



Revista de Economia e Agronegócio - REA  
ISSN impresso: 1679-1614  
ISSN online: 2526-5539  
Vol. 15 | N. 1 | 2017

## EFICIÊNCIA TÉCNICA DOS PRODUTORES DE MANGA DO VALE DO SÃO FRANCISCO

### RESUMO

O objetivo geral deste trabalho é analisar a eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, localizado no Vale do São Francisco, bem como investigar as variáveis que afetam sua ineficiência. Para tanto, foi utilizado o método de Análise Envoltória de Dados (DEA) em Dois Estágios, com a técnica bootstrap. Os principais resultados apontaram que escolaridade, o comércio exterior e a interação com instituição de pesquisa tendem a elevar os níveis de eficiência, enquanto dívidas e outras atividades econômicas levam a reduzir tais escores.

**Palavras-chave:** Manga; Eficiência; Polo Petrolina/Juazeiro.

### ABSTRACT

The overall goal of this work is to analyze the technical efficiency of the mango producers in Irrigation District Senator Nilo Coelho located in San Francisco Valley; as well as investigate the variables that affect its inefficiency. Therefore, the two-stage data envelopment analysis (DEA) was used with the bootstrap technique. The main results pointed out that schooling; foreign trade and interaction with research institutions tend to raise levels of efficiency, while debts and other economic activities lead to reduce these scores.

**Keywords:** Mango; Efficiency; Juazeiro/Petrolina Polo.

**JEL Code:** Q10; Q15.

### Juliana de Sales Silva

*Estudante de Doutorado em  
Economia Aplicada, Universidade  
Federal de Viçosa*

E-mail: [julianasalesilva@live.com](mailto:julianasalesilva@live.com)

### Monaliza de Oliveira Ferreira

*Doutora em Economia; Professora  
Adjunta, Núcleo de Gestão do  
Campus Acadêmico do Agreste,  
Universidade Federal de  
Pernambuco*

E-mail: [monaliza.ferreira@ufpe.br](mailto:monaliza.ferreira@ufpe.br)

### João Ricardo Ferreira de Lima

*Doutor em Economia Aplicada,  
Pesquisador da Empresa Brasileira  
de Pesquisa Agropecuária,  
EMBRAPA Semiárido*

E-mail: [joao.ricardo@embrapa.br](mailto:joao.ricardo@embrapa.br)

Recebido em: 14/04/2016  
Aceito em: 31/10/2016

## INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira exhibe crescimento nas exportações, sendo este aumento decorrente da localização geográfica privilegiada do País em relação a outros países e das boas condições edafoclimáticas<sup>1</sup>, associadas aos investimentos públicos e privados em capacitação, tecnologia, infraestrutura e logística, que, conjuntamente, são fatores determinantes para o progresso e competitividade do setor (BRASIL/MAPA, 2007; VITTI, 2009). A fruticultura irrigada, segundo Silva *et al.* (2004), tem se destacado como uma atividade dinâmica, produzindo alimentos de maior valor agregado, com um processo produtivo que tem por base tecnologias mais modernas capazes de tornar a atividade mais competitiva.

De acordo com o Anuário Brasileiro da Fruticultura 2013 (2013), o Brasil ocupa o terceiro lugar no *ranking* mundial da produção de frutas, estando atrás apenas da China e da Índia. Quanto às exportações, o Brasil exporta 25 espécies de frutas frescas, que têm como principais destinos, Holanda, Reino Unido, Espanha, Argentina, Estados Unidos e Uruguai. Dentro do cenário da fruticultura brasileira, a manga se destaca como uma das mais produzidas e comercializadas no País.

Os maiores produtores mundiais de manga são a Índia, a China e o México. No Brasil, o estado de São Paulo tem a maior área colhida, enquanto na Região Nordeste, estão os mais tecnificados sistemas de cultivo da fruta, principalmente no Vale do Submédio São Francisco (LIMA *et al.*, 2009), responsável por mais de 85% das mangas exportadas pelo País.

A manga, no ano de 2012, foi responsável pela maior receita de exportação entre as frutas exportadas pelo Brasil, 127 mil toneladas, totalizando US\$ 137 milhões, segundo dados da Secretaria de Comércio Exterior do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio (MDIC), divulgado pelo Anuário Brasileiro da Fruticultura (2012; 2013), e tem como principais destinos a Europa e os Estados Unidos, em virtude da pequena oferta dos concorrentes e pela apreciação do dólar no último trimestre de 2011. Já em 2013, segundo dados do BRASIL/MDIC/AliceWeb (2014), o Brasil exportou 122 mil toneladas de manga, gerando uma receita de US\$ 147 milhões.

Mesmo com este bom desempenho, outros países têm aumentado sua produção. Na América do Sul, Equador e principalmente o Peru têm os menores custos de produção (LIMA, 2013), possibilitando-lhes se tornar fortes concorrentes dos produtores brasileiros, afetando a situação econômica, principalmente dos pequenos produtores. Diante deste cenário, a questão central deste trabalho é a análise da eficiência técnica dos pequenos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, localizado no Vale do São Francisco. Como desdobramento deste

---

<sup>1</sup> Condições relacionadas ao solo e ao clima.

objetivo, busca-se investigar as variáveis que afetam a eficiência destes produtores. Este trabalho apresenta relevância por aprofundar o entendimento da situação atual da eficiência técnica dos pequenos produtores de manga no Nilo Coelho, que, normalmente, são os mais afetados pelo aumento da concorrência no mercado internacional.

## REVISÃO DE LITERATURA

### O Vale do São Francisco e o mercado de manga

O Vale do São Francisco está localizado entre o oeste do estado de Pernambuco e o norte do estado da Bahia, com clima semiárido tropical, e área de mais de 360 mil hectares irrigáveis (LIMA *et al.*, 2009; VALEXPORT, 2012). As condições climáticas favoráveis, alta luminosidade, disponibilidade de água de boa qualidade para irrigação, baixa incidência de doenças, disponibilidade de mão de obra barata, abundante e de boa qualidade, baixa precipitação anual e umidade relativa do ar são benéficas com relação às condições fitossanitárias e permitem uma produção planejada durante o ano (SOUZA *et al.*, 2002; GUIMARÃES, 2007). A maior parte da produção é destinada ao mercado interno (LIMA *et al.*, 2009). No entanto, em torno de 85% das exportações brasileiras do fruto foram provenientes do Vale do São Francisco em 2013 [BRASIL/MDIC/AliceWeb (2014)].

O Brasil é o sétimo 7º maior produtor de manga do mundo, estando atrás da Índia, China, Tailândia, Indonésia, Paquistão e México (FAO, 2013). No setor de exportação, o Brasil está em quarto lugar, atrás apenas da Índia, México e Holanda (FAO, 2013). Entretanto, a Holanda ocupa tal colocação por ser a responsável pela distribuição das frutas na Europa. De acordo com o Anuário Brasileiro da Fruticultura 2013 (2013), foram destinados para Holanda 39,28% do total exportado no ano de 2012, sendo então distribuídos por todo o continente.

