

Análise de Eficiência Estimando Fronteiras Paramétricas Cobb-Douglas e Translog: o caso das empresas agrícolas do Pólo Petrolina-Juazeiro

Emanoel de Souza Barros

- * *Mestre em Economia pelo PIMES/ Universidade Federal de Pernambuco (UFPE).*
- * *Doutorando em Economia pela Université-Pantheon Sorbonne-Paris I, em Paris, na França.*
- * *Bolsista da CAPES.*

Ecio de Farias Costa

- * *Professor da Pós-Graduação em Economia (PIMES) / UFPE*
- * *Bolsista do CNPq.*
- * *PhD em Economia Agrícola, University of Georgia.*
- * *Professor do Departamento de Economia, UFPE.*
- * *Bolsista do Programa de Fixação de Recém-Doutores, PROFIX.*
- * *Post-Doctoral Research Associate, Department of Agricultural & Applied Economics.*

Yony Sampaio

- * *Professor Titular de Economia, Pós-Graduação em Economia (PIMES), UFPE.*
- * *Ph.D. em Economia, pela Universidade da Califórnia, 1973.*
- * *Consultor da CAPES e do CNPq.*
- * *Consultor das Nações Unidas e do Banco Mundial.*

Resumo

A irrigação iniciada no final da década de 1960 foi a principal responsável pelo marcante desenvolvimento ocorrido no pólo Petrolina-Juazeiro. Com a irrigação chegaram empresas agrícolas para a região antes voltadas para a pecuária extensiva. Supõe-se, então, que, a moderna tecnologia usada na irrigação, combinada com a utilização de insumos, permite um nível de produção próximo ou sobre a fronteira de produção. Estudos preliminares constataram haver marcada heterogeneidade entre as empresas, em que pese o uso de pacotes tecnológicos semelhantes e a fruticultura, hoje, ser a atividade predominante. Portanto, este trabalho visa analisar a eficiência técnica das empresas agrícolas do pólo, utilizando os modelos de funções Cobb-Douglas e Translog para obter fronteiras eficientes. A análise dos resultados mostra que ambos os modelos apresentam escores de eficiência parecidos. A análise comparativa entre os principais perímetros revela que a maior parte das firmas eficientes estão localizadas nos perímetros de Nilo Coelho, Maniçoba ou são externas ao perímetros. Recomenda-se a continuidade dos estudos para identificação dos fatores responsáveis pela ineficiência estimada.

Palavras-chave:

Cobb-Douglas; eficiência; irrigação; Translog; Empresas Agrícolas – Pólo Petrolina/Juazeiro; Fronteiras paramétricas.

1 – INTRODUÇÃO

O pólo Petrolina-Juazeiro vem experimentando nas duas últimas décadas um crescente dinamismo (SAMPAIO; SAMPAIO, 2002). Isto se deve, em grande parte, à implantação de perímetros de irrigação, muitos deles iniciados nas décadas de 1960 e 1970. A produção, antes da implantação, limitava-se a pequena agricultura tradicional de sequeiro. A iniciativa do setor público viabilizou a utilização intensiva da terra em áreas de baixa densidade demográfica (típicas do semi-árido), e, propiciou o estabelecimento de empreendimentos agrícolas e agroindustriais, gerando impactos diretos e indiretos sobre o emprego e a renda de grande magnitude e refreando o êxodo rural (OLIVEIRA et al.; 1991; SOUZA, 1995; VERGOLINO e VERGOLINO, 1987).

Dado esse quadro, o pólo tornou-se atrativo aos investimentos privados, ao lado das áreas de colonos, nos perímetros irrigados. Empresas do Centro-Sul do país e do exterior vieram investir em fruticultura, atraídas pela possibilidade de produção durante o ano todo e viabilidade de introdução de culturas de maior valor unitário e de base técnica mais elevada. Atualmente, o pólo está voltado para três atividades econômicas: fruticultura e olericultura irrigada, com potencial para diversificação de frutas exportáveis em larga escala, pecuária (ovina e caprina) e agroindústria processadora de frutas e produtos agropecuários (BANCO DO NORDESTE, 2001). Dentre as suas principais vantagens competitivas pode-se destacar: disponibilidade de terra e água de boa qualidade; mão-de-obra abundante; infra-estrutura de irrigação implantada em expansão; proximidade dos mercados europeu e norte-americano; e ciclo produtivo mais precoce, com altos níveis de produtividade. Os sentidos desta nova realidade estão fortemente direcionados a uma produção eficiente, eficaz e competitiva, capaz de se introduzir no mercado externo com elevado padrão de qualidade. As agroindústrias têm tido um papel fundamental nesse quadro, pois têm criado produtos derivados dessas novas culturas, agregando mais renda ao processo, além de gerar efeitos a montante e a jusante, através do encadeamento de setores

direta e indiretamente ligados ao fornecimento de matérias-primas e máquinas, comercialização e distribuição.

Estudos recentes, no entanto, têm contido indicações de que há marcada heterogeneidade entre as empresas da região (SAMPAIO; SAMPAIO, 2002). Mas nenhum estudo foi realizado em relação à eficiência das empresas, em contraste com os colonos, para os quais há análises recentes de eficiência (SILVA; SAMPAIO, 2002). Estudos de eficiência, ainda que exploratórios, são importantes por constatar efetivamente a presença de heterogeneidades e propiciar condições para estudos mais aprofundados das suas causas e das políticas potenciais voltadas para atenuação das disparidades encontradas.

