

EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE SÃO FRANCISCO: MENSURAÇÃO DE ESCORES E ANÁLISE DE FATORES CORRELACIONADOS¹

Emanoel de Souza Barros², Leonardo Ferraz Xavier³,
Henrique Veras de Paiva Fonseca⁴, Ecio de Farias Costa⁵

RESUMO: Este artigo visa analisar os diferenciais de eficiência técnica entre os produtores do Polo Petrolina-Juazeiro e identificar os fatores que explicam as variações nesses escores. Para tanto, foram estimados os escores de eficiência através do método DEA com retorno variável de escala (DEA-V) e submetidos a uma estimação Tobit, segundo especificações do método DEA em dois estágios. Como resultados, verificou-se que características como tecnologia, porte do produtor e experiência tendem a elevar os níveis de eficiência, enquanto idade e diversificação produtiva tendem a reduzir tais escores. Outros fatores investigados mostraram-se não significantes para explicar as variações de eficiência, o que indica falhas em seus objetivos: educação, treinamento, associativismo e relação com instituições de pesquisa.

Palavras-chave: agricultura, irrigação, eficiência, DEA-V, tobit.

AGRICULTURAL PRODUCTION EFFICIENCY IN THE SÃO FRANCISCO VALLEY REGION, BRAZIL: SCORE MEASUREMENT AND CORRELATION FACTOR ANALYSIS

ABSTRACT: This paper seeks to analyze technical efficiency differences and identify the factors that could explain the scoring variations among small producers in the São Francisco Valley, Brazil. We applied the DEA-V model adopting variable return to scale to estimate the efficiency levels, assuming the production value as a dependent variable. Next, we estimated a Tobit model considering these results as the dependent variable. Results show that whereas producer technology, size and experience increase efficiency scores, age and productive diversification tend to reduce them. Other factors such as education level, training, associations and related research institutions were not significant.

Key-words: agriculture, irrigation, efficiency, DEA-V, Tobit, Brazil.

JEL Classification: Q13, C14, C21.

¹Registrado no CCTC, REA-14/2017.

²Economista, Doutor, Professor e Pesquisador do PPGECON-UFPE, Recife, Estado de Pernambuco, Brasil (e-mail: leonamebr@gmail.com).

³Economista, Doutor, Professor e Pesquisador do DECON-UFRPE, Recife, Estado de Pernambuco, Brasil (e-mail: leonardoferraz@gmail.com).

⁴Economista, Mestre, Champaign, USA (e-mail: hfonsec2@illinois.edu).

⁵Economista, Doutor, Professor e Pesquisador do PIMES-UFPE, Recife, Estado de Pernambuco, Brasil (e-mail: ecio@yahoo.com).

1 - INTRODUÇÃO

A fruticultura irrigada explorada no semiárido nordestino, especialmente no Vale do São Francisco, tem sido exemplo de alternativa exitosa quanto aos benefícios gerados sobre a economia regional. A atividade constitui importante instrumento de geração de renda e emprego, traduzindo-se em relevante fonte geradora de dinamismo social e econômico. O Polo Petrolina-Juazeiro, em virtude dos impactos gerados pelos investimentos em irrigação realizados ao longo de décadas, tem se destacado no contexto da fruticultura nacional através de uma crescente participação na produção e exportação de produtos, com um leque considerável de opções de frutas e hortaliças.

Segundo Lima e Miranda (2001), a área de exploração na região aumentou cerca de 286% entre os anos 1970 e 1990, período de implantação dos projetos de irrigação. Atividades com maior valor agregado, as quais requerem a utilização de insumos modernos e maior capacitação da mão de obra para a adoção de práticas de irrigação adequadas, passaram a ser desenvolvidas visando atender à demanda dos grandes centros urbanos e também à demanda internacional. Os produtos que obtiveram maior destaque neste cenário, principalmente após a década de 1990, foram uva e manga, cujas qualidades são reconhecidas mundialmente.

De acordo com dados da Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco (CODEVASF, 2011), o Polo Petrolina-Juazeiro possui cerca de 120 mil hectares destinados à atividade agrícola. Ainda de acordo com a instituição, cerca de um milhão de toneladas de frutas são produzidas por ano na região, destinadas basicamente ao mercado interno, mais especificamente à região Centro-Sul do país. Entretanto, aproximadamente 30% da produção local destina-se ao mercado externo, representando quase metade do total das exportações brasileiras de frutas.

O objetivo principal deste artigo é, portanto, estimar os níveis de eficiência relativa dos produtores inseridos no Polo Petrolina-Juazeiro, através do método DEA com retorno variável de escala e criar um *ranking* das DMUs mais eficientes para as menos eficientes⁶. Por seu turno, pretende-se avaliar os resultados de um modelo Tobit utilizando os escores de eficiência como variável dependente em função de diversas variáveis socioeconômicas explanatórias.

Com vistas a um direcionamento objetivo dos resultados e conclusões do artigo, ele foi organizado em seis seções, incluindo esta introdução. Na seção 2, são apresentados exemplos de estudos na literatura relacionada à identificação de determinantes da eficiência, inclusive com respeito específico ao caso da eficiência na produção agrícola. Na seção 3 apresentam-se as descrições sumárias do método DEA e do modelo Tobit, com a descrição do “Estudo de caso”, explanando a base de dados utilizada e as variáveis consideradas nos modelos empíricos (DEA e Tobit). A seção 4, por sua vez, é dividida em dois tópicos, o primeiro relacionado à análise descritiva dos resultados de eficiência frente às características dos produtores citadas anteriormente e o segundo apresentando a análise do modelo Tobit estimado. Por fim, considerações finais são expostas na seção 5.

2 - REFERENCIAL TEÓRICO

Para a avaliação dos determinantes dos níveis de eficiência, diversos estudos têm utilizado como instrumento os escores resultantes da aplicação do método DEA em conjunto com modelos de regressão Tobit. Outros métodos também são observados na literatura para a identificação dos determinantes da eficiência produtiva. Em geral, os métodos alternativos mais utilizados são o de Produtividade Total dos Fatores (PTF) e estimções de alguma função de

⁶As DMUs mais eficientes são as que irão construir a linha de eficiência e servir de apoio, *benchmarking*, às ineficientes. Segundo a nomenclatura do DEA, DMU significa Decision Making Units ou Unidades Tomadoras de Decisão. Assim, cada produtor rural é tido como uma DMU.

produção parametrizada⁷. Tais estimações requerem, *a priori*, índices de preços multilaterais⁸ para *inputs* e *outputs*. A falta de medidas adequadas, nesse sentido, dificulta a operacionalização de referidas estimações. O método DEA, por sua vez, não possui tal restrição, de forma a facilitar a análise da medida de eficiência produtiva.

A abordagem mais comum, conhecida como aplicação DEA em dois estágios, trata da mensuração da eficiência relativa no primeiro estágio, enquanto, no segundo estágio, os escores de eficiência técnica são explicados por variáveis relevantes, as quais não são diretamente incluídas na análise DEA. O modelo Tobit (TOBIN, 1958) é sugerido como modelo estatístico multivariado apropriado para a estimação do segundo estágio ao considerar as características da distribuição das medidas de eficiência (Grosskopf, 1996)⁹.

