exemplo se daria sob a suposição que dado um suprimento total de recursos $\omega \in \mathbb{R}_{+}^n$ entre dois agentes. A utilidade do agente i de receber a alocação $x_i \in \mathbb{R}_{+}^n$ é $u_i(x_i)$ onde $u_i : \mathbb{R}_{+}^n \rightarrow \mathbb{R}$ é a função de utilidade do agente i . Uma alocação (x_1, x_2) é viável se $x_1, x_2 \geq 0$ e $x_1 + x_2 \leq \omega$.

²⁰ Em essência diz-se que uma situação econômica é ótima no sentido de Pareto se, e somente se, não for possível melhorar a situação de um agente, sem piorar a situação de qualquer outro agente econômico envolvido na transação. Para que seja atingido, é necessário que haja eficiência em três âmbitos: eficiência nas trocas, eficiência na produção e eficiência na disponibilidade de bens, que devem refletir adequadamente as preferências dos agentes. Informações mais completas podem ser obtidas em VARIAN (2016).

No modelo CCR há, portanto, dois tipos de problemas: um com relação à eficiência e outro com relação à escala. Porém, segundo Gomes e Ferreira (2007), o modelo com retornos constantes pode passar a ser de retornos variáveis simplesmente com a inclusão de uma restrição de convexidade $N_1' \lambda = 1$ na qual N_1' representa um vetor $(n \times 1)$ de algarismos unitários. O modelo que considera os retornos variáveis acaba por substituir o axioma da proporcionalidade do modelo com retornos constantes pelo axioma da convexidade. O modelo de programação matemática sob a perspectiva de retornos variáveis é apresentado a seguir:

$$\begin{aligned} & \text{Minimizar}_{\theta, \lambda, O_s, I_s} \theta \\ & \text{Sujeito a: } -y_i + Y\lambda - O_s \geq 0 \\ & \quad \theta x_i - X\lambda - I_s \geq 0 \\ & \quad N_1' \lambda = 1 \\ & \quad \lambda \geq 0, O_s \geq 0, I_s \geq 0 \end{aligned}$$

Essa imposição à fronteira faz com que aquelas DMUs que operem com baixo nível de *inputs* apresentem retornos crescentes de escala e as que operem com alto nível de *inputs* apresentem retornos decrescentes de escala²¹. A Figura 3 demonstra a forma como a fronteira é criada entre os modelos CCR e BCC. Os pontos E e D representam duas DMUs ineficientes. O movimento de mudança do ponto E para o ponto E', que se posiciona sobre a fronteira convexa do modelo BCC, faz com que a DMU em questão assuma a condição de ser tecnicamente eficiente, porém, o problema referente à escala ainda não está eliminado.

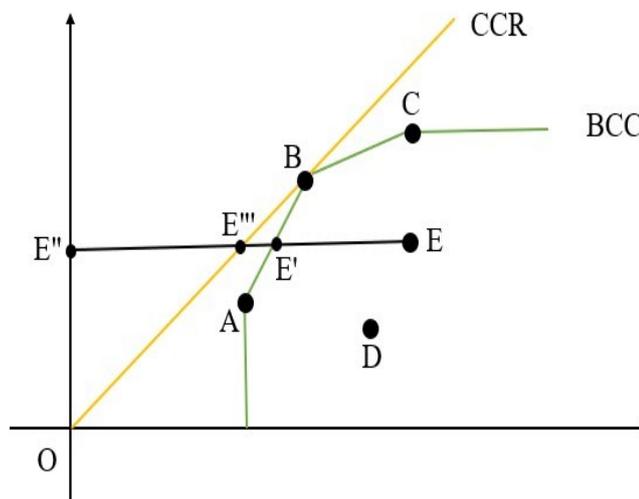
O problema de escala²² é registrado pela distância existente entre os pontos E' e E'''. O ponto A representa uma DMU eficiente com retornos crescentes de escala, ou seja, um aumento radial no nível de insumos leva a um aumento mais que proporcional no nível de produto. A DMU B coincide sua eficiência na união de ambas as fronteiras, este fato está sob a condição de retornos constantes de escala – relação insumo-produto em mesma proporção. Por fim, a DMU C é também eficiente, porém sob a condição de retornos decrescentes de escala, aumento radial

²¹ Um conceito matemático de definição dos retornos de escala envolvendo o conceito de limites pode ser visto em Thanassoulis (2001, p. 125)

²² “Embora os problemas de escala incorreta sejam menos importantes do que aqueles relacionados à pura ineficiência técnica, conhecer o tipo de retorno à escala é de fundamental importância” (GOMES et al., 2018, p. 91)

no nível de insumos provoca um aumento menos que proporcional no nível de produto.

Figura 3 – Fronteira criada entre os modelos CCR e BCC.



Fonte: Adaptado de Mello (2005)

Contudo, Cooper, Seiford e Zhu (2011) alertam que dependendo da orientação do modelo os resultados quanto ao tipo de retorno podem dar resultados diferentes. Desta forma, os mesmos dados podem apresentar retornos diferentes dependendo do tipo de orientação utilizada no modelo.

Fied, Lovell e Schmidt (2008, p. 257) alegam que as principais razões para se ter o pressuposto de convexidade do CPP são duas: uma dessas razões está ligada ao “*pressuposto neoclássico de taxas marginais de substituições decrescentes*” e a outra razão seria para a manutenção do princípio de dualidade existente entre os “*conjuntos de entradas e as saídas*” assim como entre as funções de custos e receitas.

Operações fora do contexto de escala ótima fazem com que a unidade de produção atue em uma situação na qual o seu COE médio possa ser crescente ou decrescente. O primeiro caso se dará quando a firma decida aumentar sua produção sob a condição de retorno decrescente de escala. Conseqüentemente, o segundo caso se dará quando a firma, em situação análoga à anterior, decida aumentar a sua produção sob condição de retorno crescente de escala (GOMES et al., 2018).

Nesta pesquisa julga-se que é muito importante que se conheça o real desempenho de escala das firmas. Para tanto, os modelos de retornos não-

decrecentes [7] e retornos não-crescentes [8] são aplicados para que se tenha um diagnóstico preciso sobre a escala de produção.

A única alteração entre os modelos [7] e [8] está na restrição de convexidade. No modelo [7] a restrição de convexidade é imposta como sendo ou maior que ou igual a 1 e no modelo [8] a restrição de convexidade é imposta como sendo ou menor que ou igual a 1.

Ciente das características do método *DEA*, Angulo Meza (1998 apud Mello et al., 2005, p. 2535) aponta que o problema de modelagem matemática realizado por meio do método precisa cumprir duas etapas fundamentais. São elas:

- 1) Definição e seleção de DMUs: O conjunto de DMUs adotado deve ter a mesma utilização de entradas e saídas, variando apenas em intensidade. Deve ser homogêneo, isto é, realizar as mesmas tarefas, com os mesmos objetivos, trabalhar nas mesmas condições de mercado e ter autonomia na tomada de decisões;
- 2) Seleção das variáveis: A escolha das variáveis de entrada e saída deve ser feita a partir de uma ampla lista de possíveis variáveis ligadas ao modelo. Esta listagem permite-nos ter maior conhecimento sobre as unidades a serem avaliadas, explicando melhor sua diferença. É possível que um grande número de DMUs localize-se na fronteira. Isto reduz a capacidade da *DEA* em discriminar unidades eficientes de ineficientes. Deve-se, assim, procurar um ponto de equilíbrio na quantidade de variáveis e DMUs escolhidas, visando aumentar o poder discriminatório da *DEA*.

Portanto, diante do que foi exposto acima, para se conseguir os valores de eficiência técnica das propriedades, primeiramente se aplicou o modelo *BCC*. Após a inferência dos escores de eficiência técnica, o modelo *CCR* foi aplicado para que as escalas produtivas pudessem ser identificadas. Feito a identificação das escalas produtivas, o modelo de retornos não-decrescentes foi aplicado para que se pudesse ter um diagnóstico preciso sobre o tipo de escala operacional de cada propriedade.