Este trabalho tem três objetivos principais. O primeiro é estimar a eficiência técnica das empresas agrícolas na produção das culturas irrigadas do pólo Petrolina-Juazeiro, de forma agregada, utilizando o modelo paramétrico de estimação de fronteira estocástica, com distribuição *half normal*, através do Método de Máxima Verossimilhança. Serão utilizadas duas suposições básicas quanto à função de produção: a função de produção Cobb-Douglas e a função de produção Translog. O segundo é comparar os escores de eficiência entre as empresas agrícolas do pólo Petrolina-Juazeiro, de acordo com essas duas suposições quanto à fronteira. E, por último, verificar se os métodos produzem resultados semelhantes quanto ao *rank* de eficiência, podendo-se, no futuro, optar por apenas um deles.

2 – METODOLOGIA

Os dados a serem utilizados neste trabalho são provenientes da pesquisa “Investimentos Públicos e Privados em Agricultura Irrigada e Seus Determinantes sobre o Emprego e a Renda” (FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO – FADE, 1999), a qual abrangeu observações de colonos, empresas agrícolas e empresas agro-industriais da região do Vale do São Francisco. Cinquenta e duas empresas foram pesquisadas, distribuídas nos perímetros e fora dos perímetros. Dessas, somente

trinta e duas foram analisadas, sendo eliminadas as que apresentaram informações incompletas. A amostra inclui empresas localizadas nos perímetros Nilo Coelho (8), Maniçoba (7), Curaçá (2), Bebedouro (2) e fora dos perímetros (13). Estes dados são *cross-section*, e se referem apenas ao ano agrícola de 1998. A estimação da fronteira de produção foi feita com a agregação de todos os produtos, usando como variável dependente o valor da produção das culturas irrigadas. As variáveis exógenas foram área irrigada, que engloba a área cultivada com culturas irrigadas; insumos, representados pelos gastos com sementes, adubos, defensivos e herbicidas, água e energia; capital, que corresponde à soma dos custos com reparos de benfeitorias e equipamentos; e mão-de-obra, que corresponde ao trabalho familiar e contratado, medido em homens/ano.

2.1 – Modelos de Fronteira Paramétrica Estocástica Cobb-Douglas e Translog

A abordagem paramétrica de fronteira estocástica foi proposta inicialmente por Aigner e Chu (1972) e Meeusen e Van Den Broecker (1977). Esta abordagem consistiu basicamente numa tentativa de superar as limitações das fronteiras determinísticas, que não permitiam a presença de erros aleatórios, considerando todos os resíduos como ineficiência técnica das firmas, controlados pelas mesmas.

Há muitos excelentes resumos sobre a evolução da estimação de fronteiras de eficiência. Entre esses, citam-se os devidos a Silva (1999), Jondrow et al (1982), Tulkens (1993), Banker (1996) e Souza; Alves; Ávila (1997), tratando tanto de fronteiras paramétricas como não-paramétricas. Esses modelos têm sido aplicados para a agricultura brasileira (entre outros cita-se Conceição e Araújo (2000), Silva (1999) e Silva e Sampaio (2002)). De acordo com a visão determinística de modelo de fronteira, a tecnologia é representada por uma função como a Cobb-Douglas, dada por:

$$y_i = A \prod_{k=1}^K x_{ik}^{\beta_k} \exp(u_i) \quad (1)$$

Onde y_i é o vetor de produto, x_{ik} representa o vetor de insumos, A e β_k são os parâmetros a serem estimados e u_i representa o erro unilateral, captador da ineficiência técnica, de inteiro controle das firmas, sem a presença de erros aleatórios.

Já no modelo de fronteiras estocásticas, a estimação das fronteiras utiliza tecnologias que admitem um termo do erro dividido em duas partes: uma que mede a eficiência técnica, passível de controle pelas firmas; e outra que captura erros aleatórios, fora do controle das firmas, tais como chuvas, estiagens, entre outros. A função de produção, nesse caso, é representada por uma função como a Cobb-Douglas, dada por:

$$y_i = A \prod_{k=1}^K x_{ik}^{\beta_k} \exp(\varepsilon_i); \quad (2)$$

$$\varepsilon_i = v_i + \mu_i. \quad (3)$$

Onde y_i é o produto da firma, A e β_k representam os parâmetros a serem estimados, x_{ik} é o vetor de insumos, ε_i representa o termo do erro que está dividido em dois componentes: um, dado por v_i , no qual freqüentemente assume-se distúrbância *white noise* e distribuição normal, que captura os erros aleatórios fora do controle da firma; e, outro, dado por u_i , com distribuição assimétrica, que mede a eficiência técnica através da diferença entre o produto observado e o produto na fronteira. Este termo é não positivo ($u_i \leq 0$) e revela que o produto de cada firma deve estar localizado sobre a fronteira ou abaixo dela. Qualquer desvio é devido a fatores que estão dentro do controle das firmas como esforços do produtor, dos trabalhadores, entre outros. Seguindo a maioria dos estudos, considera-se a hipótese de que este erro unilateral possui distribuição *half normal*.

Os métodos de estimação para esse tipo de fronteira são os de Máxima Verossimilhança e o de Míni-

mos Quadrados Corrigidos (Corrected Ordinary Least Square, COLS). No entanto, o método de Mínimos Quadrados Corrigidos nem sempre funciona em algumas amostras, quando não é possível calcular o desvio padrão da distribuição *half normal*, σ_u ; e o desvio padrão da distribuição *white noise*, σ_v . Logo, será utilizado o método de Máxima Verossimilhança por ser mais abrangente na análise.