Vitti (2009) destaca que, de 1995 a 2005, a receita com exportações da fruta brasileira aumentou 257%, resultado dos projetos de irrigação do Vale do São Francisco, que são voltados para o mercado externo. A Tabela 1 faz uma comparação entre as exportações da Região do Vale do São Francisco e o Brasil. Verifica-se, portanto, como já mencionado anteriormente, que boa parte da manga exportada é proveniente do Vale do São Francisco (Tabela 1).

**Tabela 1 – Comparação entre as exportações brasileiras de manga e as do Vale do São Francisco (2000-2013)**

ANO	Em kg			Em US\$1.000,00 (FOB)		
	Vale	Brasil	Participação	Vale	Brasil	Participação
2000	57.200	67.172	85%	37.180	43.550	85%
2001	81.155	94.291	86%	43.443	50.814	85%
2002	93.559	103.598	90%	45.962	50.894	90%
2003	124.620	138.189	90%	68.256	75.744	90%
2004	95.745	111.181	86%	55.541	64.304	86%
2005	101.097	113.882	89%	65.669	72.654	90%
2006	101.172	114.694	88%	77.422	86.052	90%
2007	101.880	116.048	88%	76.159	89.643	85%
2008	117.518	133.725	88%	101.124	118.704	85%
2009	92.628	110.202	84%	77.430	97.388	80%
2010	108.238	124.694	87%	99.002	119.930	83%
2011	105.856	126.431	84%	114.985	140.910	82%
2012	106.970	127.002	84%	109.903	137.589	80%
2013	102.601	122.010	84%	118.837	147.482	81%

Fonte: BRASIL/MDIC/AliceWeb (2014).

### Eficiência técnica e econômica

Segundo Farrell (1957), eficiência divide-se em eficiência técnica e eficiência alocativa: a primeira está relacionada à habilidade da firma em obter o máximo de produto, com base em um dado conjunto de insumos, e a segunda, à capacidade da firma em empregar os insumos em dimensões ótimas, dados seus preços relativos. Assim, a combinação dessas eficiências resulta na eficiência econômica total.

No que tange à análise de eficiência na produção agrícola, a avaliação do desempenho dessas unidades de produção acarreta a análise da produtividade. Coelli (1995) expõe duas formas de se obter o aumento de produtividade: a primeira seria por meio de mudanças tecnológicas (novos fertilizantes, planos de rotação de cultura etc.), que causam um movimento ascendente da fronteira; e a segunda, por procedimentos que garantam o uso mais eficiente da tecnologia (por exemplo, treinamento dos agricultores na tecnologia praticada), que faz com que as unidades operem mais próximas à fronteira. Essas duas formas de melhoria da produtividade (progresso tecnológico e aumento de eficiência) requerem políticas de ação diferenciadas.

Segundo Toresan (1998), a análise da eficiência produtiva de unidades de produção agrícola, além de estabelecer instrumento de *benchmarking* para os agricultores, fornece subsídios importantes para a pesquisa e extensão, na medida em que revela as possibilidades de expansão da produção via melhoramento da eficiência e marca as principais fontes de ineficiência.

Portanto, quando se almejam estratégias, planejamentos e tomadas de decisões na produção, é feita uma avaliação da eficiência da unidade produtiva. Para Gomes *et al.* (2003), a eficiência de uma unidade produtiva é examinada pela comparação entre os valores observados e os valores ótimos de seus produtos (*outputs*) e recursos (*inputs*). Ainda segundo os autores, tal comparação pode ser feita, de forma sintetizada, pela razão entre a produção observada e a produção potencial máxima alcançável, dados os recursos disponíveis, ou pela razão entre a quantidade mínima necessária de insumos e a quantidade efetivamente empregada, dada a quantidade de produtos gerados.

Na literatura econômica, diversos estudos têm como objetivo analisar eficiência do setor agrícola, casos de Chavas e Aliber (1993), Sarris *et al.* (1999), Souza (2003), Vicente (2004), Paul *et al.* (2004), Sowlati (2005) e Gomes *et al.* (2005). Esses estudos são importantes tanto do ponto de vista teórico quanto empírico, pois podem ser úteis para dar suporte à formulação de políticas para redução da ineficiências na agricultura.

Para analisar a eficiência de 406 produtores de arroz de Bangladesh, Coelli *et al.* (2002) utilizaram o modelo DEA (*Data Envelopment Analysis*) e um modelo *Tobit* para identificar os determinantes da eficiência. Foi observado que as propriedades produziram escores de ineficiência, que divergiam de medidas simples de custo de rendimento e unidade. Quanto aos determinantes, as fazendas com famílias grandes tiveram uma relação negativa com a eficiência, enquanto maior acesso ao mercado de insumos e maior tempo dedicado apenas à atividade agrícola apresentaram relação positiva com a eficiência.

Silva e Sampaio (2002) investigaram a eficiência técnica dos colonos dos perímetros irrigados em Petrolina (PE) e Juazeiro (BA), utilizando duas abordagens de estimação diferentes: paramétrica (fronteira de produção estocástica e determinística) e não paramétrica (fronteira de produção DEA e FDH - *Free Disposal Hull*). Os resultados apontaram que os perímetros mais eficientes tecnicamente são aqueles que estão há mais tempo emancipados e administrados por cooperativas.

Helfand e Levine (2004) analisaram e explicaram a eficiência técnica dos estabelecimentos rurais do centro-oeste brasileiro, tendo como base dados do Censo Agropecuário de 1995/1996. Foram utilizados um modelo DEA para estimar a eficiência e regressões para explicar esta eficiência. Os autores encontraram relação em forma de U entre eficiência e tamanho dos estabelecimentos.

Magalhães e Campos (2006) avaliaram a eficiência técnica de 40 produtores de leite do município de Sobral, no Ceará, também pelo modelo DEA. Os autores observaram que quase 70% dos produtores da localidade são ineficientes e que permanecem na atividade possivelmente pelo alto custo de saída.

Buscando verificar, além da eficiência técnica, os fatores que influenciam tal eficiência, Santos *et al.* (2009) utilizaram a metodologia não paramétrica DEA para medir a eficiência técnica de 228 talhões de café de Minas Gerais e o modelo econométrico *Tobit* para identificar os fatores que influenciam a variação dos escores de ineficiência. Os resultados obtidos mostraram que a maioria das lavouras cafeeiras analisadas apresenta ineficiência técnica.

Mariano e Pinheiro (2009), além de utilizar os mesmos métodos de Santos *et al.* (2009), empregaram o modelo FHD para estudar a ineficiência técnica da agricultura familiar no Projeto de Irrigação do Baixo Açu. Em seus resultados, observaram baixa eficiência dos agricultores da localidade. Quanto ao que pode estar relacionado à ineficiência técnica, os autores encontraram que maior idade, escolaridade, tempo no lote e acesso a crédito diminuem a ineficiência desses produtores.