3.4. Averiguação das variáveis de gestão que condicionam os escores de eficiência por meio da aplicação do modelo Tobit

Para certos tipos de análises, verificar somente a eficiência das unidades produtivas não é satisfatório. Nesses casos, normalmente a análise de eficiência feita por meio de uma fronteira de produção não-paramétrica vem acompanhada de um modelo de regressão para avaliar a significância das variáveis, podendo ser os modelos de regressão lineares usuais ou o modelo Tobit. Isto está corroborado nas palavras de Nascimento *et al.* (2017, p. 462) na qual dizem que:

“[...] em geral, após a estimação dos índices de eficiência, uma análise para a identificação dos determinantes destes índices é realizada e, para tanto, usualmente se utilizam modelos baseados em erros normais como os modelos lineares usuais e os modelos Tobit”. (NASCIMENTO *et al.* 2017, p. 462)

A aplicação de um modelo Tobit sobre os índices de eficiência e as variáveis explicativas contribui para a identificação destas que impactam tais índices e isso contribui para ajustá-los de forma mais adequada (THANASSOULIS, 2001). O modelo Tobit foi proposto por Tobin (1958) para descrever uma relação entre uma variável dependente y_i não-negativa e uma variável independente x_i (FILHO, 2014).

Os escores de eficiência obtidos pela DEA alcançam valores máximos iguais a 1. Neste sentido, pode-se dizer que esta variável se torna censurada. Maddala (1983) frisa que há uma distinção básica entre regressões truncadas e censuradas. Na concepção do autor:

“[...] o truncamento ocorre quando não há observações para a variável dependente, y , ou para as variáveis explicativas, x . Em contraste, um modelo de regressão censurado tem dados sobre as variáveis explicativas, x , para todas as observações” (MADDALA apud CHILINGERIAN, 1995, p. 560).

Logo, os escores obtidos por meio da *DEA* se caracterizam por pertencerem a uma distribuição do tipo censurada, e não truncada. Chilingirian (1995, p. 561) finaliza dizendo que a *DEA* “se encaixa facilmente ao modelo Tobit” e que a combinação de ambos traz informações importantes para a análise de eficiência, principalmente para aqueles fatores que estão associados fortemente aos escores de eficiência.

A formulação geral do modelo Tobit é dada pela seguinte função índice (GREENE, 2012, p. 848):

$$\begin{aligned}
 y_i^* &= x_i' \beta + \varepsilon_i, \\
 y_i &= 0 \text{ se } y_i^* \leq 0 \\
 y_i &= y_i^* \text{ se } y_i^* > 0
 \end{aligned}$$

onde y_i^* é a variável índice, também denominada de variável latente; x_i representa o vetor de variáveis explicativas (os *inputs* utilizados na elaboração da DEA); β é o vetor de parâmetros a ser estimado; ε_i representa o termo de erro do modelo. Além disso, é suposto que os erros tenham distribuição normal com média zero e variância constante. A estimação do modelo Tobit por log-verossimilhança é dada pela equação (GREENE, 2012):

$$\ln L = \sum_{y_i > 0} \frac{-1}{2} \left[\log(2\pi) + \ln \sigma^2 + \frac{(y_i - x_i' \beta)^2}{\sigma^2} \right] + \sum_{y_i = 0} \ln \left[1 - \Phi \left(\frac{x_i' \beta}{\sigma} \right) \right]$$

A primeira parte da estimação representa a contribuição das observações não censuradas e a segunda parte representa a contribuição das observações censuradas. O primeiro termo da equação simboliza a função densidade da normal padrão enquanto que $\Phi(\cdot)$ simboliza a função de distribuição da normal padrão. O parâmetro σ simboliza o erro-padrão dos β .

É importante destacar que o efeito marginal (impacto de cada variação unitária nas variáveis explicativas na eficiência) das variáveis independentes sobre a eficiência não pode ser observado diretamente apenas pelo resultado de seus coeficientes estimados. É necessário utilizar o cálculo diferencial sobre as estimativas dos β (GREENE, 2012, p. 850):

$$\frac{\partial E[y_i | x_i]}{\partial x_i} = \beta \Phi \left(\frac{x_i' \beta}{\sigma} \right)$$

Sabendo o efeito marginal de cada insumo nos escores de eficiência é possível determinar seu impacto (calculado em seu ponto médio), possibilitando que os gestores possam elaborar estratégias administrativas que melhorem os indicadores econômico-financeiros das propriedades de café.

3.4.1. Tobit *bootstrapping*

As aplicações envolvendo dois estágios são complexas, pois, por construção, as medidas de eficiência são correlacionadas. Além da correlação, existe um potencial caso de endogeneidade das variáveis explicativas, o que faz com que os procedimentos de regressão em dois estágios tenham sido criticados na literatura. Entre os principais críticos estão Simar e Wilson (1998), autores que acabaram por desenvolver uma técnica estatística conhecida como *bootstrap*. Os autores explicam que o modelo Tobit acaba não sendo consistente ao estimar os valores reais de β como aqueles estimados via *bootstrapping*. Por isso, o Tobit com *bootstrapping* é aplicado para que o método não-paramétrico tenha maior robustez (SANTOS; ROVER, 2019).

Esta técnica é aplicada sob a hipótese de separabilidade, ou seja, a condição de que as variáveis explicativas sejam de fato exógenas e não alteram a fronteira de produção. A ideia do método de *bootstrap* é usar um único conjunto de dados disponíveis para proceder a um tipo de experimento no qual os próprios dados são usados para obter amostras artificiais, através do procedimento de reamostragem aleatória, sendo, portanto, um princípio de substituição. Essa reamostragem é feita com reposição, assim, cada amostra *bootstrap* conterá algumas observações originais mais de uma vez e, outras observações originais nenhuma vez, de forma completamente aleatória.

O propósito central da técnica *bootstrap* é constatar se a estimativa realizada é confiável. A confiabilidade das estimativas é feita por meio de um intervalo de confiança. O objetivo é comparar a confiabilidade das estimativas feitas sobre as estatísticas derivadas dos escores de eficiência, conferindo-lhes intervalos de confiança para sua validação. Atualmente, em razão das limitações da abordagem não-paramétrica DEA, o *bootstrap* é o principal instrumento para investigar a confiabilidade dos estimadores dos escores de eficiência.

A técnica consiste em algoritmos que permitem inúmeras reamostragens decorrentes de múltiplas iterações, que agem sobre os escores de eficiência da DEA, o que permite validar ou refutar a média, *a priori*, sob intervalos de confiança construídos. Basicamente os algoritmos são 2 (dois): um se destina a melhorar a

inferência estatística das medidas de eficiência técnica. O outro procura fazer o mesmo, com redução concomitante do viés do estimador em pequenas amostras²³.

3.5. Identificação das variáveis e origem dos dados

Os dados utilizados nesta pesquisa são provenientes da base de acompanhamento dos cafeicultores da região das Matas de Minas realizado pelo Serviços Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR/MG, por meio do Programa de Assistência Técnica e Gerencial (ATeG). O programa ATeG atendeu, entre os anos de 2016 e 2020, um total de 300 propriedades de café na região estudada e, desse total, o programa disponibilizou para a pesquisa informações referentes a 252 propriedades de café.

Como já indicado, a cafeicultura acaba por sofrer influência da bianualidade. Para controlar seus efeitos e, conseqüentemente, as distorções que ela pode provocar nas análises de eficiência, a pesquisa se utilizou de dados bienais disponibilizados pelo programa ATeG (MOREIRA et al., 2019). Assim, o biênio 2017/18 engloba as safras 2016/17 e 2017/18. O biênio 2019/20 engloba as safras 2018/19 e 2019/20. As safras em questão possuem data de início em setembro de um ano e data fim em agosto do ano seguinte. O Quadro 1, a seguir, apresenta as variáveis que foram utilizadas tanto nas análises de eficiência das propriedades, quanto nas análises de compreensão dos escores de eficiência técnica.