Trabalhos como os de Luoma et al. (1996), Chilingirian (1995), Bjurek, Kjulín e Gustafson (1992), Oum e Yu (1994), Hoff (2007), Kirjavainen e Loikkanen (1998), Scheraga (2004), Turner, Windle e Dresner (2004) e Wanke e Affonso (2011), nos quais, em análise sobre diversos contextos, a estimação conjunta DEA/Regressão Tobit apresentou resultados mais precisos e corretamente especificados com referência às relações causais dos índices de eficiência.

Especificamente sobre a avaliação dos determinantes da eficiência de produtores agrícolas, a literatura econômica disponibiliza diversos trabalhos, dentre os quais pode-se citar: Tupy e Yamaguchi (2002), Helfand e Levine (2004), Krasachat (2004), Vicente (2004), Santos et al. (2009), Mariano e Pinheiro (2009), Ayaz, Hussain e Sial (2010) e Koc, Gul e Parlakay (2011), que trazem maior compreensão dos contextos socioeconômicos e de gestão nos quais os produtores analisados estão envolvidos, uma vez que

tais fatores se revelam como significativos na explicação dos índices de eficiência.

Observa-se que a literatura acerca do tema não é tão recente, ainda que se verifique uma intensificação de estudos realizados nos últimos anos. Particularmente quanto à investigação de determinantes da eficiência na produção agrícola, não está claro quais fatores afetam de forma positiva ou negativa. Em certos estudos empíricos, por exemplo, o nível de escolaridade é tido como fator de elevação da eficiência, enquanto, em outros, essa variável se relaciona inversamente. O mesmo ocorre com fatores como experiência, crédito, assistência técnica e área produzida. Ademais, não há padrão quanto às variáveis testadas empiricamente, observando-se trabalhos em que são incluídas variáveis explicativas como renda extrarural, tamanho da família, diversificação produtiva e tecnologias de produção variadas.

3 - METODOLOGIA

Do ponto de vista metodológico, o enfoque deste estudo concentra-se na estimação dos níveis de eficiência e na explicação das variações desses escores. Para tanto, serão expostas, a seguir, as descrições sumárias do método DEA e do modelo Tobit e o estudo de caso com descrição da base de dados e das variáveis – dependentes e explicativas – de cada um desses modelos.

3.1 - Métodos DEA e Tobit

O método DEA foi proposto inicialmente por Charnes, Cooper e Rhones (1978) e Färe, Grosskopf e Lovell (1985) como um aperfeiçoamento do método

⁷Nestes estudos é comum a utilização de funções de produção neoclássicas para estimar a eficiência produtiva, como os trabalhos desenvolvidos por Caves, Christensen e Swanson (1981), Gillen, Oum e Tretheway (1990), Oum, Tretheway e Zhang (1991), dentre outros.

⁸Índices de preços multilaterais são aqueles cujo nível de preço pode ser comparado não apenas através do tempo dentro de uma determinada firma, como também entre as firmas. A construção de tais índices pode ser uma tarefa bastante difícil, ou até mesmo impossível, devido à falta de dados adequados para a sua mensuração. Para detalhes acerca da construção de índices multilaterais, ver Caves, Christensen e Diewert (1982).

⁹Para justificativa teórica do uso do método Tobit, verificar Hoff (2007).

proposto por Farrell (1957). O modelo DEA com rendimento variável de escala (DEA-BCC) foi introduzido por Banker, Charnes e Cooper (1984) como uma extensão do modelo DEA-CCR, de Charnes, Cooper e Rhones (1978).

A principal motivação para se utilizar o método DEA está no fato de que, para avaliar a eficiência das firmas, não é necessário supor uma forma funcional para a tecnologia. Além do mais, esse método é bastante útil quando se pretende analisar múltiplos insumos e múltiplos produtos, e a variável preço não pode ser quantificada, como nos serviços prestados por universidades, hospitais, produtores agrícolas, dentre outros. No caso específico deste trabalho, as estimações dos escores de eficiência serão realizadas através do DEA-BCC supondo orientação do produto.

Por sua vez, para a identificação dos determinantes dos níveis de eficiência, como aplicado nos estudos citados na seção 2, será utilizado o modelo de regressão Tobit. Visto que os escores de eficiência produzidos no método DEA resultam em valores entre zero e um, torna-se problemática a aplicação de Mínimos Quadrados Ordinários para regredir tal variável dependente. Nesse sentido, é recomendada a utilização do modelo Tobit, que assume distribuição normal truncada ou censurada, sendo empregado o método de estimação por máxima verossimilhança (GRENE, 1997).

3.2 - Estudo de Caso

As informações relativas à conjuntura dos produtores no Vale do São Francisco constituem-se de dados primários obtidos através de uma pesquisa

de campo financiada pelo CNPq, através do Edital Universal MCT/CNPq 14/2008, aplicada junto a 173 produtores do Polo Petrolina-Juazeiro, durante os meses de outubro e novembro do ano de 2009¹⁰. A pesquisa descreve dados de corte transversal para o ano agrícola 2008/09, com relação aos perímetros de irrigação Senador Nilo Coelho, Maria Tereza e Bebedouro¹¹.

Vale destacar que o Perímetro Nilo Coelho é o maior projeto de irrigação do Polo Petrolina-Juazeiro. Em 2005, segundo a CODEVASF (2011), este perímetro respondia por 38% do total de áreas irrigadas, 27% do total de empresas rurais e 52% dos colonos que atuam nos municípios de Petrolina e Juazeiro. Por sua vez, os Perímetros Bebedouro e Maria Tereza também somam importância para o Polo: respectivamente, 6% e 12% das áreas irrigadas, 4% e 9% do número de empresas rurais e 8% e 16% do número de colonos. Outros perímetros importantes podem ser destacados na região, como Tourão, Maniçoba, Curaçá e Mandacaru, todos apresentando características semelhantes aos perímetros visitados durante o levantamento amostral.

Do total de entrevistados, 149 possuíam área irrigada inferior a 10 ha, 15 produtores irrigavam entre 10 e 100 ha, e nove irrigavam acima de 100 ha¹². A concentração das entrevistas em agricultores de pequeno porte vale-se da forte participação deles quando se considera o número de produtores que atuam no Polo. Nesse sentido, enfatiza-se que a amostra deve representar satisfatoriamente as características da região e podem sintetizar conclusões a respeito dos determinantes do nível de eficiência entre seus produtores.

Para efeito da estimação das fronteiras de produção, necessária à investigação dos escores de eficiência, foi efetuada com a agregação de todos os

¹⁰A amostra corresponde a 12.796,56 ha, ou seja, cerca de 10% da área estudada.

¹¹Os elementos da amostra foram escolhidos aleatoriamente, mas de forma distribuída entre os núcleos que compõem o perímetro Senador Nilo Coelho, Maria Tereza e Bebedouro.