Barros *et al.* (2012), buscando analisar os diferenciais de eficiência técnica entre os produtores agrícolas do Vale do São Francisco e identificar os fatores que explicam as variações nesses escores, utilizaram a metodologia DEA-V e o modelo econométrico *Tobit*. Os autores observaram que atributos como porte e experiência do produtor, tecnologia e acesso à assistência técnica tendem a elevar os níveis de eficiência, enquanto idade e diversificação produtiva reduzem tais escores.

Ainda no que concerne aos produtores da Região do Vale do São Francisco, Sampaio *et al.* (2012) buscam analisar os ajustes ambientais na eficiência dos produtores de fruticultura irrigada, pela metodologia DEA, em dois estágios, considerando variações no preço e na produtividade. Os autores observaram que o modelo considerando tais variações gerou maiores níveis de eficiência, mais concentrados em torno da média, ou seja, ao corrigir a influência ambiental na fruticultura irrigada, o processo de decisão dos produtores foi mais homogêneo.

## METODOLOGIA

Para analisar o nível de eficiência técnica dos pequenos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, localizado na Região do Vale do São Francisco, far-se-á a utilização do método DEA em Dois Estágios. Para tanto, conforme Simar e Wilson (2007), no primeiro estágio serão estimados os escores de eficiência (DEA), seguidos dos determinantes da ineficiência (modelo *Tobit*). No segundo estágio, será adicionando o procedimento *bootstrap*, permitindo fazer a inferência estatística.

### Análise Envoltória de Dados (DEA) – primeiro estágio

A metodologia de Análise Envoltória de Dados (DEA) foi desenvolvida inicialmente por Charnes *et al.* (1978) e ficou conhecida na literatura por modelo CCR (sigla com as iniciais de Charnes, Cooper e Rhodes). Esse modelo trabalha com retornos constantes de escala e assume proporcionalidade entre *inputs* e *outputs*. Posteriormente (1984), surgiu o modelo BCC (sigla com as iniciais de Banker, Charnes e Cooper), passando a considerar retornos variáveis de escala, isto é, substitui o axioma da proporcionalidade pelo axioma da convexidade (GONÇALVES *et al.*, 2008; Ji e LEE, 2010).

Anjos (2005) expõe que a distinção de retornos constantes e variáveis de escala está pautada nos componentes da eficiência produtiva, que são a eficiência de escala e a eficiência técnica. O modelo CCR é empregado para calcular o indicador de eficiência de escala e o modelo BCC, a eficiência técnica. Neste trabalho, o problema de programação linear a ser considerado é o de orientação pelo produto e a hipótese de retornos variáveis de escala. Essa escolha ocorreu pela não utilização da proporcionalidade entre insumos e produtos pelos produtores estudados.

A medida de eficiência para cada DMU é obtida pela razão entre a soma ponderada dos produtos e a soma ponderada dos insumos. Para a *i*-ésima DMU, tem-se:

$$\text{Eficiência da DMU}_i = \frac{\mu' y_i}{v' x_i} = \frac{\mu_1 y_{1i} + \mu_2 y_{2i} + \dots + \mu_m y_{mi}}{v_1 x_{1i} + v_2 x_{2i} + \dots + v_k x_{ki}} \quad (1)$$

em que  $\mu$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de pesos associados aos produtos;  $v$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de pesos associados aos insumos;  $y$  refere-se aos produtos; e  $x$ , aos insumos utilizados na *i*-ésima DMU.

Para calcular a eficiência da *i*-ésima DMU pelo DEA BCC, Coelli *et al.* (1998) utilizaram o seguinte modelo:

$$\text{MIN}_{\theta, \lambda} \theta,$$

$$\text{sujeito a:} \quad (2)$$

$$- y_i + Y\lambda \geq 0,$$

$$\theta x_i - X\lambda \geq 0,$$

$$N_1' \lambda = 1,$$

$$\lambda \geq 0,$$

em que  $\theta$  é um escalar, cujo valor será a medida de eficiência da *i*-ésima DMU;  $\lambda$  é um vetor de constantes ( $n \times 1$ ), em que os valores são calculados para obter a solução ótima;  $y_i$  é um vetor ( $m \times 1$ ) de quantidade de produtos da *i*-ésima DMU;  $x_i$  é um vetor ( $k \times 1$ ) de insumos da *i*-ésima

DMU;  $Y$  é uma matriz de produtos, de dimensão  $(n \times m)$ ;  $X$  é uma matriz de insumos, de dimensão  $(n \times k)$ ; e  $N_1$  é um vetor  $(n \times 1)$  de algarismos unitários. Nota-se que o problema de programação linear deve ser resolvido  $n$  vezes, um para cada DMU, visto que  $q$  deve ser obtido para cada DMU (GOMES; BAPTISTA, 2004; SANTOS *et al.*, 2009).

Jackson e Fethi (2000) revelam que, quando os resultados são esperados para orientar as políticas destinadas a melhorar desempenho, após a mensuração da eficiência relativa, é interessante explicar os escores de eficiência da DEA através da investigação dos determinantes de tal eficiência técnica. Desta forma, tem sido habitual utilizar um processo em duas fases. Para o autor, na primeira fase, a eficiência técnica é fixada numa tecnologia de referência, enquanto na segunda etapa, os escores de eficiência da DEA são explicados por variáveis relevantes não diretamente incluídas na análise DEA.

Gonçalves *et al.* (2008) relatam que os escores de eficiência DEA têm valores máximos iguais a 1, ou seja, é truncado neste valor. Assim, o modelo *Tobit* é sugerido na segunda fase como uma adequação do modelo estatístico multivariado, para considerar as características da distribuição de medida de eficiência.

### **Tobit - segundo estágio**

Para investigar as variáveis que determinam a ineficiência dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho, utiliza-se, no segundo estágio, o modelo econométrico *Tobit*, que originalmente foi desenvolvido por Tobin (1958) e é conhecido como modelo regressão truncada ou censurada, cujos erros esperados são diferentes de zero.

De acordo com Greene (2012), o modelo *Tobit* padrão pode ser definido da seguinte maneira:

$$y_i^* = \beta' x_i + \varepsilon_i \quad (3)$$

$$y_i = y_i^* \text{ se } y_i^* > 0,$$

$$y_i = 0 \text{ caso contrário}$$

em que é normalmente distribuído, com média zero e variância constante de  $\sigma^2$ , isto é,  $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$ ;  $y_i^*$  é a variável-índice ou variável latente;  $y_i$  é escore DEA;  $x_i$  é o vetor das variáveis explicativas;  $\beta$  é o vetor dos parâmetros a serem estimados; e  $\varepsilon_i$  é o termo de erro.