²³ Ao leitor que tiver maior interesse em conferir os dois modelos de algoritmos, por favor, consultar Souza, Sousa e Staub (2009).

Quadro 1 – Variáveis utilizadas nas análises de eficiência das propriedades e de compreensão dos escores de eficiência.

Variável	Unidade de medida	Descrição	Modelo	Sinal esperado	Tipo
Renda Bruta (RB)	R\$	Renda obtida com a venda da produção e subprodutos do beneficiamento da produção, caso tenha algum beneficiamento.	DEA		Output
Custo Operacional Efetivo (COE)	R\$	Total dos gastos diretos ao longo do ano para produção de café, envolvendo as despesas com mão de obra (fixa e contratada), insumos em geral, impostos e taxas e etc.	DEA		Input
Mão de obra familiar (MDOF)	R\$	Valor atribuído para a mão de obra familiar utilizada para a atividade ao longo do período.	DEA		Input
Área em produção (AREA)	Hectare (ha)	Área total de lavouras em produção de café.	DEA e TOBIT	(-)	Input e Var. ²⁴ . ind ²⁵ .
Escores de eficiência	Decimal	Escores de eficiência livres do viés de estimação de acordo como proposto por Simar e Wilson (1998).	TOBIT		Var. dep ²⁶ .
Preço médio de venda	R\$	Preço médio recebido por cada saca vendida ao longo do período analisado. O valor foi calculado a partir de uma média ponderada pelo volume vendido em cada mês, caso o produtor estoque seu produto e venda ao decorrer do tempo.	TOBIT	(+)	Var. ind.

(continua)

²⁴ Abreviação para a palavra *variável*.

²⁵ Abreviação para a palavra *independente*.

²⁶ Abreviação para a palavra *dependente*.

(continuação)

Variável	Unidade de medida	Descrição	Modelo	Sinal esperado	Tipo
Capacidade produtiva do solo	Índice	Avalia a capacidade de o ambiente prover os recursos mínimos necessários à manutenção dos sistemas de produção, assegurando uma produtividade estável com retorno econômico para o produtor.	TOBIT	(+)	Var. ind.
Escolaridade/ Capacitação	Índice	Informações relativas à escolaridade e à participação em cursos de capacitação (curta e média duração), direcionados a todos os integrantes da família com vínculo direto com a atividade cafeeira e da mão de obra contratada efetiva.	TOBIT	(+)	Var. ind.
Diversificação da Renda	Índice	Levanta a proporção de renda obtida de atividades agrícolas, pecuárias e florestais no empreendimento e de outras fontes de renda fora do empreendimento (aposentadoria, bolsas de auxílio, aporte de recursos de outras atividades profissionais ou rendas de aluguel, etc.). Verifica também a ocorrência de concentração da renda bruta estimada em uma única atividade agrícola.	TOBIT	(+)	Var. ind.
Evolução Patrimonial	Índice	Analisa a evolução ou regressão patrimonial de um estabelecimento em um determinado período por meio da valoração: do preço da terra na região, das benfeitorias, máquinas e equipamentos.	TOBIT	(+)	Var. ind.

(continua)

(continuação)

Variável	Unidade de medida	Descrição	Modelo	Sinal esperado	Tipo
Grau de Endividamento	Índice	Este indicador complementa as informações obtidas pelo indicador Evolução Patrimonial. Verifica o grau de endividamento do produtor, por meio da avaliação da proporção do montante de empréstimos contraídos em relação ao valor estimado do patrimônio.	TOBIT	(+)	Var. ind.

Fonte: Programa de Assistência Técnica e Gerencial (AteG – SENAR/MG) e Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA).

Para analisar a influência das variáveis de gestão sobre os escores de eficiência técnica foram utilizados índices (descritos no Quadro 1) provenientes dos Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas (ISA). O ISA é uma metodologia que foi desenvolvida pela EPAMIG²⁷ em parceria com a EMATER-MG²⁸, IEF²⁹, EMBRAPA³⁰, UFMG³¹ e Fundação João Pinheiro³². A metodologia visa lançar um olhar sobre a propriedade rural por meio de uma abordagem ampla das quais fatores de influência e interdependência acabam por caracterizar os seus sistemas de produção, gestão e etc. (EPAMIG, 2017). Os dados do ISA foram levantados pelos técnicos do SENAR-MG por meio da aplicação de questionários junto aos cafeicultores participantes do programa ATeG.

Ao todo as propriedades de café estão distribuídas entre 9 (nove) regiões pertencentes às Matas de Minas com tamanhos que variam entre: menores que 10 hectares, entre 10 e 30 hectares e maiores que 30 hectares³³.

²⁷ Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais

²⁸ Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Minas Gerais

²⁹ Instituto Estadual de Florestas

³⁰ Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

³¹ Universidade Federal de Minas Gerais

³² Instituição de pesquisa e ensino vinculada à Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão de Minas Gerais

³³ Sabe-se que o entendimento a respeito do tamanho de área produtiva é bastante subjetivo, porém, essa segregação de tamanho apresentada fora realizada pela própria instituição fornecedora dos dados.

Quadro 2 – As regiões e seus respectivos municípios.

REGIÃO	MUNICÍPIOS
Região 1	Durante; Manhumirim; Martins Soares;
Região 2	Alto Jequitibá; Manhuaçu; Manhumirim; Martins Soares; Reduto; Santa Margarida; São João do Manhuaçu;
Região 3	Conceição de Ipanema; Manhuaçu; Manhumirim; Santana do Manhuaçu; São José do Mantimento; Simonésia;
Região 4	Alto Jequitibá; Caiana; Carangola; Espera Feliz;
Região 5	Raul Soares; Vermelho Novo;
Região 6	Alto Caparaó; Alto Jequitibá;
Região 7	Araponga;
Região 8	Caputira; Manhuaçu; Matipó; Pedra Bonita; Santa Margarida; São João do Manhuaçu;
Região 9	Caputira; Manhuaçu;

Fonte: Programa de Assistência Técnica e Gerencial (AteG – SENAR/MG)

Entre as regiões observadas no quadro acima, o município de Manhuaçu está presente em 75% delas. O município de Manhuaçu é, de fato, uma das mais importantes e tradicionais no cultivo de café na região das Matas de Minas. Destaca-se como uma cidade-pólo na qual concentra o comércio de café em toda a região. Cidades com as características de Manhuaçu, voltadas para a cultura do café, normalmente abrigam as principais casas de exportação nas quais representam empresas globais que possuem escritórios e representações no mundo todo.

Cada região foi acompanhada por um técnico do SENAR/MG. Este técnico realizou atendimentos mensais as propriedades cafeeiras. Os dados foram revisados e auditados pela própria instituição.

4. RESULTADOS

Este capítulo destina-se a apresentar os principais resultados da pesquisa, em consonância com o alcance de seus objetivos e está dividido em duas subseções. Na primeira subseção estão expostos os resultados referentes à estimação dos escores de eficiência. Porém, pelo fato de ser uma medida precedente a isto, priorizou-se por apresentar antes o resultado do procedimento *Jackstrap*. Logo após este procedimento, é apresentada a estatística descritiva dos dados. Na segunda subseção, encontram-se os resultados referentes à regressão Tobit na qual se realizou a análise de compreensão dos escores de eficiência.

4.1. Estimação e análise dos escores de eficiência através do método *Data Envelopment Analysis (DEA)*

A aplicação do método *Jackstrap*, realizado com base na função *Heaviside*, identificou que 14 propriedades analisadas no biênio 2017/18 e 13 propriedades analisadas no biênio 2019/20 alcançaram níveis de eficiência incomuns. Desta forma, estas propriedades foram identificadas como *outliers* e removidas da amostra. Portanto, de um total de 252 propriedades, foram analisadas 238 no biênio 2017/18 e 239 no biênio 2019/20. Em ambos os períodos, a região 2 se notabilizou com a maior participação na identificação e exclusão dos *outliers*. No primeiro período, a região em questão apresentou uma participação de 28,57%, enquanto que, no segundo período, sua participação foi ampliada para 30,77%. A Tabela 1 apresenta as estatísticas descritivas para os biênios de 2017/18 e 2019/20 das variáveis utilizadas na estimação dos escores de eficiência das propriedades cafeeiras da região das Matas de Minas atendidos pelo programa ATeG.