¹²O solo desses 173 produtores referem-se ao mesmo tipo de solo, ou seja, latossolo-vermelho-amarelo, conforme especificado em IBGE. EMBRAPA. Mapa de solos do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 2001. 1 mapa, color. Escala: 1:5.000.000. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/informacoes-ambientais/pedologia/15829-solos.html?=&t=acesso-ao-produto>>. Acesso em: 25 set. 2018.

produtos, contemplando o total de 173 produtores especializados principalmente na produção de uva, manga, goiaba, acerola, banana e coco. A variável dependente tratada no método DEA (modelo empírico) refere-se ao valor da produção [$VP = f(A, L, K, Ins)$], ou seja, à soma das receitas obtidas com todos os cultivos explorados na propriedade. As variáveis explicativas, por sua vez, referem-se à área produzida (A), à mão de obra (L), ao capital (K) e aos insumos (Ins).

Quanto à área produzida (A), considerou-se a área plantada, em ha, com todos os cultivos explorados na propriedade. Com relação à mão de obra (L), foram consideradas as despesas totais realizadas pelo negócio com a contratação de trabalhadores e a estimativa de custo de oportunidade da utilização de mão de obra familiar. Por sua vez, para o fator capital (K), considerou-se a soma de aluguéis e depreciação de máquinas e equipamentos utilizados na propriedade. Por fim, quanto aos insumos (Ins), foram consideradas as despesas totais realizadas pelo negócio com a aquisição de adubos, defensivos, materiais de pós-produção e outros insumos citados espontaneamente pelo entrevistado. Todas essas questões foram levantadas direta ou indiretamente através da pesquisa de campo¹³. As questões indiretas referem-se à mensuração dos gastos com mão de obra, capital e insumos que foram calculados com base em diversas questões propostas aos produtores no questionário. A questão direta levantada foi referente à área plantada, que se tratava de uma informação direta fornecida pelo produtor analisado.

Através dessas informações iniciais e da aplicação do método DEA-V, foi possível extrair a variável dependente tratada na estimação do modelo Tobit para identificação dos determinantes das variações

da eficiência produtiva. Assim, foi possível regredir, através do método de máxima verossimilhança, os escores de eficiência como função das seguintes variáveis: porte do produtor, tecnologia, educação, experiência, idade, diversificação produtiva, assistência técnica, treinamento, associação e pesquisa. Adicionalmente, visto que a pesquisa descreve dados referentes ao ano agrícola 2008/09, incorporou-se uma variável relacionada aos efeitos da crise econômica mundial deflagrada em meados de 2008, com o intuito de avaliar os impactos desse acontecimento sobre a ineficiência produtiva.

Alguns apontamentos acerca das variáveis explanatórias devem ser feitos. Primeiramente, as seguintes variáveis foram observadas através de perguntas diretas aos produtores: a) porte, tendo como *proxy* a área total da propriedade; b) educação, tratada como os anos de estudo do produtor; c) experiência, tratada como os anos de experiência do produtor na propriedade; d) idade, que se refere aos anos de idade do proprietário; e) assistência técnica, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à obtenção de assistência técnica pública¹⁴; f) treinamento, *dummy* tratada como a participação do proprietário e/ou de funcionários em treinamentos; g) associação, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à participação em associações; h) pesquisa, *dummy* tratada como a satisfação dos produtores quanto à relação com instituições de pesquisa; e i) crise, *dummy* tratada como a ocorrência de receitas abaixo do esperado no período referente à crise econômica mundial¹⁵. As duas variáveis restantes, tecnologia e diversificação produtiva, foram obtidas indiretamente, com suas descrições apresentadas de forma pormenorizada nos anexos 1 e 2.

¹³Cabe destacar, contudo, que a informação referente às despesas com mão de obra considerou uma estimativa através do número de funcionários na propriedade, tomando-se como referência o salário mínimo do ano de 2009 (R\$ 465,00) e encargos sociais de 80%. Para todos os entrevistados considerou-se ainda a inclusão de um indivíduo nos custos de mão de obra, como forma de produzir uma estimativa para o custo de oportunidade da utilização de mão de obra familiar. A razão de se ter incluído o custo de oportunidade no cálculo dessa variável foi para não lançar um valor nulo para o *input* L, no caso das propriedades que usavam apenas mão de obra familiar (uma *proxy*).

¹⁴Visto que 93,6% dos entrevistados são assistidos, caracterizando invariabilidade amostral, preferiu-se desconsiderar qualquer relação insatisfatória ou qualquer obtenção de assistência técnica através de consultores externos ou funcionários da propriedade. Ademais, entende-se que a satisfação na relação com a assistência técnica indica a seleção amostral mais relevante.

¹⁵A variável informa a opinião do produtor a respeito dos efeitos da crise econômica mundial de 2008 sobre suas expectativas de receitas, se o produtor se sentiu afetado ou não.

4 - RESULTADOS

Esta seção está dividida em duas subseções: a primeira apresenta uma análise descritiva das relações entre características do produtor e seus resultados de eficiência e a segunda seção apresenta os resultados da estimação de um modelo Tobit para identificação dos determinantes da eficiência produtiva.

4.1 - Análise Descritiva

Para um conhecimento dos possíveis fatores que influenciariam as variações de eficiência entre os produtores avaliados na amostra, faz-se aqui uma prévia análise descritiva relacionando características do produtor ao escore de eficiência apresentado por ele. Para tanto, as relações são feitas considerando estratos de eficiência, tomando como produtores “eficientes” aqueles com escore maior que 2/3 (31 observações); “médios” com escore entre 1/3 e 2/3 (80 observações); e ineficientes com escore inferior a 1/3 (62 observações)¹⁶. As características aqui analisadas referem-se àquelas tratadas na subseção 3.2.

Vale ressaltar que a eficiência média da amostra dos 173 produtores entrevistados foi de 48,3%. Nesse sentido, indica-se que a maior parte dos produtores ainda não veio a assimilar a capacidade tecnológica disponível pela agricultura irrigada. Do total de produtores entrevistados, 71,10% ainda apresentam retornos crescentes de escala, 20,23% apresentam retornos decrescentes de escala e 8,67% exibem retornos constantes de escala.

Inicialmente, com respeito ao porte do produtor, avaliado sob a ótica da área total da propriedade, verifica-se que não há uma relação clara entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência considerados. Visto que a amostra apresenta ampla dispersão quanto à área da propriedade, a figura 1 (primeiro linha de quadros à esquerda) traz

as medianas obtidas em cada estrato de eficiência, observando-se que, dentre os produtores ineficientes, a mediana da área total situa-se em torno de 7,3; caindo esse valor para 6,8 entre os produtores do estrato mediano; e elevando-se para 8,0 entre os eficientes. No total da amostra, a mediana da área total da propriedade situa-se em 7,0 ha. Ainda que se observe uma relação positiva entre o porte do produtor e sua eficiência, a correlação linear entre as variáveis é de apenas 0,0891.

Vale salientar que a razão de se ter incluído a área plantada (porte do produtor) como *input* é porque ela é uma variável chave para explicar o valor da produção da propriedade (*output*). Até se poderia ter tomado o valor da produção/ha como *output* e os *inputs* como também relativos à área, mas não há prejuízo na análise se a área for simplesmente tomada como *input*.