A função distribuição do erro composto é dada por:

$$f(\varepsilon_i) = \frac{\sqrt{2}}{\sigma_u \sqrt{\pi}} \left[1 - F(\varepsilon_i \lambda \sigma^{-1}) \right] \exp(-\varepsilon_i^2 / 2\sigma^2). \quad (4)$$

Onde $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$. $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$ e $F(*)$ é a função distribuição acumulada da normal padrão. A função log *likelihood* será, então:

$$\ln L(y / \beta, \lambda, \sigma^2) = N \ln \frac{\sqrt{2}}{\sigma} + N \ln \sigma^{-1} + \sum_{i=1}^N \ln \left[1 - F(\varepsilon_i \lambda \sigma^{-1}) \right] - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (5)$$

Utilizando o método proposto por Jondrow *et al.* (1982), onde se considera o valor esperado de u_i condicional a ε_i , em que v_i tem distribuição normal e tem distribuição *half normal*, será possível estimar os índices de eficiência de cada empresa agrícola. Este valor esperado tem a forma:

$$E(u_i / \varepsilon_i) = \mu_0 + \sigma_* \frac{f(-\mu_* / \sigma_*)}{1 - F(-\mu_* / \sigma_*)} \quad (6)$$

Onde f e F são a função densidade e a função distribuição acumulada da normal, respectivamente, $\frac{-\mu_*}{\sigma_*} = \varepsilon_i \lambda \sigma$, $\sigma^2 = \sigma_u^2 + \sigma_v^2$, $\sigma_*^2 = \sigma_u^2 \sigma_v^2 / \sigma^2$ e $\lambda = \sigma_u / \sigma_v$.

Uma vez obtidos os valores da distribuição de u_i , basta tomar a exponencial, $\exp(-E(u_i / \varepsilon_i))$, e

estimar a eficiência técnica de cada empresa agrícola, que estará situada no intervalo $[0, 1]$, com 0 representando completa ineficiência e 1 plena eficiência.

No caso do modelo de fronteira estocástica utilizando a função Cobb-Douglas, teremos:

$$\ln VP = \alpha + \beta_1 \ln AI + \beta_2 \ln INS + \beta_3 \ln K + \beta_4 \ln MO + \varepsilon_i \quad (7)$$

Onde VP representa o valor da produção, AI representa a área irrigada, INS os gastos com insumos, K os gastos com capital e MO traduz a quantidade de mão-de-obra utilizada. O valor da produção e os gastos com insumos foram medidos em reais; a área irrigada em hectares; o capital representou o somatório dos custos com reparos de benfeitorias e equipamentos; e, a mão-de-obra foi medida em homens/dia. Como já mencionado, o termo é composto por dois componentes, dados por $\varepsilon_i = v_i + \mu_i$, onde v_i representa erros aleatórios, fora do controle da firma como estiagens, chuvas, entre outros, dado por uma distribuição normal; e u_i representa o erro unilateral que mede a eficiência técnica através da diferença entre o produto observado e o produto na fronteira, com distribuição *half normal*.

Para o caso da função de produção Translog, teremos o seguinte formato:

$$\ln VP = \alpha + \beta_1 \ln(AI) + \beta_2 \ln(INS) + \beta_3 \ln(K) + \beta_4 \ln(MO) + \beta_5 (1/2 \ln^2 AI) + \beta_6 (1/2 \ln^2 INS) + \beta_7 (1/2 \ln^2 K) + \beta_8 (1/2 \ln^2 MO) + \beta_9 \ln AI \ln INS + \beta_{10} \ln AI \ln K + \beta_{11} \ln AI \ln MO + \beta_{12} \ln INS \ln K + \beta_{13} \ln INS \ln MO + \beta_{14} \ln K \ln MO + \varepsilon_i. \quad (8)$$

A principal diferença entre as funções de produção Cobb-Douglas e Translog é que a primeira trabalha com retornos de escala restritos aos mesmos valores para todas as firmas da amostra e elasticidade de substituição unitária igual a um. A Translog relaxa estas suposições dando maior flexibilidade ao modelo. A idéia por trás desse pressuposto é

que, devido à maior flexibilidade, os escores de eficiência sejam mais elevados que os da Cobb-Douglas. Outro ponto a salientar é que o modelo estocástico utiliza níveis relativos de eficiência, pois é raro encontrar firmas com eficiência perfeita, igual a 1. Isto se deve, em grande parte, ao fato de assumirmos um formato para a função de produção. A função Translog, por exemplo, tende a quantificar escores perto do valor unitário, talvez devido à sua maior flexibilidade.

3 – RESULTADOS

Estatísticas descritivas das 32 empresas que são analisadas neste trabalho são apresentadas na Tabela 1. Embora exista grande disparidade entre os valores mínimo e máximo, em sua maior parte as firmas utilizam os fatores disponíveis em patamares bastante equilibrados, necessários à garantia de valores de produção eficientes. Em média, as 32 firmas utilizaram 73,19 hectares de área irrigada com uma mão-de-obra de 65,82 homens/ano. Não foi verificada a presença de multicolinearidade, heterocedasticidade (testes de Glejser, de Park e de White), nem autocorrelação (Durbin-Watson) nos modelos Cobb-Douglas e Translog.

Os resultados quanto à estimação da fronteira estocástica de acordo com as funções de produção Cobb-Douglas e Translog estão explícitos na TABELA 2. No caso do modelo Cobb-Douglas, as variáveis significantes foram área irrigada e mão-de-obra, com sinal igual ao esperado. A variável área irrigada apresentou um coeficiente com maior resposta ao acréscimo do produto. Isto mostra a grande relação que existe entre produção e área irrigada. A variável mão-de-obra mostrou uma elasticidade

baixa, dando a entender que o efeito gerado pela adição de mais um trabalhador não afetará o valor da produção de modo tão expressivo. A estimativa do parâmetro λ , que mede a variabilidade das duas fontes de erro (a perturbação *white noise* e o erro unilateral), excedeu a unidade, atingindo o nível de 1,3389. Isto mostra que a variabilidade no valor da produção das culturas irrigadas deve-se, em sua maior parte, à ineficiência técnica e não a fatores aleatórios. Ou seja, reduzindo a ineficiência técnica das empresas pode-se obter melhores resultados quanto à produção e ao seu valor.