Na análise dos biênios 2017/18 e 2019/20 (Tabela 1), é possível observar que houve um aumento médio de 30,44% na Renda Bruta (RB) dos produtores, acompanhada de uma menor variabilidade em seus valores. Junto a isso, o gasto médio dos produtores com o COE avançou algo em torno de 22,50%. Por outro lado, o gasto com a MDOF foi o que apresentou maior alteração nos valores. O desembolso médio realizado pelos produtores com este tipo de gasto diminuiu em 45,35% e sua magnitude de variação é a maior observada na amostra. A variável

AREA, por seu turno, sofreu um leve aumento de 0,74%. Seus valores foram os que estiveram bem mais próximos da média.

Tabela 1 – Estatística descritiva das variáveis utilizadas na estimação dos escores de eficiência das propriedades cafeeiras analisadas na Região das Matas de Minas, atendidas pelo programa AteG.

BIÊNIO 2017/18					
Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão	CV*(%)
RB	4.300,00	759.416,00	119.368,00	124.181,90	104,03
COE	2.042,00	535.580,00	53.424,00	59.092,53	110,61
MDOF	1.150,00	52.961,00	10.841,00	7.397,73	68,24
AREA	0,46	53,70	9,42	9,36	99,36
BIÊNIO 2019/20					
Variáveis	Mínimo	Máximo	Média	Desvio-Padrão	CV*(%)
RB	5.350,00	937.250,00	155.698,00	160.614,50	103,16
COE	1.336,00	465.944,00	65.452,00	73.134,44	111,74
MDOF	310,00	36.000,00	5.925,00	5.145,75	86,85
AREA	0,60	60,00	9,49	9,43	99,35

Fonte: Dados da pesquisa.

* Coeficiente de variação

Na aplicação do método *DEA* sob a condição de retornos variáveis de escala (*Variable Return to Scale – VRS*) foi possível averiguar quais DMUs estiveram com problemas relacionados à eficiência técnica. A Tabela 2 expõe os resultados das frequências absoluta e relativa dos escores de eficiência técnica e seus respectivos intervalos.

Diante da análise da tabela, observa-se que no biênio 2017/18 houve uma concentração dos escores de eficiência técnica das propriedades entre os intervalos de 0,5 a 0,9. Do total de 238 propriedades analisadas neste período, 29 (12,18%) apresentaram eficiência técnica igual a 1,0³⁴. Já para o biênio 2019/20 a eficiência técnica das propriedades passou a ter uma concentração entre os intervalos de 0,4

³⁴ Propriedades 100% eficientes.

a 0,7. Do total de 239 propriedades analisadas, 31 (13,00%) apresentaram eficiência técnica igual a 1,0.

Analisando o grupo das propriedades que apresentaram eficiência técnica igual a 1,0, é possível observar que as propriedades com área em produção de até 10 ha foram as que estiveram com maior frequência no grupo das eficientes entre os dois biênios. No biênio 2017/18 as propriedades com área em produção maior do que 10 ha até 30 ha e as propriedades com área em produção maior do que 30 ha apresentaram a mesma frequência de participação no grupo das eficientes. Porém, para o biênio 2019/20, as propriedades com área em produção maior do que 10 ha até 30 ha aumentaram a participação no grupo das eficientes, enquanto que as propriedades com área em produção maior do que 30 ha caíram nesta classificação.

Tabela 2 – Frequência absoluta e relativa dos escores de eficiência técnica (VRS).

Medidas de Eficiência	Eficiência Técnica (VRS)			
	Biênio 2017/18		Biênio 2019/20	
	f_i	%	f_i	%
$0,2 \leq E < 0,3$	1	0,42	0	0,00
$0,3 \leq E < 0,4$	4	1,68	5	2,10
$0,4 \leq E < 0,5$	16	6,72	40	16,70
$0,5 \leq E < 0,6$	40	16,81	57	23,80
$0,6 \leq E < 0,7$	46	19,33	48	20,10
$0,7 \leq E < 0,8$	43	18,07	27	11,30
$0,8 \leq E < 0,9$	40	16,81	17	7,10
$0,9 \leq E < 1,0$	19	7,98	14	5,90
$E = 1,0$	29	12,18	31	13,00
Eficiência Média	0,7320		0,6756	

Fonte: Resultado da pesquisa

Embora o quantitativo de DMUs eficientes tenha aumentado no período, observa-se que a eficiência média das propriedades caiu de um biênio para o outro. No biênio 2017/18 a eficiência média das propriedades foi de 0,7320 enquanto que no biênio 2019/20 a eficiência média das propriedades foi de 0,6756. Isso representa uma queda na eficiência média das propriedades de 7,65%.

Com a inclusão do modelo de retornos constantes de escala (Constant Return to Scale – CRS), pode-se verificar quais propriedades apresentaram problemas com relação à escala operacional de produção. É possível observar que, no primeiro biênio, 92,02% das propriedades analisadas estavam operando fora da escala ótima de produção. No segundo biênio esse percentual subiu para 95,82%. Além disso, a aplicação do modelo de retornos decrescentes de escala (Decrease Return to Scale – DRS) trouxe evidências de quais condições operacionais de escala que cada propriedade manteve entre os períodos analisados. Assim, a Tabela 3 lança um panorama sobre a distribuição das propriedades de acordo com o tipo de retorno.

Tabela 3 – Distribuição das propriedades de acordo com o tipo de retorno.

Biênio 2017/18		
Retornos Crescentes	154	64,71%
Retornos Constantes	19	7,98%
Retornos Decrescentes	65	27,31%
Biênio 2019/20		
Retornos Crescentes	134	56,07%
Retornos Constantes	10	4,18%
Retornos Decrescentes	95	39,75%

Fonte: Resultados da pesquisa

Pode-se, assim, perceber que, em se tratando da eficiência de escala, no primeiro biênio, haviam 154 (64,71%) propriedades produzindo sob a condição de retornos crescentes de escala, ou seja, poderiam aumentar a produção atrelada à redução no gasto do COE médio. Por outro lado, 65 (27,31%) propriedades estiveram produzindo sob a condição de retornos decrescentes de escala, isto é, qualquer aumento da produção representaria um aumento no gasto do COE médio (situação indesejada). Ainda neste primeiro biênio, 19 (7,98%) propriedades estiveram sob a condição de escala ótima de produção³⁵. Destas, a região 7 foi a que mais concentrou propriedades sob a condição de retornos crescentes de escala, acompanhada pela região 3 com a maior concentração de propriedades sob a condição de retornos constantes de escala e, pela região 1 com a maior

³⁵ Retorno constante de escala.

concentração de propriedades sob a condição de rendimentos decrescentes de escala.

Analisando o período posterior, constata-se que 134 (56,07%) propriedades estiveram produzindo sob a condição de retorno crescente de escala, 95 (39,75%) sob a condição decrescente de escala e 10 (4,18%) sob a condição constante de escala. Aqui, como percebido anteriormente, destaca-se que a região 7 voltou a apresentar uma maior concentração de propriedades sob a condição de retornos crescentes de escala, acompanhada pelas regiões 2 e 6 que tiveram a maior concentração de propriedades sob a condição de retornos constantes de escala e, a região 8 com a maior concentração de propriedades sob a condição de retornos decrescentes de escala.

O método *DEA* possibilita que seja feito um *ranking* de eficiência entre as DMUs analisadas com base em seus escores de eficiência. A Tabela 4, a seguir, apresenta o *ranking* de DMUs eficientes por região.

Tabela 4 – *Ranking* de DMUs eficientes por região.