Quanto ao índice de tecnologia descrito no anexo 1, verifica-se relação positiva entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência, ou seja, produtores que utilizam técnicas de produção mais avançadas tenderiam a ser mais eficientes. Conforme apresentado na figura 1 (primeiro linha de quadros, à direita), dentre os produtores ineficientes, a média do índice gira em torno de 0,26; elevando-se para 0,29 entre os produtores do estrato mediano; e para 0,35 entre os eficientes. No total da amostra, o índice de tecnologia apresenta média equivalente a 0,29. Contudo, ainda que se observe a relação positiva entre tais variáveis, a correlação linear entre elas é reduzida, de apenas 0,1672.

Por sua vez, a relação entre os níveis de eficiência e a escolaridade do produtor apresenta fracas evidências. Na figura 1 (segunda linha de quadros à esquerda), dentre os produtores ineficientes, a média de anos de estudo equivale a 6,1; elevando-se para 7,4 entre os produtores do estrato mediano; passando para 7,3 entre os eficientes. No total da amostra, a média de anos de estudo equivale a 6,9. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de

¹⁶As informações referentes aos produtores estão sintetizadas neste trabalho. Informações detalhadas sobre os dados colhidos e o questionário estenderia muito o número máximo de páginas deste artigo.

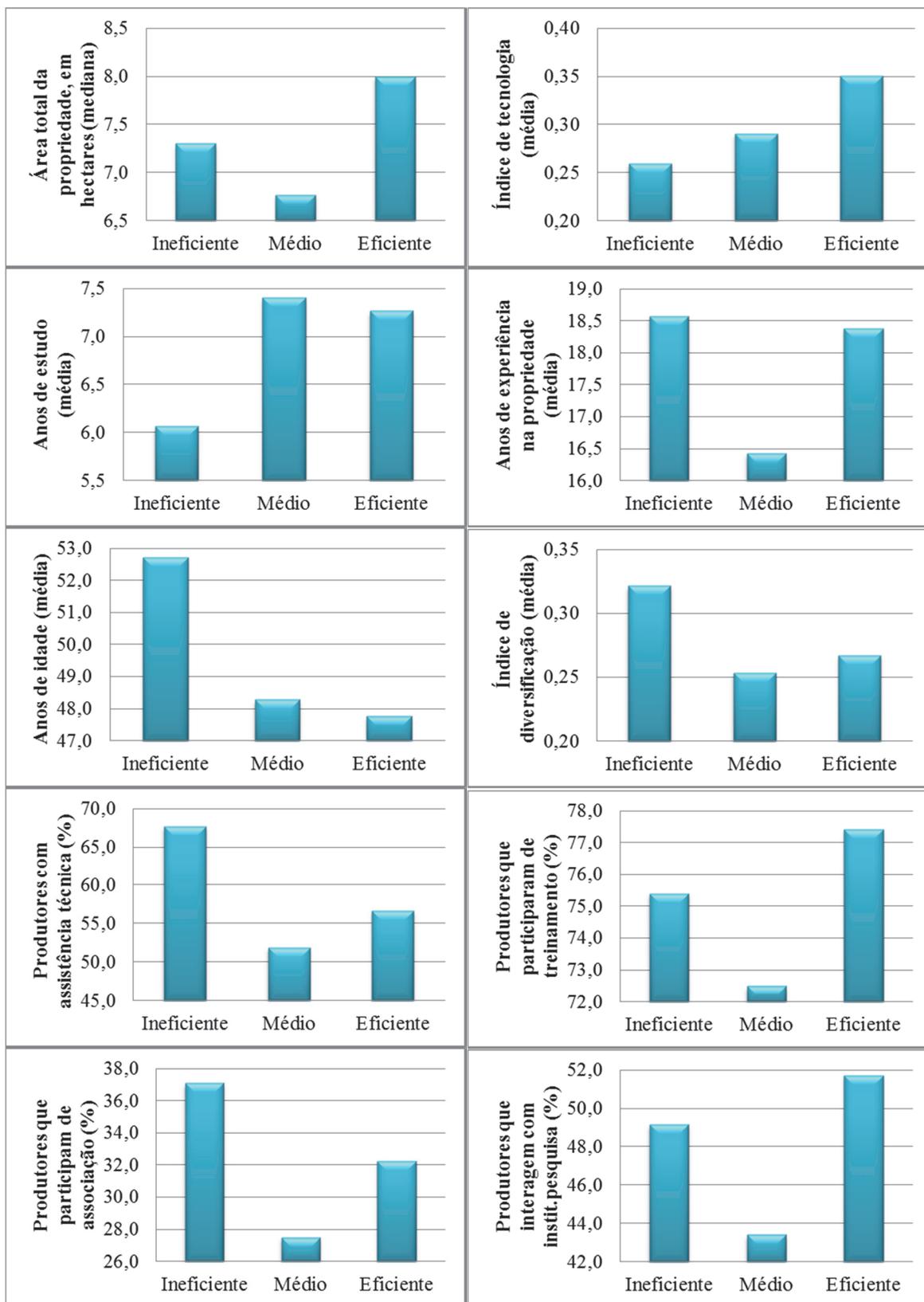


Figura 1 - Relação entre Estratos de Eficiência e Características do Produtor do Vale São Francisco, Outubro e Novembro de 2009.
 Fonte: Dados da pesquisa.

eficiência mostra-se positivo; contudo, seu valor é demasiado reduzido, girando em torno de 0,1050.

A experiência do produtor também apresenta fraca relação com os níveis de eficiência, visto que, na figura 1 (segunda linha de quadros à direita), a média de anos na propriedade é de 18,6 entre os ineficientes; 16,4 entre os medianos; e 18,4 entre os eficientes. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência chega a apenas -0,0356. Contudo, a relação entre a idade do produtor e os estratos de eficiência considerados parece ser mais evidente, visto que, conforme a figura 1 (terceira linha de quadros à esquerda), a média de idade dos produtores ineficientes equivale a 52,7; reduzindo para 48,3 entre os produtores do estrato mediano; e para 47,8 entre os produtores eficientes. Assim, aqueles mais jovens tenderiam a se caracterizar por maior eficiência produtiva. No total da amostra, a média de idade dos produtores equivale a 49,8. Contudo, o coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência também se apresenta reduzido, da ordem de -0,1319.

Quanto ao índice de diversificação descrito no anexo 2, verifica-se uma fraca relação negativa entre esta variável e a ocorrência do produtor nos estratos de eficiência, ou seja, produtores que concentram a atividade em menos cultivos tenderiam a se caracterizar por maior eficiência produtiva. A figura 1 (terceira linha de quadros à direita), dentre os produtores ineficientes, a média do índice gira em torno de 0,32; reduzindo-se para 0,25 entre os produtores do estrato mediano; e para 0,27 entre os eficientes. No total da amostra, o índice de diversificação apresenta média equivalente a 0,28. Ademais, a correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência chega a somente 0,0484.