Apesar de o escore de eficiência ter limite superior igual a um, Fethi *et al.* (2000) indicam usar a truncagem em zero. Assim, o escore de eficiência da DEA é transformado, e o valor truncado é concentrado em zero:

$$y_i = (1/\theta) - 1 \quad (4)$$



Portanto, para Santos *et al.* (2009), tendo escore da DMU de eficiência igual a 1 transformado para zero, os escores menores que 1 tornam-se valores positivos. Dessa forma, a equação estimada (3) revela que variáveis reduzem a ineficiência.

Como já mencionado, no método utilizado por Simar e Wilson (2007), após a estimação do escore de eficiência do DEA, para contornar os problemas na segunda fase, como os relacionados à estimativa e à inferência, é proposto o uso de dois algoritmos envolvendo o uso de regressão truncada e do procedimento de reamostragem *bootstrap*. No algoritmo<sup>2</sup> número um, os autores buscam melhorar a inferência sobre o vetor de parâmetros  $\beta$  e o termo de erro  $\varepsilon_i$  do seguinte modelo de regressão:

$$\hat{y}_i = \beta'x_i + \varepsilon_i \quad (5)$$

em que  $\hat{y}_i$  é o estimador DEA,  $x_i$  é o vetor (1x r) de variáveis exógenas. Já no algoritmo número dois, tem o mesmo objetivo do número um, mas com utilização de um *bootstrap* paramétrico para correção do viés presente em  $\hat{y}_i$ .

### Dados, definição das variáveis e amostra

Os dados utilizados neste trabalho são de natureza primária, obtidos por levantamentos de campo, conduzidos pelo projeto da EMBRAPA Semiárido, via questionários aplicados diretamente aos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho. O Distrito está localizado na Região do Vale do São Francisco e é, de acordo com a CODEVASF (2016), o polo mais desenvolvido em agricultura irrigada da Região, sendo a manga responsável por 35% da área cultivada. O período de aplicação dos questionários foi de outubro a dezembro de 2013 e refere-se ao ano produtivo 2012/2013. O período de coleta de dados corresponde ao período com maior volume exportado de manga da localidade anualmente. Os questionários aplicados continham 44 variáveis envolvendo questões socioeconômicas, custo de produção, capital investido e percepção do produtor em relação ao mercado.

Para implicação da estimação da fronteira de produção dos mangicultores, cogente à investigação dos escores de eficiência, as variáveis utilizadas são baseadas em Silva e Sampaio (2002), Helfand e Levine (2004), Magalhães e Campos (2006) e Sampaio *et al.* (2012). Assim, foi utilizada como variável dependente tratada no método não paramétrico DEA, a quantidade produzida (QP) em kg, isto é, o montante de manga produzido na propriedade. As variáveis explicativas, por sua vez, foram a área colhida (A), a mão de obra (L), o capital (K) e os insumos (I). Portanto, o modelo buscou formar uma fronteira de produção determinística  $QP = f(A, L, K,$

<sup>2</sup> Mais detalhes dos algoritmos, ver Simar e Wilson (2007).

*I*), a partir da qual foi possível verificar as medidas de eficiência relativa para cada produtor.

Com respeito à área produzida (*A*), considerou-se a área colhida da propriedade, em hectares. Quanto à mão de obra<sup>3</sup> (*L*), foram utilizadas 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. Para o fator capital (*K*), considerou-se o inventário dos equipamentos depreciados e das benfeitorias utilizadas na propriedade. Finalmente, quanto aos insumos (*I*), foram utilizadas as despesas totais realizadas pelo negócio com a aquisição de adubos, defensivos, indutores, água, energia, aluguel de equipamentos e outros insumos citados espontaneamente pelo entrevistado.

No modelo econométrico *Tobit*, foram utilizadas variáveis que podem influenciar os níveis de eficiências do produtor de manga, baseadas em Coelli *et al.* (2002) e Mariano e Pinheiro (2009). Essas variáveis foram escolaridade, núcleo pertencente, comercialização com o exterior, interação com alguma instituição de pesquisa, existência de dívidas e se a propriedade desenvolve outra atividade econômica.

Quanto à amostra, foram entrevistados os produtores das variedades Tommy Atkins, Palmer, Keitt, Kent e Espada, por serem as de maior representatividade na produção e exportação da Região. Essas variedades perfaziam plantios de até 11 hectares, representando, assim, o pequeno produtor agrícola situado no projeto Nilo Coelho (ARAÚJO, 2004). A população total de pequenos produtores de manga da localidade é de 642 produtores. Dessa forma, pelo método de amostras aleatórias simples, considerando um erro amostral de 10% com significância de 95%, o tamanho da amostra foi de 85 produtores. Após a definição do tamanho da amostra, foram escolhidos aleatoriamente 85 produtores de manga, segundo a listagem da Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba (CODEVASF), que disponibilizou a localização de cada produtor. Assim, foram aplicados 85 questionários, mas utilizados apenas 73 neste trabalho, pela retirada dos *outliers*.

A opção por entrevistar agricultores de pequeno porte deveu-se à sua forte participação quando se considera o número de produtores que atuam na Região. Portanto, destaca-se que a amostra deve representar suficientemente os atributos da localidade, podendo compendiar conclusões sobre os determinantes do nível de eficiência entre seus produtores.

---

<sup>3</sup> Cabe ressaltar 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 valor da diária na agricultura de R\$35,00. Quanto à mensuração do custo de oportunidade, considerou-se para todos os entrevistados 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.

## RESULTADOS

### Estatística descritiva dos dados

Para auxiliar na interpretação dos resultados, foram realizadas estatísticas descritivas da amostra utilizada, tendo sido obtidas as médias e proporções das variáveis dos modelos DEA e *Tobit*.

A Tabela 2 mostra que o produtor de manga obteve uma média de R\$63.365,32 pela sua produção. A área de manga colhida teve um tamanho médio de 3,7 hectares. Já os custos com insumos - gastos na propriedade com adubos, defensivos, indutores, água, energia, aluguel de equipamentos e outros insumos - apresentaram um valor médio de R\$14.319,55. A média do capital foi de R\$53.911,79, sendo este o inventário dos equipamentos depreciados e benfeitorias utilizadas na propriedade. Por fim, a variável mão de obra, em que estão incluídas a mão de obra familiar e a contratada, exibiu um valor médio de R\$10.234,28.

**Tabela 2 - Estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo DEA**

Variáveis	Média	Erro padrão	Min.	Máx.
<i>Produção (R\$)</i>	63.365,32	5.738,09	9.000,00	260.000,00
<i>Área (ha)</i>	3,7	0,2517	3,4570	4,4583
<i>Insumos (R\$)</i>	14.319,55	1.015,03	3.458,00	45.585,00
<i>Capital (R\$)</i>	53.911,79	5.029,02	4.000,00	242.000,00
<i>Mão de obra (R\$)</i>	10.234,28	856,84	1.693,75	29.743,75

Fonte: Resultados da pesquisa.