BIÊNIO 2017/18		
Região	Quantidade de DMUs eficientes	Participação no <i>ranking</i>
Região 1	2	6,90%
Região 2	6	20,69%
Região 3	4	13,79%
Região 4	2	6,90%
Região 5	2	6,90%
Região 6	2	6,90%
Região 7	5	17,24%
Região 8	1	3,44%
Região 9	5	17,24%
TOTAL	29	100,00%
BIÊNIO 2019/20		
Região 1	1	3,23%
Região 2	9	29,03%
Região 3	4	12,90%
Região 4	1	3,23%
Região 5	1	3,23%
Região 6	5	16,13%
Região 7	0	0,00%
Região 8	4	12,90%
Região 9	6	19,35%
TOTAL	31	100,00%

Fonte: Resultados da pesquisa

No *ranking* de eficiência das DMUs, a região 2 foi a que mais se destacou em ambos os períodos. Na análise do biênio 2017/18, a região 2 apresentou o maior número de DMUs eficientes com uma participação de 20,69%. As regiões 7 e 9 aparecem logo em seguida com uma participação de 17,24% cada. Na terceira posição do *ranking* de eficiência ficou a região 3 com 13,79% de participação. As regiões 1, 4, 5 e 6 mantiveram a proporção (6,90%) de DMUs eficientes. Com menor participação ficou a região 8, a qual contou com um percentual de 3,45%.

No biênio seguinte, as regiões 2, 6, 8 e 9 ampliaram suas participaões no número de DMUs eficientes para 29,03%, 16,13%, 12,90% e 19,35%, respectivamente. Em sentido oposto, as regiões 1, 4 e 5 diminufram suas participaões para 3,23% enquanto que a região 3 diminuiu sua participaão para 12,90%. A região 7 não contou com nenhuma DMU eficiente no biênio 2019/20.

Abaixo, a Tabela 5 apresenta os percentuais médios de otimizaão dos insumos de produão em cada região. Em sua análise, é possível constatar que a região 9, no biênio 2017/18, foi a única que se diferenciou das demais, pois as propriedades componentes deste grupo foram as únicas que apresentaram possibilidade de aumentar em 12,56% os gastos do COE. Isso significa dizer que, no biênio 2017/18, as propriedades pertencentes à região 9 foram as mais eficientes na gestão das variáveis do COE em comparaão com as demais propriedades das diferentes regiões.

Tabela 5 – Percentuais médios de otimização dos insumos de produção em cada região.

BIÊNIO 2017/18			
	COE	MDOF	AREA
Região 1	-29,26%	-32,74%	-30,62%
Região 2	-21,81%	-23,56%	-23,25%
Região 3	-20,78%	-19,99%	-20,66%
Região 4	-29,07%	-31,91%	-31,60%
Região 5	-32,49%	-32,49%	-35,06%
Região 6	-31,80%	-36,45%	-32,27%
Região 7	-21,34%	-21,34%	-28,84%
Região 8	-34,13%	-37,66%	-35,53%
Região 9	12,56%	-26,53%	-25,30%
BIÊNIO 2019/20			
	COE	MDOF	AREA
Região 1	-40,19%	-46,08%	-40,91%
Região 2	-16,91%	-16,66%	-16,66%
Região 3	-26,37%	-26,05%	-29,77%
Região 4	-45,95%	-45,82%	-45,92%
Região 5	-30,43%	-30,43%	-37,59%
Região 6	-32,80%	-34,66%	-35,37%
Região 7	-41,34%	-41,47%	-43,28%
Região 8	-33,53%	-37,47%	-33,35%
Região 9	-18,32%	-18,57%	-22,62%

Fonte: Resultado da pesquisa

Entre os demais insumos, para o primeiro biênio a região 3 foi a que apresentou as menores oportunidades de otimização. A região 8, por sua vez, apareceu com as maiores oportunidades de otimização média entre todos os insumos. Este diagnóstico respalda a participação da região 8 no *ranking* de eficiência. Isso acaba por ratificar a lógica de que a região menos eficiente possuir as maiores oportunidades de otimização e vice-versa.

No biênio seguinte, à mesma lógica se repete para as regiões 2 e 9. Ambas as regiões apresentaram as menores oportunidades de otimização em todos os

insumos observados. Uma das principais finalidades estratégicas da ferramenta de análise utilizada por esta pesquisa está em realizar a identificação dos *benchmarks*. Deste modo, no biênio 2017/18 uma propriedade da região 7 se destacou neste quesito servindo como referência para outras 109 propriedades. No biênio 2019/20 o destaque ficou por conta da região 9 na qual uma de suas propriedades componentes serviu como referência para outras 104 propriedades.

4.2. Análise de compreensão dos escores de eficiência técnica estimada

Nesta fase da pesquisa, o modelo Tobit fora aplicado para que se pudesse compreender melhor como determinadas variáveis influenciaram a eficiência técnica das propriedades de café analisadas. Para tanto, os escores de eficiência utilizados nesta fase da pesquisa passaram por correções de viés, como fora proposto por Simar e Wilson (1998). Devido ao fato de que a amostra está separada por biênios, o modelo Tobit seguiu esta mesma orientação. Portanto, há uma regressão Tobit para cada biênio. Desta forma, testes para a escolha do modelo foram realizados para verificar qual deles promoveria um melhor ajuste aos dados.

Para o biênio 2017/18 o modelo que melhor se ajustou aos dados para explicar os escores de eficiência foi o que em sua composição levou em consideração as variáveis *área em produção, capacidade produtiva do solo, escolaridade/capacitação, diversificação da renda, evolução patrimonial e grau de endividamento*. Para o biênio 2019/20 o modelo de melhor ajuste ficou com aquele que em sua composição estiveram as variáveis *área em produção, preço médio de venda, escolaridade/capacitação, diversificação da renda, evolução patrimonial e grau de endividamento*. Diante disso, a Tabela 5 apresenta os resultados do Tobit para cada biênio.

Tabela 6 – Resultados do modelo *Tobit* para os biênios 2017/18 e 2019/20.

Biênio 2017/18				
Variável	Coefficiente	Erro-padrão	z	Prob. (> z)
Área em produção	-0,0020656**	0,0009744	-2,120	0,0340
Capacidade produtiva do solo	0,0195278 ^{ns}	0,0624716	0,314	0,7534
Escolaridade/capacitação	0,0895976*	0,0508631	1,762	0,0781
Diversificação da renda	0,0947770 ^{ns}	0,0838877	1,130	0,2586
Evolução Patrimonial	0,0532787*	0,0292172	1,824	0,0682
Grau de Endividamento	0,0595181 ^{ns}	0,0505728	1,177	0,2392
Constante	0,4036440 ^{IV}	0,0905534	4,458	0,0000
Biênio 2019/20				
Variável	Coefficiente	Erro-padrão	z	Prob. (> z)
Área em produção	-0,00222797***	0,00084679	-2,631	0,00851
Preço médio de venda	0,00026397***	0,00009111	2,897	0,00376
Escolaridade/capacitação	-0,06058709 ^{ns}	0,04602313	-1,316	0,18802
Diversificação da renda	0,01963839 ^{ns}	0,07110443	0,276	0,78240
Evolução Patrimonial	0,03335961 ^{ns}	0,02597456	1,284	0,19903
Grau de Endividamento	-0,06742739 ^{ns}	0,04760939	-1,416	0,15670
Constante	0,49076177 ^{IV}	0,07667076	6,401	0,00000

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos resultados obtidos.

Nota: ^{IV} significância a 0,1%, *** significância a 1%; ** significância a 5%; * significância a 10%; ns não significante

De acordo com os dados da Tabela 6, no biênio 2017/18 a variável *área em produção* foi significativa a 5% e as variáveis *escolaridade/capacitação* e *evolução patrimonial* foram significativas a 10%. Já no biênio 2019/20, as variáveis *área em produção* e *preço médio de venda* apresentaram significância a 1%. Em ambos os biênios, os sinais atribuídos as variáveis estão em consonância com o que era esperado. A Tabela 7 apresenta os efeitos marginais das variáveis para os biênios 2017/18 e 2019/20.