Quanto ao acesso à assistência técnica, considerou-se, para a apresentação da figura 1 (penúltima linha de quadros à esquerda), a relação entre os estratos de eficiência e a satisfação dos produtores quanto à obtenção de assistência técnica pública, desconsiderando, portanto, qualquer relação insatisfatória ou qualquer obtenção de assistência técnica através de consultores externos ou funcionários da propriedade. Assim, verifica-se uma fraca relação negativa entre as

variáveis, visto que 67,7% dos produtores caracterizados como ineficientes têm acesso satisfatório à assistência técnica pública; reduzindo esse percentual para 51,9% dentre os produtores medianos; passando para 56,7% dentre os eficientes. No total da amostra, 58,5% mostram-se satisfeitos com a assistência recebida. Como em outros casos analisados, a correlação entre esta variável e os escores de eficiência mostra-se reduzida, igual a -0,1045. Tal resultado pode indicar falhas na assistência técnica pública ofertada frente aos resultados de eficiência dos produtores assistidos.

Não foi possível levantar uma informação objetiva a respeito da qualidade da assistência técnica recebida pelos produtores, mas apenas a sua opinião de satisfação com essa assistência.

A relação entre os escores de eficiência e a participação dos produtores (ou funcionários da propriedade) em treinamentos também traz poucas evidências. Segundo mostrou a figura 1 (penúltima linha de quadros, à direita), dentre os produtores ineficientes, 75,4% participaram de treinamentos; enquanto esse percentual equivale a 72,5% entre os produtores do estrato mediano; passando para 77,4% entre os eficientes. No total da amostra, 74,4% dos produtores participaram de algum tipo de treinamento. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência mostra-se positivo; contudo, seu valor é demasiado reduzido, de apenas 0,0220.

De forma similar, é fraca a relação entre a eficiência e o associativismo. Para tal análise, considerou-se a satisfação dos produtores em participar de associações, descartando, assim, relações insatisfatórias. Conforme apresentado na figura 1 (última linha de quadros à esquerda), dentre os produtores ineficientes, 37,1% participam de associações de forma satisfatória; enquanto esse percentual é de 27,5% entre os produtores do estrato mediano; passando para 32,3% entre os eficientes. Em toda a amostra, 31,8% dos produtores participam de associações e sentem-se satisfeitos com esta relação. O coeficiente de correlação linear frente aos escores de eficiência mostra-se negativo, com valor equivalente a -0,0780.

Com respeito à relação dos produtores com instituições de pesquisa, considerou-se a satisfação

dos produtores em tal interação, descartando, assim, relações insatisfatórias. A figura 1 (última linha de quadros à direita) indica, nesse sentido, uma fraca relação entre esta variável e os estratos de eficiência, visto que, dentre os produtores ineficientes, 49,2% têm relação satisfatória com instituições de pesquisa; enquanto esse percentual equivale a 43,4% entre os produtores do estrato mediano; passando para 51,7% entre os eficientes. No total da amostra, 47,0% dos produtores demonstraram ter relação satisfatória com instituições de pesquisa. Mais uma vez, o coeficiente de correlação linear frente aos escores de eficiência mostra-se demasiadamente reduzido, igual a 0,0070.

Ressalta-se que os efeitos dos trabalhos realizados pelas instituições de pesquisas chegam aos produtores por meio de seus insumos utilizados e na tecnologia empregada em seus processos. Assim, é possível que parte dos produtores não reconheça esses efeitos ao responder que a relação com essas instituições não seria satisfatória.

Vale salientar ainda que esses resultados podem estar associados às limitações das *proxies* utilizadas, como anteriormente comentado. Por exemplo, não é prudente afirmar que os papéis da assistência técnica ou do trabalho das instituições de pesquisa são irrelevantes para a eficiência do produtor. Nesse aspecto, é possível que esses efeitos se estendam, ainda como exemplo, sobre o nível de tecnologia empregado na propriedade, variável identificada como significativa para explicar sua eficiência. De toda forma, esses resultados devem ser observados com atenção pelos formuladores de política, visto que podem apontar falhas na concepção e na execução desses trabalhos, diretamente junto aos produtores, implicando a sua satisfação quanto à relação com esses órgãos.

Uma última análise foi feita com o intuito de verificar as implicações da crise econômica mundial de 2008, dado que a pesquisa foi a campo no período subsequente à mesma. Para tanto, considerou-se, sobre cada estrato de eficiência, o percentual de produtores que obtiveram receita aquém do esperado no período. Dessa maneira, 73,3% dos produtores ineficientes tiveram suas receitas abaixo

do que esperavam; enquanto esse percentual equivale a 62,8% entre os produtores do estrato mediano; e a 37,9% entre os eficientes (Figura 2). No total da amostra, 62,3% dos produtores citaram ter obtido receitas abaixo do esperado no período da crise. O coeficiente de correlação linear entre esta variável e os escores de eficiência apresenta valor equivalente a -0,2680.

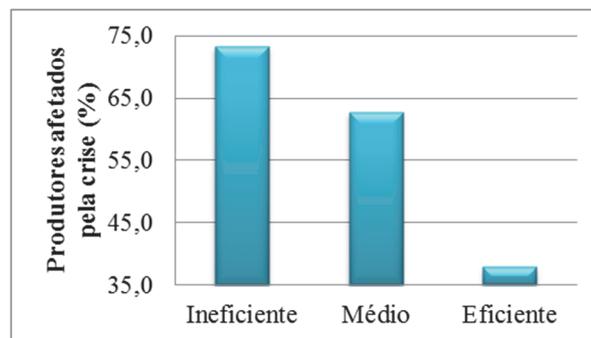


Figura 2 - Relação entre Estratos de Eficiência e Crise Econômica do Produtor do Vale São Francisco, Outubro e Novembro de 2009.

Fonte: Dados da pesquisa.

De forma geral, a análise descritiva entre as variáveis explicativas e os índices de eficiência desta seção apresentam valores relativamente baixos e não significantes. Apenas as correlações relativas às variáveis crise econômica e índice de tecnologia se mostraram significantes a 5%.

4.2 - Determinantes da Variação de Eficiência

Como observado na subseção anterior, a análise descritiva não evidencia causalidades, nem mesmo esclarece, de forma confiável, os fatores que afetam positiva e negativamente o nível de eficiência dos produtores. Com o intuito de testar estatisticamente as relações de causalidade e os efeitos das variáveis mostradas, apresenta-se a estimação de um modelo Tobit (Tabela 1). Esses resultados foram obtidos com correção de erros robusta à heterocedasticidade, ainda que seus erros-padrão estejam bastante próximos da estimação sem correção.

Tabela 1 - Modelo Tobit Estimado por Máxima Verossimilhança, com Correção de Erros Robusta à Heterocedasticidade (Variável Dependente: Escore de Eficiência)

Discriminação	Coefficiente estimado	Erro-padrão
Constante	0,696865 ¹	0,121636
Porte do produtor	0,000243 ²	0,000165
Tecnologia	0,317826 ³	0,142928
Educação	-0,002181 ²	0,005924
Experiência	0,005528 ¹	0,003092
Idade	-0,003476 ⁴	0,001802
Diversificação produtiva	-0,276114 ¹	0,085826
Assistência técnica	0,099711 ²	0,068112
Treinamento	-0,098660 ²	0,072642
Associação	-0,034987 ²	0,041830
Pesquisa	-0,027528 ²	0,037527
Crise	-0,150706 ¹	0,041834
Sigma		0,225293
Pseudo-R2		0,7293
F (11, 144)		3,681
LR (11)		39,3301
Log likelihood(modelo completo)		-7,298
N. de observações		155 (14 right-censored)

¹Significativo a 1%.