Já no caso do modelo Translog, as variáveis significantes foram insumos, mão-de-obra, o quadrado da área irrigada, o quadrado dos gastos com insumos, o quadrado do capital, a interação entre área irrigada e capital, a interação entre insumo e capital, a interação entre insumo e mão-de-obra e a interação entre capital e mão-de-obra. Contudo, a variável insumo e todas as suas possíveis interações apresentaram sinal contrário ao esperado. Talvez devido à má utilização dos insumos disponíveis, como o excesso de gastos com adubos, defensivos, ou até com água e energia. A interação entre capital e área irrigada apresentou sinal negativo. Isto pode ser explicado pelo fato de que um aumento em hectares na área utilizada para irrigação acarreta maiores despesas com maquinarias e novos equipamentos, de modo a manter a produção com o mesmo padrão de qualidade existente antes da expansão da área irrigada. As demais variáveis apresentaram sinal igual ao esperado. A variável mão-de-obra, por exemplo, apresentou um coeficiente maior que o coeficiente do modelo Cobb-Douglas, ou seja, o acréscimo de um trabalhador gerará um impacto sobre a produção de 3,08.

Tabela 1 – Estatísticas descritivas das variáveis usadas nos modelos Cobb-Douglas e Translog.

Variável	Unidade	Média	Desvio-Padrão	Mínimo	Máximo
Valor da Produção	Real (R\$)	787.358,62	859.904,18	4.167,00	3.060.708,00
Área Irrigada	Hectare	73,19	94,69	2,00	444,00
Gastos com Insumos	Real (R\$)	24.147,95	22.218,93	66,60	80.940,00
Gastos com Capital	Real (R\$)	52.618,38	36.953,05	9.056,36	161.239,40
Mão-de-obra	Homens/dia	65,82	106,38	0,92	610,00

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 2 – Resultados das estimativas das funções de fronteira estocástica.

	Cobb-Douglas		Translog	
	Coefficientes	t-student	Coefficientes	t-student
<i>Intercepto</i>	8,1664*	3,8875	20,7924*	20,9670
<i>Ln(área irrigada)</i>	0,7489*	4,8474	1,1614	1,5342
<i>Ln(insumos)</i>	- 0,0119	- 0,0879	- 4,0375*	- 5,2697
<i>Ln(capital)</i>	0,1524	0,6531	0,3490	0,4894
<i>Ln(mão-de-obra)</i>	0,3047*	2,3400	3,0808*	3,2576
<i>Ln²(área irrigada)</i>			0,1125*	4,9660
<i>Ln²(insumos)</i>			- 0,0854*	- 6,3406
<i>Ln²(capital)</i>			- 0,2393*	- 2,3659
<i>Ln²(mão-de-obra)</i>			0,0623	0,9404
<i>LnAI LnINS</i>			0,5915	2,1080
<i>LnAI LnK</i>			- 0,6372*	- 2,8152
<i>LnAI LnMO</i>			- 0,1469	- 1,8318
<i>LnINS LnK</i>			0,5847*	9,2420
<i>LnINS LnMO</i>			- 0,9311*	- 19,4331
<i>LnK LnMO</i>			0,6144*	22,2800
σ_u^2	0,5185		0,0122	
σ_v^2	0,2892		4,5398E-07	
μ			0,6602	
λ	1,3389			
<i>Log da função likelihood</i>	- 40,1535		- 17,6005	

* Significante ao nível de 5%.

Fonte: Elaboração dos autores.

Estes resultados mostram claramente a diferença que existe quando a hipótese de elasticidade de substituição unitária da função Cobb-Douglas é relaxada, como no caso do modelo Translog. Além do mais, os efeitos das interações existentes entre os diversos fatores permitem uma melhor visão do que possivelmente está afetando a eficiência das firmas.

Os escores de eficiência encontrados utilizando o modelo Cobb-Douglas foram bastante interessantes. Comparando as cinco empresas mais eficientes com as cinco empresas menos eficientes (TABELA 3), pode-se ver o contraste que envolve cada grupo. Ambos produzem uma variedade de culturas que possuem alto valor unitário e que são exportadas para o exterior com facilidade, como, por exemplo, uva e manga. A diferença é que as mais eficientes souberam utilizar melhor os recursos

disponíveis, como a área irrigada, a quantidade de trabalhadores, insumos, entre outros, de modo a agregar um maior valor à produção, enquanto que as menos eficientes talvez tenham utilizado de forma um pouco desordenada os recursos que estavam em seu poder, como a contratação de mão-de-obra excessiva, o não aproveitamento eficiente da área irrigada, os gastos elevados, entre outros. As cinco mais eficientes, em média, obtiveram em termos de produção R\$1.573.323,00 utilizando uma área irrigada média de 59 hectares, com 150 homens/ano, enquanto que as cinco menos eficientes, juntas, só conseguiram produzir, em média, R\$ 296.973,00 em produtos, utilizando uma área média de 111 hectares, com 57 homens/ano. Isto mostra que as firmas mais ineficientes possuem, em média, grandes extensões em área irrigada, com baixa quantidade de trabalhadores em atividade e baixo retorno em termos de valor da produção.