A Tabela 3 apresenta as proporções das variáveis utilizadas para estimar os determinantes da ineficiência, por meio do modelo *Tobit*. Percebe-se, na proporção da variável *núcleo*, que as maiores proporções são dos núcleos 5, 4, 9, 6 e 10. Para a variável *escolaridade*, a categoria de maior destaque foi o fundamental (46,57%), seguido do ensino médio (24,65%) e superior (13,7%), evidenciado a baixa escolaridade dos produtores de manga da Região.

No tocante à exportação (*comércio exterior*), 8,2% dos produtores afirmaram que suas produções eram destinadas ao mercado internacional. A existência de *dívidas* esteve presente em 46,6% dos mangicultores. Ter algum tipo de interação com *instituições de pesquisa* obteve uma proporção de 19,2% e exercer outra atividade econômica além da fruticultura alcançou 49,3% da amostra.

**Tabela 3 – Estatística descritiva das variáveis utilizadas no modelo Tobit**

Variáveis	Proporção (%)	Erro padrão
<b>Núcleo</b>		
1	1,4%	0,01370
2	4,1%	0,02339
3	5,5%	0,26820
4	13,7%	0,04052
5	17,8%	0,04508
6	11,0%	0,03681
7	8,2%	0,03237
8	5,5%	0,02682
9	12,3%	0,03875
10	11,0%	0,03681
11	8,2%	0,03237
12	1,4%	0,01370
<b>Escolaridade</b>		
<i>Analfabeto</i>	9,59%	0,03470
<i>Fundamental</i>	46,57%	0,05879
<i>Médio</i>	24,65%	0,05080
<i>Técnico</i>	5,48%	0,02682
<i>Superior</i>	13,70%	0,04052
<i>Comércio Exterior</i>	8,2%	0,0323
<i>Dívida</i>	46,6%	0,0588
<i>Instituição de pesquisa</i>	19,2%	0,0464
<i>Outra atividade econômica</i>	49,3%	0,0589

Fonte: Resultados da pesquisa.

#### Níveis de eficiência estimados pelo método DEA

Para a obtenção dos níveis (scores) de eficiência técnica e a escala dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, foi considerada a pressuposição de retornos variáveis de escala (DEA BCC) com orientação *output*. É importante ressaltar que, assim como em Santos *et al.* (2009), foram considerados neste trabalho produtores eficientes aqueles que alcançaram níveis de eficiência acima de 0,90 e ineficientes os que obtiveram níveis abaixo desse valor.

Inicialmente, podem ser observados na Tabela 4 os níveis de eficiência e as estatísticas descritivas referentes aos produtores da amostra.

**Tabela 4 – Eficiência técnica dos produtores de manga, sob condições de retornos constantes e retornos variáveis**

<b>Escore de eficiência</b>	<b>Retornos constantes</b>	<b>Retornos variáveis</b>	<b>Eficiência de escala</b>
<i>Média</i>	0,594	0,633	0,941
<i>Máximo</i>	1,000	1,000	1,000
<i>Mínimo</i>	0,110	0,110	0,667
<i>Desvio padrão</i>	0,249	0,261	0,070
<i>Produtores eficientes</i>	2	12	12
<i>% da amostra</i>	2,7%	16,4%	16,4%

Fonte: Resultados da pesquisa.

Conforme a Tabela 4, sob a pressuposição de retornos constantes, verificou-se que do total de produtores, apenas dois foram tecnicamente eficientes, o que correspondeu a 2,7% do total da amostra. A média de ineficiência ficou em 0,406 (1-0,594), indicando que, nos produtores de manga ineficientes, há possibilidade de reduzir o uso de insumos em 40,06%, em média, mantendo-se, mesmo assim, o nível de produção.

Passando a considerar retornos variáveis, observou-se que a eficiência técnica média aumentou de 0,594 para 0,633. Essa diferença indica que 4 pontos percentuais, dos 40,06% de ineficiência técnica (modelo CCR), são devidos à ineficiência de escala. Ao considerar o modelo BCC, o número de produtores eficientes foi de 12, o que corresponde a 16,4% da amostra. Portanto, notou-se crescimento na média dos produtores eficientes quando se deixou de analisar retornos constantes e foram considerados retornos variáveis. Isto ocorreu porque, como já mencionado, segundo Gomes e Baptista (2004) os valores obtidos para eficiência técnica, com a pressuposição do BCC, são maiores do que os obtidos no CCR. Portanto, se uma DMU é eficiente neste último modelo, então ela também será eficiente no BCC. Além do mais, a existência de ineficiência de escala não é considerada no modelo BCC.

A medida de eficiência de escala também pode ser observada na Tabela 4 e exhibe a relação entre as medidas de eficiência técnica nos modelos CCR e BCC. Diante disso, quando o produtor operar em escala ótima, ele será considerado eficiente. Nesse sentido, observou-se que 12 produtores foram eficientes, tendo a média de ineficiência de escala sido de 0,941. Assim, percebeu-se que 16,4% dos produtores de manga do Nilo Coelho estavam produzindo em escala ótima de produção.

Tendo sido observado que 83,6% dos mangicultores apresentam ineficiência de escala, eles podem apresentar retornos crescentes ou decrescentes, impondo a pressuposição de retornos não crescentes à escala no modelo BCC. A distribuição dos produtores segundo o tipo de retorno pode ser observada na Tabela 5.

**Tabela 5 - Distribuição dos produtores de manga segundo o tipo de retorno**

<b>Escala de produção</b>	<b>Número de produtores</b>	<b>%</b>
<i>Retornos crescentes</i>	59	80,8
<i>Retornos constantes</i>	12	16,5
<i>Retornos decrescentes</i>	2	2,7
<i>Total</i>	73	100

Fonte: Resultados da pesquisa.

Entre os produtores da amostra, notou-se que 59 têm escala de produção com retornos crescentes, significando que apenas 80,8% do total da amostra poderia melhorar sua situação, em termos de eficiência, caso houvesse crescimento na escala de produção.

Quanto aos que têm retornos constantes, apenas 12 produtores do total da amostra apresentaram tal retorno, ou seja, apenas 16,5% tinham escala eficiente. Por fim, estiveram com retornos decrescentes dois produtores, o que correspondeu a 2,7% do total, evidenciando que o nível de eficiência seria maior, se tivessem escala menor de produção.

A Tabela 6 apresenta uma comparação entre os cinco produtores mais eficientes e os cinco menos eficientes, estimados pelo modelo BCC, com orientação *output*, isto é, em que a eficiência do produtor será alcançada quando se obtiver o produto pela combinação ótima de insumos. Nesta comparação, foram utilizados os cinco produtores mais eficientes, que serviram de *benchmarks* para os cinco produtores menos eficientes. A Tabela 6 mostra, em negrito, os atuais valores da quantidade produzida em quilos, a área utilizada, os atuais custos com mão de obra e insumos e o valor atual do capital. Os valores entre parênteses dos cinco produtores menos eficientes representam os valores que deveriam ser diminuídos dos custos com mão de obra e insumos e do valor do capital para que estes produtores se tornassem eficientes, tendo como base os *benchmarks*.