²Não significativo.

³Significativo a 5%.

⁴Significativo a 10%.

Fonte: Dados da pesquisa.

Por meio do teste de Razão de Verossimilhança (LR), verifica-se que o modelo apresentado é globalmente válido, com nível de significância inferior a 1%, o que indica que os coeficientes estimados apresentam, conjuntamente, ajustamento satisfatório. A significância da estatística F (inferior a 1%) bem como o elevado Pseudo-R2 (0,729) corroboram com a indicação de bom ajustamento do modelo aos dados observados. Vale ainda destacar que a análise de correlação entre as variáveis explicativas indica inexistência de colinearidade, bem como é inexpressiva a correlação entre as variáveis utilizadas (explicada e explicativas) e o termo de erro do modelo estimado. Ademais, o termo de erro segue distribuição normal, conforme resultado da estatística de Jarque-Bera (176,9361, significativo a 1%). Com relação ao número de observações (155), demonstra-se que foram excluí-

das as informações não respondidas pelos produtores, que foram identificados como *missing values*. Destaca-se que 14 destas observações encontram-se no limite superior de eficiência (escore = 1,0).

Sete variáveis consideradas no modelo não se mostraram estatisticamente significantes, não sendo, portanto, fatores importantes para explicar a eficiência dos produtores estudados. Trata-se das variáveis associadas ao porte do produtor, ao nível de escolaridade, ao acesso à assistência técnica, à participação em treinamentos, ao associativismo e à relação com instituições de pesquisa. Como apresentado na análise descritiva, essas foram as variáveis que menos apresentaram relação comportada frente aos níveis de eficiência.

A variável tecnologia tem considerável efeito sobre as variações de eficiência. Como *proxy*,

utilizou-se um índice que varia entre zero (menor tecnologia) e um (maior tecnologia)¹⁷. Nesse sentido, seu coeficiente estimado foi de 0,317826, com nível de significância de 5%. Com respeito à experiência, tratada como os anos de experiência dos produtores na propriedade, observou-se que ela tem coeficiente de 0,005528 com nível de significância de 10%. De forma semelhante à variável experiência aqui destacadas, a idade do produtor também apresentou reduzido coeficiente, indicando que o nível de eficiência seria inelástico às alterações desta variável. Assim, observa-se que a idade do produtor, por si, não é capaz de variar de forma contundente o seu nível de eficiência.

A diversificação produtiva também mostrou coeficiente reduzido, indicando que o nível de eficiência seria inelástico às alterações desta variável. O coeficiente, calculado em -0,276114, com nível de significância de 10%, indica que produtores que apresentam maior índice de diversificação¹⁸ tendem a se caracterizar por menor eficiência. Observa-se, portanto, que a diversificação produtiva, por si, também não é capaz de variar de forma contundente o seu nível de eficiência.

Por fim, quanto à *dummy* relacionada à crise econômica mundial, deflagrada em meados de 2008, percebeu-se que aqueles produtores que obtiveram receita abaixo do esperado no período teriam seu escore de eficiência reduzido, com nível de significância de 1%. Esse efeito corrobora com os resultados apresentados na análise descritiva, ou seja, de que a crise mundial poderia explicar parte da ineficiência dos produtores no período.

5 - CONCLUSÕES

A análise dos escores de eficiência estimados pelo método DEA-V mostra que os produtores possuem ainda boa capacidade de expansão de suas rentabilidades. A eficiência média de 48,30%, aliada ao

fato de que 71,10% dos produtores exibirem ainda retornos crescentes de escala, geram um cenário capaz de ser, em hipótese, ampliado e mais bem gerenciado.

Nesse sentido, a identificação dos fatores determinantes das variações de eficiência possibilita dar apoio à formulação de políticas públicas com vistas a reverter tal cenário. De acordo com os resultados desta pesquisa, características como experiência e idade, além de fatores como tecnologia e diversificação produtiva, são significativos para explicar os níveis de eficiência dentre os produtores da amostra utilizada. Vale ressaltar que os coeficientes calculados sobre essas variáveis indicam que as variações nos escores de eficiência são inelásticas a suas alterações. Assim, tende-se a afirmar que nenhuma das variáveis aqui tratadas seria capaz, sozinha, de variar de forma contundente o nível de eficiência dos produtores. Contudo, quando as variações se fazem conjuntamente, é possível alcançar resultados satisfatórios.

Como verificado, a experiência afeta positivamente, enquanto a idade afeta negativamente os resultados de eficiência. Estas variáveis são características intrínsecas ao produtor, não sendo, portanto, objeto de políticas setoriais. Por seu turno, observou-se que os produtores que menos diversificam suas atividades tendem a obter melhores resultados de eficiência. Esta afirmação apenas corrobora que a concentração produtiva, ou deve servir para gerar ganhos de escala, ou, ainda, para mostrar que a estratégia de diversificação das atividades, no período estudado, não resultou em ganhos de eficiência. Outro ponto a ser observado pelos formuladores de políticas setoriais diz respeito às possíveis falhas na concepção e execução dos treinamentos realizados junto aos produtores da região, visto que tal variável não tem trazido efeitos significativos sobre seus ganhos de eficiência. De forma análoga, chama-se atenção a possíveis falhas na relação dos produtores junto a associações e instituições de pesquisa, já que ambas as variáveis apresentaram efeitos estatisticamente não significantes. Adicionalmente, obteve-se que os anos de estudo do

¹⁷Mais detalhes, ver Anexo 1.

¹⁸Detalhes referentes ao Índice de Diversificação de Simpson, ver Anexo 2.

produtor não explicam as variações de eficiência, o que pode estar relacionado a falhas neste sistema ou, ainda, que a significância dos efeitos da experiência seja preponderante sobre os da escolaridade.

Ademais, com respeito à crise econômica mundial deflagrada no ano de 2008, verificou-se que ela poderia talvez explicar parte da ineficiência dos produtores estudados na amostra. Foi possível avaliar dessa forma a perda de receita do produtor graças ao período de referência abordado nas entrevistas, coincidente com a ocorrência da crise. Outra explicação para esse resultado poderia estar ligada ao fato de que a produção frutícola da região estaria sujeita a choques externos, o que seria conjecturado dada a forte participação de cultivos como uva e manga no total produzido localmente, tendo como importante destino o mercado internacional.

De forma sintetizada, pode-se concluir que a atenção com a tecnologia utilizada poderia melhorar os índices de eficiência, em conjunto com outras variáveis, como experiência, idade e ganhos de escala decorrentes da concentração produtiva. Além disso, quanto a políticas públicas, chamou-se a atenção para eventuais falhas na concepção e na execução de estratégias de assistência técnica, treinamentos, associativismo e relações do produtor com órgãos de pesquisa.