Deste modo, verifica-se que, para o biênio 2017/18, a variável *área em produção* apresentou um efeito marginal de -0,0020652 (Tabela 7), ou seja, a cada ha a mais de área em produção, a eficiência técnica da propriedade diminuiu aproximadamente 0,21%. A variável *escolaridade/capacitação* apresentou um efeito marginal de 0,0896154. Isso significa que cada período a mais na escolaridade/capacitação de todas as pessoas envolvidas diretamente com a cafeicultura na propriedade aumentou a eficiência técnica da mesma em, aproximadamente, 9,00%. Seguindo neste mesmo raciocínio, a variável *evolução patrimonial* apresentou um efeito marginal de 0,0532849. Este resultado implica em

dizer que, a cada período a mais na valorização dos bens de capital da propriedade, a sua eficiência técnica aumentou algo em torno de 5,33%.

Tabela 7 – Efeitos marginais das variáveis para os biênios 2017/18 e 2019/20

Biênio 2017/18		
Variável	Efeito Marginal	Prob. (> z)
Área em produção	-0,0020652	0,0340
Capacidade produtiva do solo	0,0196326	0,7534
Escolaridade/capacitação	0,0896154	0,0781
Diversificação da renda	0,094741	0,2586
Evolução Patrimonial	0,0532849	0,0682
Grau de Endividamento	0,0595223	0,2392
Biênio 2019/20		
Variável	Efeito Marginal	Prob. (> z)
Área em produção	-0,0022281	0,00851
Preço médio de venda	0,000264	0,00376
Escolaridade/capacitação	-0,0605809	0,18802
Diversificação da renda	0,0196287	0,78240
Evolução Patrimonial	0,0333685	0,19903
Grau de Endividamento	-0,0674353	0,15670

Fonte: Elaborado pelo autor com base nos dados da pesquisa.

No biênio 2019/20 a variável *área em produção* apresentou um efeito marginal de -0,0022281. Com este resultado assegura-se dizer, assim como no biênio anterior, que cada ha a mais de área em produção a eficiência técnica da propriedade diminuiu em 0,23%. Já para a variável preço médio de venda o resultado observado aponta para um efeito marginal de 0,000264. Este efeito marginal garante para a variável uma influência, dentro do período analisado, de aproximadamente 0,03% na eficiência técnica das propriedades.

5. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Esta pesquisa teve como objetivo principal analisar as eficiências técnica e de escala de um grupo de propriedades produtoras de café na região das Matas de Minas utilizando variáveis de gestão para explicar os escores de eficiência técnica estimada nos biênios agrícolas de 2017/18 e 2019/20. Na análise dos biênios foi possível perceber que ainda há espaço para a melhoria da eficiência técnica das propriedades.

O resultado do primeiro biênio demonstra que os produtores ainda poderiam reduzir o uso dos insumos de produção em até 26,80%³⁶. Devido à queda observada na eficiência técnica no biênio seguinte, essa redução nos insumos poderia ser ainda maior – na ordem de 32,44%. Estes resultados apontam para uma percepção de baixa eficiência técnica das propriedades produtoras de café na região das Matas de Minas. Outros trabalhos já haviam verificado esta situação.

Sousa (2011, p. 66) aponta que “*o baixo desempenho técnico da produção de café nessa região, independe do tamanho da propriedade*”. Este fato foi também observado por esta pesquisa. Entretanto, quando se observa as propriedades mais eficientes da amostra, os resultados apontam para um maior número de propriedades eficientes na faixa de área em produção de até 10 ha. Considera-se este resultado como sendo esperado, pois a amostra é, em sua maioria, composta por propriedades que estão dentro desta faixa de área em produção.

No estudo realizado por Nascimento et al. (2017), os autores concluíram que poderia haver uma redução considerável no uso dos insumos sem que a quantidade produzida fosse alterada. Respeitando as diferenças e mantendo as devidas proporções analíticas, os resultados desta pesquisa caminham paralelamente para aquilo que os autores (acima citados) diagnosticaram. Percebe-se, entre as propriedades produtoras de café analisadas, uma boa margem de possibilidade de redução no uso dos insumos sem que haja mudança na quantidade produzida.

No tocante à eficiência de escala, a análise dos dados revela que houve uma perda na eficiência de escala das propriedades. Este fato é preocupante porque, para o biênio 2019/20, houve uma queda no número de propriedades sob a condição de retornos crescente e constante de escala e um aumento de

³⁶ Cálculo feito a partir do dado de eficiência média contida na Tabela 2. O cálculo é feito da seguinte forma: $(1 - 0,7320) * 100 = 26,80\%$

propriedades sob a condição de rendimento decrescente. Desta forma, mais propriedades passaram a ter aumento nos custos do COE médio com o aumento da produção. Pelos dados, percebe-se que houve um ajuste na área em produção das propriedades entre os biênios. Esse movimento pode ter prejudicado a eficiência de escala das propriedades, que passaram a incorrer em aumento dos custos de produção.

Por outro lado, grande parte das propriedades da amostra, nos dois biênios, esteve produzindo sob a condição de rendimentos crescentes de escala. Uma pequena parcela apresentou escala ótima de produção. Este resultado coincide ao que fora apontado no estudo de Sousa (2011). Indo mais adiante na análise de produção, a pesquisa verificou que as variáveis utilizadas para tentar compreender a eficiência técnica das propriedades se diferem de um período para o outro. O biênio 2017/18 foi um período no qual a produção de sacas foi menor do que no biênio 2019/20.

Portanto, observa-se que, em períodos nos quais a produção é baixa, questões como a *escolaridade/capacitação* e *evolução patrimonial* influenciam na eficiência técnica dos produtores. O que se busca explicar com essa constatação é que em momentos nos quais a produção é baixa, propriedades que possuem uma maior qualificação técnica e profissional tendem a ter uma eficiência técnica de produção maior do que as propriedades que apresentam uma menor qualificação técnica e profissional. Da mesma forma acontece com a *evolução patrimonial* promovida pela melhoria dos meios de produção. Isso implica dizer que, aquelas propriedades que investem nas melhorias dos meios de produção tendem a ter uma eficiência técnica de produção maior do que as propriedades que não buscam por tais melhorias. É por isso que com o passar do tempo, o acúmulo de resultados satisfatórios com a atividade incentiva o produtor a realizar novos investimentos na aquisição de máquinas e equipamentos, na estruturação física ou de armazenagem ou no escoamento dos grãos. Isso gera contribuição direta para o aumento da eficiência técnica das propriedades.

Por outro lado, nos períodos em que a produção é alta (ou relativamente maior do que a anterior), questões como o preço médio de venda influenciam, de maneira prevalente, a eficiência técnica das unidades de produção analisadas. Isto não quer dizer que quanto maior o preço de venda do café mais eficiente tecnicamente será a propriedade. Entretanto, o volume de produção do café

interferena expectativa de preço do mercado. Quando o período de alta produção se aproxima, o produtor tem a expectativa de que o preço do café diminua no mercado e isso faz com que ele busque se diferenciar dos demais para garantir uma melhor rentabilidade nos negócios. Uma das estratégias de diferenciação está na melhoria dos escores de eficiência das propriedades.

O que não mudou foi a influência exercida pela área em produção. Seja em períodos de baixa ou de alta produção, quanto maior a área em produção, menor será a eficiência técnica da propriedade. Este resultado encontra respaldo na literatura desde 1965, quando Theodore W. Schutz – segundo Almeida (2012) – já dizia que o pequeno produtor era “pobre, mas eficiente”. De forma mais contemporânea, outro ponto na literatura é a obra desenvolvida por Helfand e Taylor (2017) na qual estuda a relação inversa existente entre o tamanho da propriedade e sua produtividade (fator este que está intimamente ligado a eficiência produtiva das propriedades).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa realizou uma análise de eficiência técnica e de escala em 238 propriedades de café no biênio 2017/18 e 239 propriedades de café no biênio 2019/20 pertencentes a região das Matas de Minas na qual se utilizou variáveis de gestão para explicar os escores de eficiência técnica em ambos os biênios.