Tabela 3 – Dados referentes às firmas mais eficientes vs. menos eficientes (Cobb-Douglas).

Rank	Escore	Valor da Produção (reais)	Área Irrigada (ha)	Mão-de-obra (homens/ano)
1 ^a	0,8104	755.938	13,0	3,92
2^a	0,7635	929.620	16,0	66,14
3 ^a	0,7358	1.440.055	108,7	5,50
4 ^a	0,7105	2.000.000	80,0	65,69
5 ^a	0,7056	2.741.000	77,0	610,00
28 ^a	0,4145	175.000	40,0	65,36
29 ^a	0,4120	4.167	2,0	0,92
30 ^a	0,3985	1.200.050	444,0	146,15
31^a	0,3798	74.500	42,0	6,92
32^a	0,2042	31.150	25,2	67,45

Fonte: Elaboração dos autores

Comparando esses valores com os da TABELA 1, vê-se claramente que as empresas mais eficientes apresentaram área irrigada menor que a área irrigada média para todas as empresas, mas com nível de mão-de-obra superior ao nível médio geral. Isto mostra a capacidade que as empresas mais eficientes têm de obter maior valor agregado de produção com a utilização de áreas irrigadas menores propiciando mais empregos. Já as cinco firmas menos eficientes, utilizaram grandes extensões de área irrigada, mas não souberam equilibrar os demais fatores, como a quantidade de mão-de-obra, que foi muito reduzida.

Para o caso do modelo Translog, os resultados estão ilustrados na TABELA 4. A comparação entre as cinco mais eficientes com as cinco menos eficientes deste modelo mostra resultados semelhantes aos obtidos pelo modelo Cobb-Douglas. A característica básica das cinco mais eficientes é a utilização racional dos recursos disponíveis de modo a agregar um maior valor à produção. O valor médio da produção dessas empresas foi de R\$1.093.557,00, com utilização de uma área irrigada média de 98 hectares e de 43 homens/ano. As cinco menos eficientes mantiveram baixos níveis de valor agregado de produção, perfazendo o total

médio de R\$ 270.281,00 utilizando 37 hectares de área irrigada e 45 homens/ano. Essas empresas devem apresentar alguma deficiência no uso dos demais fatores. Talvez, problemas na interação de fatores, que podem, dependendo do tamanho do impacto dessa interação, ocasionar uma queda no valor da produção e, conseqüentemente, fazer o nível de eficiência decrescer. Ao se observar estes valores comparativamente com os apresentados na TABELA 1, vê-se que a área irrigada média do modelo Translog, para as cinco mais eficientes, foi maior que a área irrigada média das empresas como um todo e menor em termos de mão-de-obra em relação ao nível de mão-de-obra médio total. Isto revela outras possibilidades de alocação de recursos de modo a garantir melhores níveis de eficiência.

Comparando os modelos Cobb-Douglas e Translog, podemos notar que algumas das firmas permanecem na mesma posição ou perto delas em ambos os modelos. A segunda firma mais eficiente no modelo Cobb-Douglas, por exemplo, está também em segundo lugar entre as cinco mais eficientes do modelo Translog. As duas menos eficientes são as mesmas em ambas as abordagens. Para uma melhor visualização desse quadro, as firmas que apresentam mesmo *ranking* estão em negrito.

Outro ponto a ser levado em conta é que os escores de eficiência no modelo Translog chegaram mais perto da unidade, ou seja, as firmas que foram eficientes tiveram seus escores aumentados, enquanto que as ineficientes tiveram seus escores mais perto de zero. Isto ocorreu devido à flexibilidade desse tipo de função, que não impõe restrições à elasticidade de substituição unitária como no caso da Cobb-Douglas. A TABELA 5 ilustra os escores de eficiência distribuídos em classes para os dois modelos (Cobb-Douglas e Translog). O modelo Cobb-Douglas possui a maior parte de suas firmas situadas no intervalo entre 0,4 a 0,8, sendo que 37,50%

estão entre 0,4 e 0,6, e, 50% das firmas estão no intervalo 0,6 a 0,8, perfazendo um total de 87,50%. Já no modelo Translog, 34,37% das firmas estão situadas no intervalo entre 0,2 e 0,4, mas o maior peso está entre o intervalo 0,6 a 1, com 56,26% das firmas situadas nesta região. A novidade é que o número de firmas perto do nível ótimo de eficiência aumenta, passando de uma firma, no caso do modelo Cobb-Douglas, para nove firmas com o modelo Translog, representando 28,13% do total. OS GRÁFICOS 1 e 2 mostram, de forma mais nítida, a diferença de distribuição de eficiência nos dois modelos.

Tabela 4 – Dados referentes às firmas mais eficientes vs. menos eficientes (Translog).

Rank	Escore	Valor da Produção (reais)	Área Irrigada (ha)	Mão-de-obra (homens/ano)
1 ^a	0,9997	470.750	62	66,98
2^a	0,9991	929.620	16	66,14
3 ^a	0,9988	246.600	77	13,73
4 ^a	0,9838	3.064.875	322	65,73
5 ^a	0,9765	755.938	13	3,92
28 ^a	0,2502	929.620	55,2	65,52
29 ^a	0,2037	141.136	21,0	17,60
30 ^a	0,1993	175.000	40,0	65,36
31^a	0,1450	74.500	42,0	6,92
32^a	0,1241	31.150	25,2	67,46

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 5 – Comparação dos escores de eficiência entre os modelos paramétricos estocásticos.