Salienta-se que esses resultados podem estar associados às limitações das *proxies* utilizadas. Por exemplo, não é prudente afirmar que os papéis da assistência técnica ou do trabalho das instituições de pesquisa são irrelevantes para a eficiência do produtor. Nesse aspecto, é possível que esses efeitos se estendam, ainda como exemplo, sobre o nível de tecnologia empregado na propriedade, variável identificada como significativa para explicar sua eficiência. De toda forma, esses resultados devem ser observados com atenção pelos formuladores de política, dado que podem apontar para falhas na concepção e na execução dos trabalhos de assistência técnica e treinamento, diretamente junto aos produtores, implicando a sua satisfação junto a esses órgãos.

LITERATURA CITADA

AYAZ, S.; HUSSAIN, Z.; SIAL, M. H. Role of credit on production efficiency of farming sector in Pakistan (a data envelopment analysis). **World Academy of Science, Engineering and Technology**, Turquia, Issue 42, pp. 1028-1033, 2010.

BANKER, R. D.; CHARNES, A.; COOPER, W. W. Some models for estimating technical and scale inefficiencies. **Management Science**, Catonsville, Vol. 30, Issue 9, pp. 1078-1092, 1984.

BJUREK, H.; KJULIN, U.; GUSTAFSON, B. Efficiency, productivity and determinants of inefficiency at public day care centers in Sweden. **The Scandinavian Journal of Economics**, New Jersey, Vol. 94, pp. 173-187, 1992. (Supplement).

CAVES, D. W.; CHRISTENSEN, L. R.; DIEWERT, W. E. The economic theory of index numbers and the measurement of input, output and productivity. **Econometrica**, New Jersey, Vol. 50, Issue 6, pp. 1393-1414, 1982.

____.; ____.; SWANSON, J. A. Productivity growth, scale economies, and capacity utilization in U. S. railroads, 1955-74. **American Economic Review**, Pittsburgh, Vol. 71, Issue 5, pp. 994-1002, 1981.

CHARNES, A.; COOPER, W. W.; RHONES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, Vol. 2, Issue 6, pp. 429-444, 1978.

CHILINGERIAN, J. A. Evaluating physician efficiency in hospitals: a multivariate analysis of best practices. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, Vol. 80, Issue 3, pp. 548-574, 1995.

COMPANHIA DE DESENVOLVIMENTO DOS VALES DO SÃO FRANCISCO E DO PARNAÍBA - CODEVASF. **Banco de dados**. Brasília: CODEVASF, 2011. Disponível em: <<http://www.codevasf.gov.br/>>. Acesso em: 14 abr. 2011.

FÄRE, R.; GROSSKOPF, S.; LOVELL, C. A. K. **The measurement of efficiency of production**. New York: Springer, 1985. 216 p.

FARRELL, M. J. The measurement of economic efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)**, London, Vol. 120, Issue 3, pp. 253-290, 1957.

GILLEN, D. W.; OUM, T. H.; TRETHERWAY, M. W. Airline cost structure and policy implications: a multi-product approach for canadian airlines. **Journal of Transport Economics and Policy**, Bath, Vol. 24, Issue 1, pp. 9-34, 1990.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 3. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1997. 1075 p.

- GROSSKOPF, S. Statistical inference and non-parametric efficiency: a selective survey. **Journal of Productivity Analysis**, New York, Vol. 7, Issue 2-3, pp. 161-176, 1996.
- HELFAAND, M. S.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, New Jersey, Vol. 31, Issue 2-3, pp. 241-249, 2004.
- HOFF, A. Second stage DEA: comparison of approaches for modeling the DEA score. **European Journal of Operational Research**, Amsterdam, Vol. 181, Issue 1, pp. 425-435, 2007.
- KIRJAVAINEN, T.; LOIKKANENT, H. A. Efficiency differences of finnish senior secondary schools: an application of DEA and Tobit analysis. **Economics of Education Review**, Amsterdam, Vol. 17, Issue 4, pp. 377-394, Oct. 1998.
- KOC, B.; GUL, M.; PARLAKAY, O. Determination of technical efficiency in second crop maize growing farms in Turkey: a case study for the east mediterranean in Turkey. **Asian Journal of Animal and Veterinary Advances**, Dubai, Vol. 6, Issue 5, p. 488-498, 2011.
- KRASACHAT, W. Technical efficiencies of rice farms in Thailand: a non-parametric approach. **The Journal of American Academy of Business**, Cambridge, Vol. 4, Issue 1-2, pp. 64-69, 2004.
- LIMA, J. P. R.; MIRANDA, E. A. A. Fruticultura irrigada no vale do São Francisco: incorporação técnica, competitividade e sustentabilidade. **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 32, p. 611-632, 2001. (Número especial)
- LUOMA, K. et al. Financial incentives and productive efficiency in finnish health centres. **Health Economics**, New Jersey, Vol. 5, Issue 5, pp. 435-445, 1996.
- MARIANO, J. L.; PINHEIRO, G. M. T. L. Eficiência técnica da agricultura familiar no projeto de irrigação do Baixo Açu (RN). **Revista Econômica do Nordeste**, Fortaleza, v. 40, n. 2, p. 283-296, 2009.
- OUM, T. H.; TRETHERWAY, M. W.; ZHANG, Y. A note on capacity utilization and measurement of scale economies. **Journal of Business and Economic Statistics**, Oxford, Vol. 9, Issue 1, pp. 119-123, 1991.
- _____; YU, C. Economic efficiency of railways and implications for public policy: a comparative study of the OECD countries' railways. **Journal of Transport Economics and Policy**, Bath, Vol. 28, Issue 2, pp. 121-138, 1994.
- SANTOS, V. F. et al. Análise da eficiência técnica de talhões de café irrigados e não-irrigados em Minas Gerais: 2004-2006. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 47, n. 3, p. 677-698, 2009.
- SCHERAGA, C. A. Operational efficiency versus financial mobility in the global airline industry: a data envelopment and Tobit analysis. **Transportation Research Part A: Policy and Practice**, Amsterdam, Vol. 38, Issue 5, pp. 383-404, June 2004.
- SINGH, N. P.; KUMAR, R.; SINGH, R. P. Diversification of Indian agriculture: composition, determinants, and trade implications. In: AERA ANNUAL CONFERENCE, 14., 2006, Pantnagar. **Anais...** New Delhi: AERA, 2006. v. 19, p. 23-36.
- TOBIN, J. Estimation of relationship for limited dependent variables. **Econometrica**, New Jersey, Vol. 26, Issue 1, pp. 24-36, 1958.
- TUPY, O.; YAMAGUCHI, L. C. T. Identificando benchmarks na produção de leite. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 81-96, 2002.
- TURNER, H.; WINDLE, R.; DRESNER, M. North-american containerport productivity: 1984-1997. **Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review**, Amsterdam, Vol. 40, Issue 4, pp. 339-356, 2004.
- VICENTE, J. R. Economic efficiency of agricultural production in Brazil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 201-222, 2004.
- WANKE, P. F.; AFFONSO, C. R. Determinantes da eficiência de escala no setor brasileiro de operadores logísticos. **Produção**, São Paulo, v. 21, n. 1, p. 53-63, 2011.