Observou-se que os cinco produtores eficientes, ou seja, aqueles que obtiveram *score* igual a 1,0, servindo assim de *benchmark* para os outros produtores de manga, foram as DMUs 63, 34, 2, 23 e 27, que apresentaram, todas elas, retornos constantes de escala. No tocante ao primeiro produtor mais eficiente, percebeu-se que ele alcançou uma quantidade produzida de 180.000 kg, utilizando uma área de 6,5 ha de terra, teve R\$10.762,50 em gastos com mão de obra, R\$16.100,00 com insumos e R\$4.500,00 com capital, tendo conseguido vender sua fruta por R\$0,80. Este mesmo valor foi alcançado pelo segundo produtor mais eficiente, que, com uma área de 6 ha, teve uma produção de 260.000 kg, despendendo gastos de R\$26.726,25 com mão de obra, R\$38.492,00 com insumo e de R\$92.230,00 com capital. O terceiro, quarto e quinto produtores mais eficientes venderam suas frutas por R\$0,90, R\$0,37 e R\$1,30, respectivamente.

Apesar do baixo valor de venda da fruta do quarto produtor, ele se mostrou eficiente, e alguns dos fatores para este resultado podem ser devidos à grande área produção e à grande quantidade produzida.

Entre os cinco produtores menos eficientes, observou-se que, para aumentar a quantidade produzida do proprietário, através da utilização de forma ótima dos insumos, seriam necessárias algumas alterações nos gastos dos produtores. Assim, para que o produtor 69º do *ranking* pudesse aumentar sua produção, seriam necessárias reduções nos gastos com mão de obra e com capital, de forma que cada produtor estaria se localizando na fronteira de produção.

Para que o 70º colocado pudesse expandir sua quantidade produzida, ele deveria reduzir a utilização de sua área em 0,08 ha, assim, juntamente com uma diminuição nos gastos com insumos de R\$569,47 e de R\$8.447,83 com capital, este produtor se tornaria eficiente. Observou-se ainda que tanto o primeiro quanto o segundo produtor da classificação dos menos eficientes tinham rendimentos crescentes de escala, deste modo, um aumento dos *inputs* levaria a um crescimento mais que proporcional na produção.

Ainda entre os cinco produtores menos eficientes, o produtor de posição 71º apresentou também retornos crescentes de escala. Este produtor, para se tornar eficiente, utilizando como referência os produtores 27 e 63, deveria diminuir R\$744,20 e R\$ 3.124,81 com gastos com mão de obra e capital, respectivamente. Já o produtor 72º, que também apresentou retornos crescentes de escala, deve diminuir apenas o capital em R\$4.789,56, tendo como *benchmarks* as DMUs 2, 34 e 63.

Sendo assim, uma melhor utilização de todos esses *inputs* na produção provocaria uma diminuição nos custos e, conseqüentemente, uma maior eficiência para os produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho.

Tabela 6 - Comparação entre os cinco mais eficientes e os cinco menos eficientes produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho

Ranking	Escore	DMU	Benchmarks	Preço (R\$)	Produção (kg)	Área (ha)	Mão de obra (R\$)	Insumo (R\$)	Capital (R\$)	Retorno
1º	1	63	-	0,80	<b>180.000</b>	<b>6,5</b>	<b>10.762,50</b>	<b>16.100,00</b>	<b>4.500,00</b>	Constante
2º	1	34	-	0,80	<b>260.000</b>	<b>6</b>	<b>26.726,25</b>	<b>38.492,00</b>	<b>92.230,00</b>	Constante
3º	1	2	-	0,90	<b>90.000</b>	<b>2</b>	<b>6.303,500</b>	<b>25.440,00</b>	<b>242.000,00</b>	Constante
4º	1	23	-	0,37	<b>250.000</b>	<b>9,8</b>	<b>28.416,00</b>	<b>19.693,00</b>	<b>51.500,00</b>	Constante
5º	1	27	-	1,30	<b>95.000</b>	<b>2</b>	<b>10.558,25</b>	<b>16.940,00</b>	<b>7.800,00</b>	Constante
69º	0,1955	35	27; 63	1,20	<b>15.000</b> (338,57)	<b>2,3</b>	<b>10.885,00</b> (855,83)	<b>10.162,00</b>	<b>69.000,00</b> (12.712,30)	Crescente
70º	0,1655	5	34; 63	0,40	<b>30.000</b>	<b>7</b> (0,08)	<b>11.025,00</b>	<b>19.910,00</b> (569,47)	<b>57.000,00</b> (8.447,83)	Crescente
71º	0,1443	31	27; 63	1,20	<b>10.000</b> (178,99)	<b>2,5</b>	<b>9.537,50</b> (744,20)	<b>6.590,00</b>	<b>23.600,00</b> (3.124,81)	Crescente
72º	0,1403	48	2; 34; 63	1,30	<b>23.000</b>	<b>5</b>	<b>11.910,00</b>	<b>22.150,00</b>	<b>119.500,00</b> (4.789,56)	Crescente
73º	0,1102	30	23; 63	0,75	<b>12.000</b>	<b>4</b> (0,01)	<b>6.766,25</b>	<b>9.694,00</b>	<b>136.900,00</b> (14.686,40)	Constante

Nota: Valores em negrito referem-se as atuais quantidade de produção (kg), área (ha), mão de obra (R\$), insumo (R\$) e capital (R\$). Os dados entre parênteses referem-se aos valores dos cinco produtores menos eficientes que deveriam ser diminuídos para que estes se tornassem eficientes, tendo como base os *benchmarks*.

Fonte: Resultados da pesquisa.



### Modelo Tobit

Com o intuito de testar estatisticamente os determinantes da ineficiência dos produtores de manga da Região, foi feita a estimação do modelo Tobit (Tabela 7). É importante destacar que os coeficientes estimados representam o impacto de cada variável sobre a ineficiência técnica do produtor e, sendo assim, para interpretá-los em termos da eficiência técnica, devem-se inverter os sinais de cada coeficiente.

Tendo como referência os resultados apresentados na Tabela 8, verificou-se que todas variáveis consideradas no modelo se mostraram estatisticamente significantes, sendo, portanto, fatores importantes para explicar a ineficiência dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Nilo Coelho.

O parâmetro da variável núcleo mostrou sinal negativo, o que se pode deduzir que estando o mangicultor situado em um núcleo mais bem gerido e organizado, sua localização tem relação negativa com sua ineficiência.

A escolaridade apresentou sinal negativo, indicando, assim como encontrado por Mariano e Pinheiro (2009), que uma maior escolaridade tem uma relação negativa com o nível de ineficiência. Dos produtores analisados, apenas 13,7% tinham ensino superior completo, tendo a maior proporção de produtores ensino fundamental (46,6%). Dessa forma, a carência educacional dos produtores pode acabar prejudicando a absorção de novas práticas agrícolas, que podem ser passadas pela assistência dada, por exemplo, pelas instituições de pesquisa.