Conjecturou-se, inicialmente, que as variáveis de gestão tivessem exercido influência sobre a eficiência técnica das propriedades de café nos períodos em que ocorre baixa produção. O que se pode inferir da pesquisa é que, de fato, especificamente para as propriedades cafeeiras analisadas, as variáveis de gestão *escolaridade/capacitação* e *evolução patrimonial* influenciaram na eficiência técnica desses produtores no período de baixa produção. Portanto, a hipótese inicial do trabalho foi confirmada.

A significância da variável *escolaridade/capacitação* demonstra a importância em não só o produtor buscar por qualificação, mas também todas aquelas pessoas que atuam com a produção de café na propriedade. Além do mais, evidencia o alerta feito por Peixoto (2014). O autor argumenta que o agricultor familiar depende da transmissão de conhecimento para que possa realizar a implementação de novas tecnologias e de atividades que colaborem com a melhoria da gestão da propriedade. Daí o importante papel que programas assistenciais, como o ATeG, desempenham junto aos produtores e suas propriedades.

Na busca por ampliar as soluções que possam contribuir com a melhoria da eficiência técnica, recomenda-se ao produtor que não adie, e muito menos deixe de fazer as tarefas de campo quando elas realmente precisarem ser feitas. O produtor, em alguns momentos, acaba tomando este tipo de decisão. Como dito antes, a lavoura cafeeira é muito sensível aos tratamentos culturais. A eficiência técnica das propriedades está sujeita a essas decisões. Isso exige do produtor que as tarefas de campo sejam realizadas no tempo certo e de maneira correta.

Reconhece-se que um dos principais fatores limitantes da pesquisa foi a pandemia do novo coronavírus. A pandemia acabou limitando a ida ao campo, o contato direto com o produtor nas mais diferentes regiões. Obviamente, tentou-se compensar um pouco esta falta por meio de encontros virtuais. Entretanto, entende-se que a pesquisa perdeu muito na apresentação de soluções por conhecer, apenas, a realidade dos dados sem a devida realidade completa dos fatos.

Outro fator limitante foi com relação à identificação de gênero dos produtores. Isso impossibilitou a pesquisa de inferir uma questão importante sobre a região 2. Por ser uma região majoritariamente conduzida e organizada por mulheres, acredita-se que este seja um dos motivos que levaram a região 2 a apresentar relativo destaque na análise de eficiência técnica das propriedades. Acredita-se que as mulheres possuem competências e habilidades que podem favorecer a gestão das propriedades fazendo com elas alcancem níveis de eficiência técnicas maiores do que as propriedades na qual a gestão está sob responsabilidade dos homens. A intenção não seria a de, diante dessa constatação, propor a substituição dos homens pelas mulheres na gestão das propriedades, mas sim, de buscar identificar quais as habilidades e competências desenvolvidas pelas mulheres que mais favorecem a gestão das propriedades para que pudessem ser disseminadas para os demais produtores.

Desta forma, confia-se que novas pesquisas possam vir a contribuir com o tema, buscando por este tipo de identificação e validação.

A pesquisa também se limitou somente em analisar um grupo de cafeicultores de montanha praticada na região das Matas de Minas. Novos estudos devem, portanto, ampliar a análise para verificar se as mesmas situações percebidas nas eficiências técnicas e de escala se aplicam para a cafeicultura de montanha em outras regiões do Brasil.

Por fim, ressalta-se a importância que o acompanhamento técnico teve para os produtores de café da região das Matas de Minas. É claro que os resultados referentes à eficiência técnica podem e devem ser melhorados por parte desses agentes, mas o fato de terem tido um acompanhamento gerencial proporcionou a eles novos conhecimentos que serão úteis dentro do processo de melhoria desses resultados.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, P. N. A. **Fronteira de produção e eficiência técnica da agropecuária brasileira em 2006**. 2012. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP. 250 p.
- ALVES, H. M. R.; VOLPATO, M. M. L.; VIEIRA, T. G. C.; BORÉM, F. M.; BARBOSA, J. N. Características ambientais e qualidade da bebida dos cafés do estado de Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 1–12, 2011.
- AMEMIYA, T. Regression Analysis when the dependent variable is truncated normal. **Econometrica**, v. 41, n. 6, p. 997-1016, 1973.
- BLISKA, F. M. de M.; VEGRO, C. R.; JÚNIOR, P. C. A.; MOURÃO, E. A. B.; CARDOSO, C. H. S. Custos de produção de café nas principais regiões produtoras do Brasil. **VI Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, 2007.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (2020). Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 2020.
- BROCKETT, P. L.; GOLANY, B. Using rank statistic for determining programmatic efficiency differences in data envelopment analysis. **Management Science**, v. 42, n. 3, p. 466-472, 1996.
- CASTRO, E. R.; TEIXEIRA, E. C.; FIGUEIREDO, A. M.; SANTOS, M. L. Teoria dos custos. In.: **Microeconomia Aplicada**, Capítulo 8, p. 271 - 315. Visconde do Rio Branco, 2009.
- CARVALHO, J. C. T. de; BITENCOURT, M. B. A competitividade da cadeia produtiva do café em Minas Gerais: uma análise de qualidade. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/2/384.pdf>>. Acesso em: 25 abril 2021.
- CHILINGERIAN, J. A. Evaluating physician efficiency in hospital: A multivariate analysis of best practices. **European Journal of Operational Research**, v. 80, n.3, p.548-574, 1995.
- CLEMENTE, F.; GOMES, M. F. M.; LÍRIO, V. S. Análise da eficiência técnica de propriedades citrícolas do Estado de São Paulo. **Economia Aplicada**, v. 19, p. 63–79, 2015.
- COELLI, T. J.; RAO, D. S. P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer, 2 ed. New York, 2005.
- COOPER, W. W.; SEIFORD, L. M.; ZHU, J. **Handbook on Data Envelopment Analysis**. Springer, 2nd ed., v. 164, 2011.
- COSTA, C. H. G.; JÚNIOR, L. G. de C.; ANDRADE, F. T.; CALEGÁRIO, C. L. L.; OLIVEIRA, D. H. de. Fatores condicionantes da gestão de custos de produção dos

cafeicultores do Sul de Minas Gerais. **Custos e Agronegócio**, v.9, n.2, p.65-85, 2013.

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

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS - EPAMIG. **Informe Agropecuário**, v. 29, n. 244, 2008.

_____. **Projeto ISA**: Projeto de adequação socioeconômica e ambiental das propriedades rurais. Belo Horizonte, 2017. Disponível em: <http://www.epamig.br/projeto-isa>. Acesso em: 26 de maio de 2021.

FARRELL, M. J. The Measurement of Productive Efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)**, v. 120, n. 3, p. 253–290, 1957.

FIED, H. O.; LOVELL, C. A. K.; SCHMIDT, S. S. **The measurement of productive efficiency and productivity growth**. Oxford, 2008.

FILHO, C. A. P. **Eficiência econômica da pequena produção familiar agrícola no recôncavo do Estado da Bahia**: uma análise não-paramétrica de fronteiras de produção multiproduto. 2000. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

FILHO, J. K. D. M. **Mensuração de Eficiência Produtiva das Ferrovias Brasileiras de Carga: Uma aplicação de modelos DEA e TOBIT**. 2014. Dissertação (Mestrado) -. Faculdade de Tecnologia da Universidade de Brasília, Brasília, DF.

GREENE, W. H. **Econometrics Analysis**. 7th edition. New Jersey: Prentice Hall, 2012.

FREIRE, A. H.; REIS, R. P.; LIMA, D. P. M.; FONTES, R. E. Eficiência econômica da cafeicultura no sul de Minas Gerais: Uma abordagem pela análise envoltória de dados. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.14, n.1, p.60–75, 2012.

GOMES, A. P.; BAPTISTA, A. J. M. dos S. Análise envoltória de dados: Conceitos e modelos básicos. In: Maurinho Luiz dos Santos; Wilson da Cruz Vieira. (ORG.). **Métodos quantitativos em economia**, p. 93–128, 2004.