Recebido em 14/05/2017. Liberado para publicação em 21/08/2018.

EFICIÊNCIA NA PRODUÇÃO AGRÍCOLA DO VALE SÃO FRANCISCO: MENSURAÇÃO DE ESCORES E ANÁLISE DE FATORES CORRELACIONADOS

Anexo 1

Índice de Tecnologia

Com respeito à variável relacionada à tecnologia utilizada na propriedade, utilizou-se como *proxy* um índice que pretende identificar aquelas propriedades que utilizam tecnologias mais avançadas em suas atividades. Para tanto, foram consideradas três dimensões básicas: produção, pós-colheita e gestão. Na dimensão relacionada à produção, tomou-se por base respostas quanto a 11 questões: 1) realização de análise de solo; 2) realização de análise foliar; 3) adoção das recomendações das análises de solo e/ou foliar; 4) adoção de fertirrigação; 5) adoção de correção de solo; 6) adoção de cobertura morta; 7) adoção de práticas específicas (poda de formação e limpeza para todas as culturas e, no caso de produtores de manga, realização de substituição de copa e indução floral); 8) adoção de manejo integrado de pragas (MIP); 9) adoção de recolhimento de embalagens de agrotóxicos; 10) posse de depósito para agrotóxicos; e 11) adoção de equipamento de proteção individual (EPI). Na dimensão de pós-colheita, foram consideradas seis questões: 1) posse de armazém de frutas; 2) realização de limpeza de frutas; 3) realização de seleção e classificação de frutas; 4) posse de *packing house*; 5) posse de armazém climatizado para frutas; e 6) utilização de transporte climatizado. Por fim, na dimensão relacionada à gestão na propriedade, foram consideradas cinco questões: 1) utilização de informática no gerenciamento da propriedade; 2) adoção de planejamento produtivo; 3) adoção de controle de custos; 4) utilização de telefone; e 5) utilização de internet.

Sobre cada dimensão básica (produção, pós-colheita e gestão), calculou-se um índice que somava a quantidade de questões respondidas positivamente, ponderando-se por um valor θ . Referida ponderação teve a pretensão de dar maior peso àquelas atividades menos comuns dentre os produtores. Observou-se que certas atividades, como a realização de análise de solo e a utilização de EPIs, são comuns à grande maioria dos produtores (nestes exemplos, respectivamente, 88,4% e 86,1%, respectivamente, responderam positivamente), enquanto outras são mais comuns apenas àqueles produtores com perfil tecnológico mais avançado, como utilização de fertirrigação e adoção de MIP (com respostas positivas para 40,1% e 21,4% dos produtores, respectivamente). Assim, resolveu-se não somar simplesmente o número de atividades realizadas em cada dimensão básica, mas sim, dar maior peso àquelas atividades relacionadas com perfis tecnológicos mais avançados. A ponderação, portanto, foi feita tomando-se o inverso do percentual de produtores que realizam a atividade. No caso da dimensão de “gestão”, por exemplo, as cinco atividades apresentaram os seguintes valores: a) informática = $1/18,6\% = 5,4$; b) planejamento = $1/87,9\% = 1,1$; c) controle de custos = $1/63,0\% = 1,6$; d) telefone = $1/95,9\% = 1,0$; e e) internet = $1/22,1\% = 4,5$. A soma destes valores resulta em 13,7 e, dividindo-se cada valor por este montante, chega-se ao peso θ , ou seja: a) $\theta_{\text{informática}} = 5,4/13,7 = 0,39$; b) $\theta_{\text{planejamento}} = 1,1/13,7 = 0,08$; c) $\theta_{\text{controle de custos}} = 1,6/13,7 = 0,12$; d) $\theta_{\text{telefone}} = 1,0/13,7 = 0,08$; e e) $\theta_{\text{internet}} = 4,5/13,7 = 0,33$. Assim, o índice da dimensão “gestão” seria encontrado somando-se a quantidade de respostas positivas ponderadas pelo valor θ referente a cada questão.

Para todas as dimensões básicas, foi realizado esse mesmo processo, encontrando-se um valor entre zero e um para identificar o nível tecnológico relacionado a cada dimensão específica (quanto mais próximo de

um, mais avançado seria o produtor). Por fim, para calcular o índice de tecnologia, realizou-se o mesmo processo, desta vez considerando que algumas dimensões básicas são tratadas com maior frequência do que outras. Assim, verificou-se que a média do índice calculado para a dimensão “produção” foi equivalente a 0,57, enquanto para a dimensão “pós-colheita” chegou a 0,17 e para “gestão” a 0,36. Estes resultados remetem que, na amostra estudada, é mais comum que os produtores realizem atividades relacionadas à dimensão de produção; enquanto são menos frequentes atividades inerentes à gestão e à pós-colheita. Dessa maneira, com o objetivo de dar maior peso às dimensões básicas mais comuns àqueles produtores com perfil tecnológico mais avançado, o inverso dos valores médios calculados, para cada dimensão, correspondeu a: a) produção = $1/0,57 = 1,76$; b) pós-colheita = $1/0,17 = 5,81$; e c) gestão = $1/0,37 = 2,75$. Assim, os pesos θ calculados resultaram em: a) $\theta_{\text{produção}} = 1,76/10,31 = 0,17$; b) $\theta_{\text{pós-colheita}} = 5,81/10,31 = 0,56$; e c) $\theta_{\text{gestão}} = 2,75/10,31 = 0,27$. Por fim, o índice de tecnologia seria calculado somando-se os valores dos índices obtidos em cada dimensão básica ponderados pelo valor θ respectivo, encontrando-se um valor entre zero e um, em que aqueles produtores mais próximos da unidade seriam caracterizados por maior nível tecnológico associado a suas atividades.

Anexo 2

Índice de Diversificação de Simpson

Quanto à diversificação, utilizou-se como *proxy* o Índice de Diversificação de Simpson (SID), como proposto no estudo de Singh, Kumar e Singh (2006). Referido índice pode ser expresso como:

$$SID = 1 - \sum_{i=1}^N W_i^2 \quad ; \quad W_i = \frac{X_i}{\sum_{i=1}^N X_i}$$

X_i representa a renda adquirida pelo produtor com a i -ésima cultura, enquanto W_i é a renda proporcional auferida com a i -ésima cultura na renda total do produtor. Assim, quanto maior a participação das receitas com a i -ésima cultura sobre o total de renda da propriedade, mais próximo da unidade será o valor de W_i . Caso o produtor explore apenas uma cultura, o valor de W_i será equivalente a 1, enquanto o índice SID será equivalente a zero. Assim, se o SID calculado para dada firma toma o valor zero, significa dizer que a mesma caracteriza-se por total especialização em uma única cultura. Do contrário, caso o índice seja igual a 1, o produtor diversifica plenamente as culturas possíveis. Singh, Kumar e Singh (2006) utilizaram o Índice de Simpson tratando X_i como a área cultivada pelo produtor com a i -ésima cultura. Contudo, neste estudo, preferiu-se calcular a diversificação levando-se em conta a renda auferida pelo produtor com cada cultura, já que, na ótica da firma, a importância de certa cultura será dada pela renda que ela produz.