Classes de Eficiência	Fronteira Cobb-Douglas		Fronteira Translog	
	Número de firmas	%	Número de firmas	%
0 a 0,2	0	0,00	3	9,37
0,2 a 0,4	3	9,38	4	12,50
0,4 a 0,6	12	37,50	7	21,87
0,6 a 0,8	16	50,00	9	28,13
0,8 a 1	1	3,13	9	28,13
Total	32	100	32	100

Fonte: Elaboração dos autores.

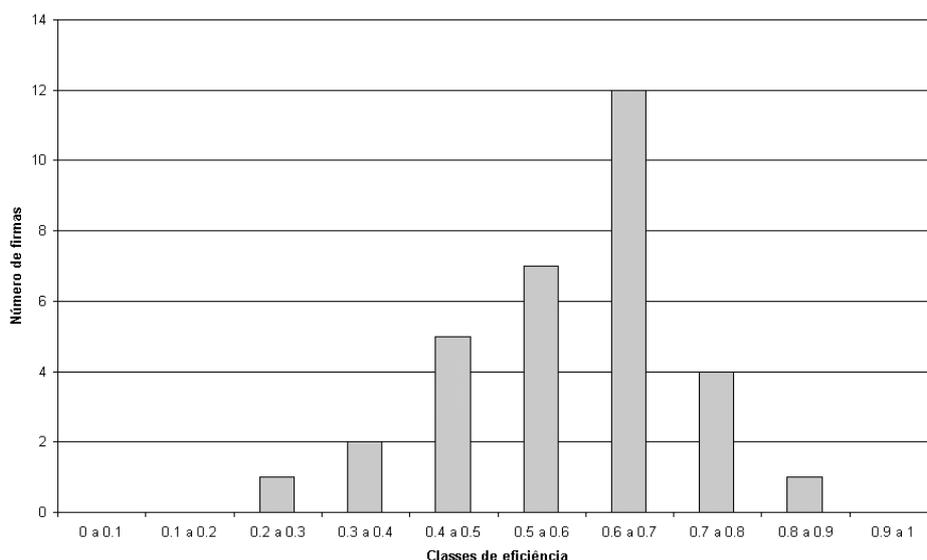


Gráfico 1 – Distribuição dos escores de eficiência – fronteira Cobb-Douglas.
Fonte: Elaboração dos autores.

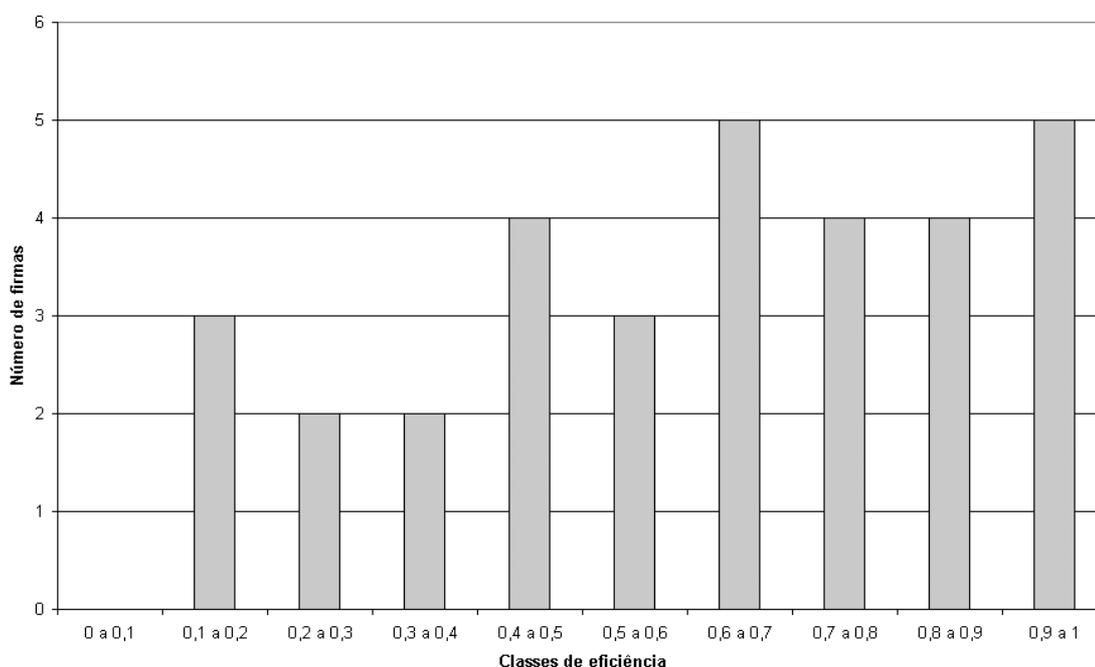


Gráfico 2 – Distribuição dos escores de eficiência – fronteira Translog.
Fonte: Elaboração dos autores.

Ao analisarmos o nível de eficiência segundo os perímetros de irrigação e as firmas externas aos perímetros, encontramos resultados interessantes. Para efeito de análise, consideram-se como eficientes as empresas que obtiveram escores no intervalo de 0,6 a 1. Para o modelo Cobb-Douglas, o número total de empresas que se enquadraram nesse perfil foi 17. A TABELA 6 mostra a distribuição das firmas eficientes segundo este modelo. Observa-se claramente

que das 8 empresas situadas no perímetro Nilo Coelho, por exemplo, 5 foram eficientes; das 7 pertencentes a Maniçoba, 3 apresentaram escore de eficiência igual a um, representando um total de 42,86% das firmas do perímetro; e, das 13 que estão situadas fora dos perímetros, 6 se mostraram eficientes. Conclui-se então que as empresas conseguiram, em sua maioria, assimilar as novas tecnologias e operar eficientemente, com uso racional de todos os insumos.