GOMES, A. P.; ERVILHA, G. T.; FREITAS, L. F. de; NASCIF, C. Assistência técnica, eficiência e rentabilidade na produção de leite. **Revista de Política Agrícola**, Ano XXVII, nº 2, 2018.

GOMES, A. P.; FERREIRA, C. M. de C.; Cuidados ao calcular a eficiência na produção de leite. In: XLV Congresso da Sociedade Brasileira de Economia, Administração e Sociologia Rural (SOBER). **Anais**, 2007.

GOMES, A. P.; FERREIRA, C. M. de C. **Introdução à Análise Envoltória de Dados: Teoria, Modelos e Aplicações**. Viçosa: UFV, 2020.

HELFAND, S. M.; TAYLOR, M. P. H. The inverse relationship between farm size and productivity: Refocusing the debate. In: **2017 Pacific Conference for Development Economics**. Califórnia: Riverside, 2017.

INSTITUTO ANTÔNIO ERNESTO DE SALVO – INAES. **Caracterização da cafeicultura de Minas Gerais**. Belo Horizonte: INAES, 2010. 300p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/26537-ibge-preve-safra-recorde-de-graos-em-2020>>. Acesso em: 2020.

KOOPMANS, T. C. Efficient allocation of resources. **Econometrica**, v. 19, n. 4, p. 455-465, 1951.

LAVIOLA, B. G.; MARTINEZ, H. E. P.; SALOMÃO, L. C. C.; CRUZ, C. D.; MENDONÇA, S. M.; NETO, A. P. Alocação de foto assimilados em folhas e frutos de cafeeiro cultivado em duas altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 11, p. 1521–1530, 2007.

LEWIS, L. F.; SEXTON, T. R. Network DEA: Efficiency analysis of organizations with complex internal structure. **Computers and Operations Research**, v. 31, n. 9, p. 1365–1410, 2004.

LIMA, A. L. R.; REIS, R. P.; ALVES, R. C. Fronteira de Produção e Eficiência Econômica da Cafeicultura Mineira. **Organizações Rurais & Agroindustriais**, Lavras, v.14, n. 2, p. 268-285, 2012.

MADDALA, G. S. **Limited-dependent and qualitative variables in econometrics**. New York: Press Syndicate, 1983. 400p.

MARINHO, A.; FAÇANHA, L. O.; **Hospitais universitários: avaliação comparativa de eficiência técnica**. Rio de Janeiro: IPEA, 2001, 29p. (Texto para discussão, 805).

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**: ed. 2015. São Paulo: Futurama, 2016. 584p.

MATSUNAGA, M.; BEMELMANS, P. F.; TOLEDO, P. E. N. de; DULLEY, R. D.; OKAWA, H.; PEDROSO, I. A. Metodologia do custo de produção utilizada pelo IEA. In.: **Agricultura em São Paulo - Boletim Técnico do Instituto de Economia Agrícola**. Ano XXIII, Tomo I, p. 123 – 139, 1976.

MELLO, J. C. C. B. S. de; MEZA, L. A.; GOMES, E. G.; NETO, L. B. Curso de Análise Envoltória de Dados. IN: XXXVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, **Anais**, 2005.

MOREIRA, P. C.; MOREIRA, G. C.; CASTRO, N. R.; SILVA, R. P. da. Produtividade e economia de fatores de produção na cafeicultura brasileira. **Revista de Política Agrícola**. Ano XXVIII, nº 2, 2019.

NASCIF, C. Palestra proferida no Conexão.Coop – Live Custos de Produção, jul. 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=XXS4CdWXUqA&ab_channel=Conex%C3%A3oCoop>.

NASCIMENTO, A. C. C.; NASCIMENTO, M.; BARROSO, L. M. A.; SOUSA, L. O. de; BRAGA, M. J. Identificando os determinantes da eficiência técnica na produção de café de montanha em Minas Gerais. **Material e Métodos**. p. 461–473, 2017.

OJIMA, A. L. R. de; MIGUEL, F. B.; BÁRBARO, I. M.; TICELLI, M. Análise econômica da produção de soja, município de Guaíra, Estado de São Paulo, safra 2005/06. IN: **XLV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL (SOBER)**, 2007.

PAULA, F. A. de. **Análise de eficiência técnica dos estabelecimentos produtores de café em Minas Gerais**. 2013. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Economia Aplicada, Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa/MG. 58 p.

PEIXOTO, M. **Extensão Rural no Brasil: uma abordagem histórica da legislação**. Texto para discussão 48. Brasília: Consultoria legislativa do Senado Federal, p.50, 2008.

PEIXOTO, M. Mudanças e desafios da extensão rural no Brasil e no mundo. **O mundo rural no Brasil do século 21**, p. 829-862, 2014.

PINDYCK, R. S.; RUBINFELD, D. L. **Microeconomia**. 6 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

PINTO, N. G. M.; CORONEL, D. A. Eficiência e eficácia na administração: proposição de modelos quantitativos. Eficiência e eficácia na administração: proposição de modelos quantitativos. In.: **Revista Unemat de Contabilidade**, 2017. v. 6, n.11. < <https://periodicos.unemat.br/index.php/ruc/article/view/1727/1804>>. Acesso em 2020.

PRIOR, D. Technical efficiency and scope economies in hospitals. **Applied Economics**, v. 28, p. 1.295-1.301, 1996.

RAY, S. C. **Data Envelopment Analysis: Theory and Techniques for Economics and Operations Research**. New York: Cambridge University Press, 2004.

REGIÃO DAS MATAS DE MINAS. 2020. **Características dos cafés da região**. Disponível em: <<https://www.matasdeminas.org.br/>>. Acesso em: 2020.

REZENDE, Alberto Martins. ROSADO, Patrícia Lopes. GOMES, Marília Fernandes Maciel. **Café para todos: A informação na construção de um comércio de café mais justo**. Segrac. Belo Horizonte, 2007.

SANTOS, R. R. dos; ROVER, S. Influência da governança pública na eficiência da alocação dos recursos públicos. **Revista de Administração Pública**, v. 53, n. 4, p. 732-752, 2019.

SANTOS, V. F. dos; VIEIRA, W. da C.; RUFINO, J. L. dos S.; LIMA, J. R. F. de. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 47, n.3, p.677-698, 2009.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZAGEM RURAL (SENAR). **Café: Assistência Técnica e Gerencial**. Brasília: SENAR, 2015.

SIMAR, L.; WILSON, P. W. Sensitivity analysis of efficiency scores: How to Bootstrap in nonparametric frontier models. **Management Science**, v. 44, n.1, p.49-61, 1998.

SOUSA, L. O. de. **Impactos da certificação sobre a eficiência técnica da cafeicultura de montanha de Minas Gerais**. 2011. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

SOUSA, M. da C. S.; STOSIC B. D. **Jackstrapping DEA scores for robust efficiency measurement**. Texto para Discussão (Campinas), UnB, Brasília, n. 291, p. 4-26, 2003.

SOUZA, D. P. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. 2003. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP.

SUNDARAM, R. K. **A first course in optimization theory**. New York: Cambridge University Press, 1996. 357p.

THANASSOULIS, E. **Introduction to the theory and application of data envelopment analysis**. New York: Springer, 2001.

TOBIN, J. Estimation of relationships for limited dependent variables. **Econometrica**, v. 26, n. 1, p. 24-36, 1958.

VARIAN, H. R. **Microeconomia: uma abordagem moderna**. 9ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. 806p.

VASCONCELLO, V. A.; CANEN, A. G.; LINS, M. P. E. Identificando as melhores práticas operacionais através da associação *benchmarking*-DEA: O caso das refinarias de petróleo. **Pesquisa Operacional**, v.26, n.1, p.51-67, 2006.

ZHU, J.; **Quantitative models for performance evaluation and benchmarking – Data Envelopment Analysis with Spreadsheets**. New York: Springer, 2008.