Com respeito ao coeficiente de comércio exterior, percebeu-se também relação negativa com a ineficiência, ou seja, o escoamento da produção de manga dos pequenos produtores do Vale do São Francisco ao mercado externo contribuiu para obtenção de maiores níveis de eficiência. Esse era um resultado esperado, uma vez que os produtores que fazem exportações são condicionados a produzir de acordo as exigências dos mercados europeus e americanos e, portanto, habituaram-se a utilizar a tecnologia da irrigação com maior “eficiência”.

Como esperado, a variável dívida apresentou sinal positivo, dando indícios de que a existência de dívidas por parte do produtor influenciou positivamente sua ineficiência. Um plausível motivo para este resultado pode ser a existência de dívidas dos produtores com a CODEVASF, referentes à amortização dos lotes titulados e ao pagamento de tarifa d’água do perímetro de irrigação da companhia, como destacado por Silva e Sampaio (2002). Outra possibilidade é o fato de alguns produtores buscarem obtenção de crédito, financiamento para investimento e custeio de sua produção e de este dinheiro poder estar sendo empregado de maneira errônea, acarretando não pagamento do financiamento, que pode acabar influenciando na ineficiência.

A variável interação com instituição de pesquisa apresentou efeito negativo sobre a ineficiência. Dessa forma, notou-se que a existência de algum suporte aos produtores agrícolas, como, por exemplo, um técnico agrícola, pode levar o agricultor a ter melhores resultados em termos de produtividade, o que vai ao encontro dos resultados de Helfand e Levine (2004), ao observarem que os estabelecimentos rurais do Centro-Oeste que recebem assistência técnica são mais eficientes.

Por fim, em relação à existência de outra atividade econômica (outra atividade), o coeficiente estimado foi positivo. Esse resultado evidenciou que o fato de o produtor de manga buscar diversificar suas fontes de ganhos, permitindo assim uma maior segurança financeira ao diminuir a vulnerabilidade diante de riscos edafoclimáticos e outros, está relacionado com sua ineficiência agrícola. Ao analisar fazendas produtoras de arroz, Coelli *et al.* (2002) também identificaram que exercer outra atividade não agrícola contribuiu para a ineficiência da propriedade.

## CONCLUSÕES

Este trabalho teve como propósito fazer uma análise dos níveis de eficiência técnica dos produtores de manga do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho, localizado na Região do Vale do São Francisco, bem como os determinantes que afetam sua ineficiência. Para tanto, foram aplicados 73 questionários aos pequenos produtores da Região.

Os principais resultados do DEA BCC, com orientação output, mostraram que esses produtores têm uma eficiência média de 0,594, considerando retornos constantes, e de 0,633, considerando retornos variáveis. A eficiência de escala obteve uma média de 0,941. Isso sugere que o perímetro irrigado Nilo Coelho possibilita a seus produtores, trabalhos em escala e com melhor utilização dos insumos na lavoura por meio, por exemplo, dos benefícios do sistema de irrigação. Também foi observado que 80,8% da amostra apresentou rendimentos crescentes de escala, indicando que é possível melhorar a situação em termos de eficiência, se houver crescimento na escala de produção.

Foi verificado que o principal input a sofrer modificações para que o produtor se torne eficiente é o capital, seguido da mão de obra, área e insumos. Assim, os produtores podem atingir maior quantidade produzida, se houver boa alocação os inputs utilizados.

Nesse sentido, no processo de identificação dos determinantes da ineficiência dos produtores de manga, foi observado que as variáveis que influenciaram negativamente (relação positiva com a eficiência) foram: núcleo, escolaridade, comércio exterior e interação com instituição de pesquisa. Já as variáveis que influenciam negativamente (relação negativa com a eficiência) foram: existência de dívidas e existência de outra atividade econômica por parte do produtor.

Dessa forma, estes resultados podem dar suporte a formulações de políticas públicas voltadas à melhoria na qualidade de ensino e instrução aos produtores da região bem como à ampliação da oferta, por parte do governo, de cursos técnicos e profissionalizante, que podem ser medidas com potenciais efeitos positivos de longo prazo sobre a eficiência agrícola dos produtores do Distrito de Irrigação Senador Nilo Coelho.

## REFERÊNCIAS

ANJOS, M. A. dos. **Aplicação da análise envoltória de dados (DEA) no estudo da eficiência econômica da indústria têxtil brasileira nos anos 90**. Tese (Doutorado) Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2005. 239 p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2012. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2012. 128p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DA FRUTICULTURA 2013. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2013. 136p.

ARAÚJO, J. L. P. **Mercado e comercialização da manga**. Embrapa Semi-Árido Sistemas de Produção, 2. 2004. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Manga/CultivodaMangueira/mercado.htm>> Acesso em: 10 de setembro de 2013.

BARROS, E. S.; XAVIER, L. F.; FONSECA, H. V. P.; COSTA, E. Eficiência na produção Agrícola do Pólo Petrolina/Juazeiro: Estimativa de Escores e seus Determinantes. In: 50º Congresso da SOBER, 2012, Vitória - ES. **Anais ... 2012**.

BRASIL/MDIC/ALICEWEB - Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet. Disponível em: <<http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>>. Acesso em: 16 de maio de 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA; Secretária de Política Agrícola - SPA; Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura - IICA. **Cadeias Produtiva de Frutas**. In: Série Agronegócio. Antônio Márcio Buainain e Mário Otávio Batalha (coordenadores). - Brasília, 2007. 102 p.

CHARNES, A., COOPER, W.W., RHODES, E. Measuring the efficiency of decision making units. **European Journal of Operational Research**, v. 2, 1978. p. 429-444.

CHAVAS, J. P.; ALIBER, M. An analysis of economic efficiency in agriculture: a nonparametric approach. **Journal of Agricultural and Resource Economics**, v. 18, n.1, 1993. p. 1-16.

CODEVASF - Companhia de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e Parnaíba. Disponível em: <<https://www.codevasf.gov.br/principal/perimetros-irrigados/polos-de-desenvolvimento-1/juazeiro-petrolina>>. Acesso em: 30 de setembro de 2016.

COELLI, T.J. Recent developments in frontier modelling and efficiency measurement. **Australian Journal of Agricultural Economics**, v. 39, n. 3. 1995. p. 219-245.

COELLI, T.; RAO, D.S.P.; O'DONNELL, C. J.; BATTESE, G. E. **An introduction to efficiency and productivity analysis**. Springer: United States of America, 2ª ed. 1998. 341 p.

COELLI, T.; RAHMAN, S.; THIRTLE, C. Technical, allocative, cost and scale efficiencies in Bangladesh rice cultivation: a non-parametric approach. **Journal of Agricultural Economics**, v. 53, n. 3, 2002. p. 607-626.