No modelo Translog, as firmas com níveis de eficiência entre 0,6 e 1 estão situadas nos perímetros Bebedouro, Curaçá, Maniçoba, Nilo Coelho e Externas aos perímetros. A TABELA 7 mostra este quadro. O número de firmas eficientes do modelo Translog, no geral, foi igual ao número de firmas eficientes do modelo Cobb-Douglas, perfazendo um total de 17. No entanto, a participação de firmas eficientes externas aos perímetros aumentou de 6 para 7.

Outra comparação interessante está na TABELA 8. Ela nos dá a localização de cada uma das cinco firmas mais eficientes dos modelos Cobb-Douglas e Translog, ou seja, qual o perímetro em que cada uma delas está instalada. No modelo Cobb-Douglas, das 5 mais eficientes, 3 estão situadas fora dos perímetros e 2 no perímetro Maniçoba. No modelo Translog, 3 das 5 mais eficientes também estão localizadas fora dos perímetros, uma no perímetro Maniçoba e uma no perímetro Nilo Coelho, sendo que as 2 mais eficientes estão fora dos perímetros. Isto vem demonstrar que o fator localização pode exercer grande influência na quantificação do escore de eficiência.

3.1 – Testando o Melhor Modelo

Ambos os modelos Cobb-Douglas e Translog mostraram resultados satisfatórios, do ponto de vista econométrico. Mas, qual dos dois explica melhor a situação do pólo Petrolina-Juazeiro? Qual deles responde mais adequadamente ao contexto da moderna agricultura irrigada que prevalece na região? Para isso, realiza-se um teste F entre os dois modelos para mostrar qual deles explica melhor os dados.

Dada a função de produção Translog (Equação 8), pode-se adotar a seguinte hipótese:

$$H_0: \beta_i = 0; (i = 5 \text{ a } 14).$$

Se a hipótese nula for aceita, o modelo estocástico Cobb-Douglas será o melhor modelo, caso contrário, o modelo estocástico Translog será aceito. A estatística F apresentada em Greene (2000) para testar a validade de um *set* de restrições lineares é dada por:

$$F = \frac{(e_1'e_1 - e_2'e_2) / J}{(e_2'e_2) / n - k_2} \quad (9)$$

Tabela 6 – Distribuição das firmas eficientes entre os Perímetros de irrigação (cobb-douglas)

Perímetro	Número de firmas	Firmas eficientes	% (por perímetro)
Bebedouro	2	1	50,00
Curaçá	2	2	100,00
Maniçoba	7	3	42,86
Nilo Coelho	8	5	62,50
Externas	13	6	46,15

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 7 – Distribuição das firmas eficientes entre os perímetros de irrigação (translog).

Perímetro	Número de firmas	Firmas eficientes	% (por perímetro)
Bebedouro	2	1	50,00
Curaçá	2	1	50,00
Maniçoba	7	5	71,43
Nilo Coelho	8	3	37,50
Externas	13	7	53,85

Fonte: Elaboração dos autores.

Tabela 8 – Comparação da localização das firmas mais eficientes.

Rank	Modelo Cobb-Douglas		Modelo Translog	
	Escore	Perímetro	Escore	Perímetro
1 ^a	0,8104	Maniçoba	0,9997	Externas
2 ^a	0,7635	Externas	0,9991	Externas
3 ^a	0,7358	Maniçoba	0,9988	Nilo Coelho
4 ^a	0,7105	Externas	0,9838	Externas
5 ^a	0,7056	Externas	0,9765	Maniçoba

Fonte: Elaboração dos autores.

Onde $e_1'e_1$ é a soma dos quadrados dos erros do modelo estocástico Cobb-Douglas, $e_2'e_2$ é a soma dos quadrados dos erros do modelo estocástico Translog, n é o número de observações, J é o número de restrições, k_2 é o número de parâmetros do modelo Translog.

A estatística F estimada foi igual a 2,80 e o valor crítico da tabela F é 2,54. Portanto, rejeita-se a hipótese nula de que o modelo Cobb-Douglas é o mais adequado para explicar a moderna agricultura irrigada do pólo. Ou seja, econometricamente, o modelo Translog apresenta-se mais eficiente. Do ponto de vista econômico, porém, o modelo Cobb-Douglas apresenta coeficientes mais consistentes com as características da moderna agricultura irrigada do pólo.

4 – CONCLUSÕES

Dada a análise efetuada, pode-se tirar várias conclusões. No caso do modelo Cobb-Douglas, por exemplo, a variável área irrigada apresentou maior resposta ao acréscimo do produto, mostrando a grande relação que existe entre produção e área irrigada. A variável mão-de-obra mostrou elasticidade baixa, dando a entender que o efeito gerado pela adição de mais um trabalhador não afetaria o valor da produção de modo tão expressivo. A estimativa de λ excedeu a unidade, demonstrando que a variabilidade no valor da produção das culturas irrigadas deveu-se, em sua maior parte, à ineficiência técnica e não a fatores aleatórios. Já no caso da função de produção Translog, a variável insumo e todas as

suas possíveis interações apresentaram sinal contrário ao esperado. A interação entre capital e área irrigada apresentou sinal negativo. Isto pode ser explicado pelo fato de que um aumento em hectares na área utilizada para irrigação acarreta maiores despesas com maquinarias e novos equipamentos. As demais variáveis demonstraram sinal igual ao esperado.

Os escores de eficiência foram parecidos entre os modelos Cobb-Douglas e Translog. Algumas das firmas permaneceram na mesma posição ou perto delas em ambos os modelos. Uma comparação entre os valores médios das variáveis valor da produção, área irrigada e mão-de-obra para as 32 empresas analisadas e os valores médios dessas variáveis para cada um dos modelos Cobb-Douglas e Translog entre as firmas eficientes e ineficientes revelou que as firmas ineficientes possuem baixo valor de produção, com excesso de área irrigada e pouca mão-de-obra. Recomenda-se análise das tecnologias adotadas, bem como da organização da empresa, que permita aprofundar as razões da ineficiência.

No modelo Translog, os escores de eficiência chegaram mais perto da unidade, ou seja, as firmas que foram eficientes tiveram seus escores aumentados, enquanto que as ineficientes tiveram seus escores mais perto de zero. Isto se deve à flexibilidade desse tipo de função, que não impõe restrições à elasticidade de substituição unitária. Do ponto de vista econométrico, o modelo estocástico Translog

apresentou melhor poder explicativo, conforme demonstrado pelo teste estatístico aplicado e pela reconhecida flexibilidade de adaptação da agricultura irrigada. No entanto, do ponto de vista econômico, o modelo Cobb-Douglas é mais consistente.

A análise comparativa entre os principais perímetros revelou que as firmas eficientes estão localizadas, em sua maior parte nos perímetros de Nilo Coelho e Maniçoba ou fora dos perímetros, principalmente fora. Esta constatação mostra que a experiência de implantação dos perímetros tanto foi bem sucedida em atrair empresas eficientes para os perímetros como para induzir a instalação de empresas igualmente eficientes fora dos mesmos.

Abstract

Irrigation practices started in the end of the 1960's and have been responsible for great development in the Petrolina/Juazeiro region. Irrigation also brought companies to the region that were before dedicated exclusively for cattle production. The main hypothesis of this study is that the high technology used on irrigation joined with the utilization of modern inputs, create a production level near or at the production frontier. Preliminary studies showed that there is heterogeneity among firms, even though the employed technology is equivalent and the products being produced are the same. Therefore, this work analyzes the technical efficiency of agricultural firms in that region using models with Cobb-Douglas and Translog functions to obtain efficient frontiers. Results show that both models have similar efficiency scores. The comparative analysis of the main perimeters revealed that most of the efficient firms are situated in the Nilo Coelho, Maniçoba, or are external of the perimeters. The result analysis recommends that further studies be conducted to identify the factors that are responsible for the estimated inefficiency.

key words:

Cobb-Douglas, efficiency, irrigation, Translog; Agricultural Companies – Petrolina/Juazeiro; Parametrical Frontiers.

REFERÊNCIAS

- AIGNER, D.J.; CHU, S.F. On estimating the industry production function. **American Economic Review**, v. 58, p. 826-839, 1968.
- BANCO DO NORDESTE. Disponível na Internet em: <<http://www.banconordeste.gov.br>> Acesso em 2001.
- BANKER, R. D. Hypothesis tests using data envelopment analysis. **The Journal of Productivity Analysis**, v. 7, p. 138-158, 1996.
- CONCEIÇÃO, J.C.P.R.; ARAÚJO, P.F.C. de. Fronteira de produção estocástica e eficiência técnica na agricultura. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 38, n. 1, p. 45-64, 2000.
- FUNDAÇÃO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO. **Investimentos públicos e privados em agricultura irrigada e seus impactos sobre o emprego e a renda nos pólos de Petrolina-Juazeiro e Norte de Minas Gerais**. Recife: UFPe, 1999. Relatório de Pesquisa.
- GREENE, W. H. **Econometric analysis**. 4th. ed. New York: Prentice-Hall, 2000.
- JONDROW, J. et al. On the estimation of technical inefficiency. **Journal of Econometrics**, v. 19, p. 233-238, 1982.
- MEEUSEN, W.; VAN DEN BROECK, J. Efficiency estimation from Cobb-Douglas production functions with composed error. **International Economic Review**, v. 18, n. 2, p. 435-444, June, 1977.
- OLIVEIRA, A.C. et al. **Impactos econômicos da irrigação sobre o pólo Petrolina/Juazeiro**. Recife: Ed. Universitária, 1991.
- SAMPAIO, Y.; SAMPAIO, E. **Ensaio sobre a economia da agricultura irrigada**. Recife: Ed. Universitária, 2002.
- SILVA, J. M. **A eficiência dos colonos na agricultura irrigada no Vale do São Francisco**. 1999 Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1999.

SILVA, J. M.; SAMPAIO, Y. A eficiência técnica dos colonos na agricultura irrigada no Vale do São do Francisco. **Economia Aplicada**, v. 6. n. 2, p. 265-285, abr.-jun. 2002.

SOUZA, G. S.; ALVES, E.; ÁVILA, A. F. D. Produtividade e eficiência relativa de produção em sistemas de produção de pesquisa agropecuária. **Revista Brasileira de Economia**, v. 51, n. 3, p.281-307, 1997.

SOUZA, H. R. Agricultura irrigada no semi-árido nordestino. In: GOMES, G. M., SOUZA, H. R.; MAGALHÃES, A. R. **Desenvolvimento sustentável no Nordeste**. Brasília, DF: IPEA, 1995.

TULKENS, H. An FDH efficiency analysis: some methodological issues and applications to retail banking, courts, in urban transit. **The Journal of Productivity Analysis**. v. 4, p. 183-210, 1993.

VERGOLINO, T.; VERGOLINO, J. R.. **Relações de trabalho e condições de vida dos trabalhadores na agricultura irrigada do submédio do São Francisco**. Recife: PIMES/UFPE, 1997. Relatório de Pesquisa.

Recebido para publicação em 09.MAI.2003.