FARRELL, M. J. The measurement of production efficiency. **Journal of the Royal Statistical Society**, Series A, part III, 1957, p. 253-290.

FETHI, M. D.; JACKSON, P. M.; WEYMAN-JONES, T. G. Measuring the Efficiency of European Airlines: An Application of DEA and Tobit Analysis. In: **Annual Meeting of the European Public Choice Society**, Siena, Italy, 2000. 32 p.

FAO- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://faostat.fao.org>>. Acesso em: 18 abr. 2013.

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**. 1ed. Viçosa: UFV, v. 1. 2004. p. 121-160.

GOMES, E. G.; MANGABEIRA, J. A. de C.; MELLO, J. C. C. B. S. de. Análise de envoltória de dados para avaliação de eficiência e caracterização de tipologias em agricultura: um estudo de caso. **Revista de Economia e Sociologia Rural**. Rio de Janeiro, v. 43, n 04, out/dez 2005. p. 607-631.

GOMES, E. G.; MELLO, J. C. C. B. S de; BIONDI NETO, L.. **Avaliação de Eficiência por Análise de Envoltória de Dados: Conceitos, Aplicações à Agricultura e Integração com Sistemas de Informação Geográfica**. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2003. 39 p.

GONÇALVES, R. M. L.; VIEIRA, W. da C.; LIMA, J. E. de; GOMES, S. T. Analysis of technical efficiency of milk-producing farms in Minas Gerais. **Economia Aplicada**, São Paulo, v. 12, n. 2, 2008. p. 321-335.

GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 7ª ed., New York University: Prentice Hall, 2012. 1.231p.

GUIMARÃES, T. G.. **Visita técnica ao Pólo do Vale do São Francisco, em Petrolina, PE e Juazeiro, BA**. Platina, DF: Embrapa Cerrados. 2007. 34 p.

HELFAND, S. M.; LEVINE, E. S. Farm size and the determinants of productive efficiency in the Brazilian Center-West. **Agricultural Economics**, v. 31, n. 2-3, 2004. p. 241-249.

JACKSON, P. M.; FETHI, M. D. **Evaluating the technical efficiency of Turkish commercial banks: An Application of DEA and Tobit Analysis**. In: International DEA Symposium, University of Queensland, Brisbane, Australia, 2000, 19 p.

JI, Y. B.; LEE, C. Data envelopment analysis. **The Stata Journal**. v. 10, n. 2, 2010. p. 267-280.

LIMA, J. R. F. de. **Exportações de manga produzida no Submédio do Vale do São Francisco no Período de 2003 - 2012**. Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/956079/1/COT154.pdf>>. Acesso em: 6 de dezembro de 2013.

LIMA, M. A. C. de; SÁ, I. B.; KILL, L. H. P.; BORGES, R. M. E.; LIMA NETO, F. P.; SOARES, J. M.; LEÃO, P. C. de S.; SILVA, P. C. G. da; CORREIA, R. C.; SILVA, A. de S.; SÁ, I. I. S.; SILVA, D. F. da. **Subsídios técnicos para a indicação geográfica de procedência do Vale do Submédio São Francisco: Uva de Mesa e Manga**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2009. (Sérios Documentos, 222). 54p.

MAGALHÃES, K. A.; CAMPOS, R. T.. Eficiência técnica e desempenho econômico de produtores de leite no Estado do Ceará, Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 44, n. 4, 2006. p. 695-711.

MARIANO, J.; PINHEIRO, G. M. T. L. Eficiência técnica da agricultura familiar no projeto de irrigação do Baixo Açu (RN). **Revista Econômica do Nordeste**, v. 40, n. 2, 2009. p. 283-296.

MDIC/SECEX. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Aliceweb2**. Disponível em:<<http://alicesweb2.mdic.gov.br>>. Acesso em: 15 de abril de 2014.

PAUL, C.M; NEHRING, R.; BANKER, D. Scale economies and efficiency in U.S. agriculture: are traditional farms history? **Journal of Productivity Analysis**, v. 22, 2004, p. 185-205.

SAMPAIO, Y.; SAMPAIO, L.; BARROS, E. de S. Ajustes ambientais nos modelos DEA e a agricultura irrigada. **Economia Aplicada**, v. 16, n. 3, p. 381-397, 2012.

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 Economia e Sociologia Rural**. v.47, n.3, 2009, p. 677-698.

SARRIS, A.H.; DUCHA, T.; MATHIJS, E. Agricultural restructuring and in central and eastern Europe: implications for competitiveness and rural development. **European Journal of Agricultural Economics**, v. 26, n. 3, 1999, p. 305-329.

SILVA, J.L.M.; SAMPAIO, Y.S.B. A eficiência técnica dos colonos nos perímetros irrigados em Petrolina, Juazeiro: uma análise de modelos de fronteiras de produção. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 33, n. 2, 2002, p. 159-179.

SILVA, S. R. da; SILVA, L. M. R.; KHAN, A. S. A fruticultura e o desenvolvimento local: o caso do núcleo produtivo de fruticultura irrigada de Limoeiro do Norte – Ceará. **Revista Econômica do Nordeste**. Fortaleza, v. 35, n. 1, 2004. p. 39-57.

SIMAR, L; WILSON, P. Estimation and Inference in Two-stage, Semi-parametric Models of Production Processes. **Journal of Econometrics**, v. 136, 2007. p. 31-64.

SOUZA, D. P. H. de. **Avaliação de métodos paramétricos e não paramétricos na análise da eficiência da produção de leite**. Tese (Doutorado) Economia Aplicada, Universidade de São Paulo/Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. 2003. 136 p.

SOUZA, J. da S.; ALMEIDA, C. O. De; ARAÚJO, J. L. P.; CARDOSO, C. E. L. Aspectos socioeconômicos. In: GENÚ, P. J. de C., PINTO, A. C. de Q. **A cultura da mangueira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2002. p. 21-29.

SOWLATI, T. Efficiency studies in forestry using data envelopment analysis. **Forest Products Journal**, v. 55, n. 1, 2005, p. 49 – 57.

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

TORESAN, L. **Sustentabilidade e desempenho produtivo na agricultura: uma abordagem Multidimensional Aplicada a Empresas Agrícolas**. Tese (Doutorado) Engenharia da Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1998. 133 p.

VALEEXPORT. VALEEXPORT há 24 anos unindo forças para o desenvolvimento do Vale do São Francisco e da fruticultura brasileira. **Associação dos Produtores Exportadores de Hortigranjeiros e Derivados do Vale do São Francisco -VALEEXPORT**, 2012, Petrolina – PE.

VICENTE, J. R. Mudança tecnológica, eficiência, produtividade total de fatores na agricultura brasileira, 1970-95. **Economia Aplicada**, v. 8, n. 4, p. 729-760, 2004.

VITTI, A. **Análise da competitividade das exportações brasileiras de frutas selecionadas no mercado internacional**. Dissertação (Mestrado)

Ciências - Economia Aplicada, Universidade de São Paulo - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2009. 106 p.