

Notas sobre a função de produção agropecuária agregada do Paraná¹

Udo Strassburg²
Nilton Marques de Oliveira³
Carlos Alberto Piacenti⁴
Moacir Piffer⁵

Resumo – O objetivo deste trabalho é estimar e analisar a função de produção agropecuária agregada do Paraná; especificamente, pretende identificar os principais fatores determinantes da produção e em que estágio de produção o estado se encontra. Para tanto foi efetuada uma análise econômica, com base nos dados do Censo Agropecuário de 2006, dos 339 municípios paranaenses com o uso da função de produção do tipo *Cobb-Douglas*. Os resultados obtidos indicaram que os fatores de produção estão sendo realizados em situação economicamente racional (estágio II), possuem retornos constantes à escala, e os fatores tecnologia (trator), financiamento e área, nessa ordem, mostraram-se determinantes na produção agrícola do estado.

Palavras-chave: elasticidades de produção, função de produção *Cobb-Douglas*, retorno à escala.

Notes on aggregate agricultural production function of the state of Paraná

Abstract – The aim of this work is to estimate and analyze the aggregate agricultural production function of the state of Paraná, Brazil; it specifically aims to identify the main determinants of production and at what stage of production the state is. Therefore an economic analysis was performed based on data from the Brazilian 2006 Agricultural Census related to the 339 municipalities in Paraná through the use of the Cobb-Douglas production function. The results indicated that the factors of production have been employed in an economically rational way (stage II), have constant returns to scale, and the technology (tractor), financing and area factors, in that order, proved to be determinant in the agricultural production of that state.

Keywords: production elasticities, Cobb-Douglas production function, return to scale.

¹ Original recebido em 24/3/2014 e aprovado em 6/5/2014

² Graduado em Ciências Contábeis, doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Universidade Estadual do Oeste do Paraná (Unioeste), Toledo, PR, professor da Unioeste, Cascavel, PR, pesquisador do Grupo de Pesquisa em Contabilidade e Controladoria. Rua Rodrigues Alves, 1.197, Jd. Maria Luiza, CEP 85819-670. E-mail: udo@udostrassburg.com.br

³ Economista, doutorando em Desenvolvimento Regional e Agronegócio pela Unioeste, professor da Universidade Federal do Tocantins (UFT), pesquisador dos Grupos de Estudos em Economia Aplicada e Interdisciplinar de Estudos e Pesquisa sobre Estado, Educação e Sociedade (Geipees) da UFT. E-mail: niltonmarques@uft.edu.br

⁴ Economista, doutor em Economia Aplicada, professor adjunto da Unioeste, professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, membro do Grupo de Pesquisa em Agronegócio e Desenvolvimento Regional (Gepec). E-mail: carlos.piacenti@unioeste.br

⁵ Economista, doutor em Desenvolvimento Regional, professor adjunto da Unioeste, professor do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Regional e Agronegócio, membro do Gepec. E-mail: mopiffer@yahoo.com.br

Introdução

O agronegócio é considerado um dos setores que geram a maior parte da riqueza produzida no Brasil. Essa produção vem aumentando a cada ano, destacando-se que o País produz alimentos não somente para suprir as necessidades internas, mas também para gerar excedentes destinados às exportações. A geração de excedentes continua sendo uma meta para o Brasil e para produtores agrícolas brasileiros, pois geram divisas e riquezas. E isso pode ser verificado com o aumento significativo das exportações feitas pelo Brasil, desde 1964, conforme destaca a Tabela 1.

Nota-se que as exportações foram crescentes; por exemplo, em 2011 o aumento foi de 32% em relação a 2010. O aumento médio, por ano, no período de 2000 a 2011, foi de 16,01%. Infere-se, portanto, que essa taxa de aumento é significativa e mostra que o Brasil está no caminho certo ao fortalecer o comércio externo por meio do agronegócio com outros países.

Em relação ao agronegócio e comércio exterior brasileiro, Jank et al. (2005) descreve que o agronegócio coloca o Brasil entre as nações mais competitivas do mundo na produção de commodities agroindustriais. Trazendo essa realidade para o Paraná, verifica-se que ela tende a sofrer acréscimos, pois o Paraná

Tabela 1. Exportações brasileiras por fator agregado, de 1964 a 2011 e de janeiro a abril de 2012.

| Ano | Valor (US\$) | Média mensal (US\$) |
|----------|--------------|---------------------|
| 1964 | 1.430,00 | 119,16 |
| 1970 | 2.738,00 | 228,16 |
| 1980 | 20.132,00 | 1.677,66 |
| 2000 | 55.086,00 | 4.590,50 |
| 2009 | 152.995,00 | 12.749,58 |
| 2010 | 201.915,00 | 16.826,25 |
| 2011 | 256.040,00 | 21.336,67 |
| 1-4/2012 | 74.646,00 | 18.661,50 |

Fonte: Brasil (2013).

está entre os maiores produtores de excedentes exportáveis do País.

A área geográfica escolhida para este trabalho é o Estado do Paraná, por contribuir de forma significativa na produção agropecuária brasileira. No Paraná o setor agropecuário experimentou importante transformação a partir da década de 1970, quando passou de propriedades rurais para empresas rurais e, posteriormente, para complexos agroindustriais.

Segundo Boni e Cunha (2002, p. 146),

[...] essa passagem para a agricultura dinâmica, comandada pelos Complexos Agroindustriais, foi uma das grandes responsáveis pelo processo de modernização e expansão da agropecuária [...] passaram a fazer parte do novo padrão industrial do estado, baseado agora em empresas de grande porte, que empregavam o uso de tecnologias modernas e produziam em grandes dimensões, voltadas para suprir não apenas o mercado nacional, mas também o mercado internacional.

Isso pode ser constatado pelos dados estatísticos referentes à produção agrícola no estado em 2011, quando a produção agropecuária foi de aproximadamente 27,8 milhões de reais, sendo 12% da produção animal e 88% da vegetal (IBGE, 2011).

Os destaques da cultura permanente foram o café e a laranja, que juntos renderam o valor de produção de R\$ 1.007,17 bilhão e ocuparam 58,79% da área plantada. Os destaques para a cultura temporária ficaram com a soja e o milho, que juntos renderam o valor de produção de R\$ 15,5 milhões e ocuparam 72,13% da área plantada. Os destaques para a pecuária foram ovos de galinha e leite, que corresponderam juntos ao valor de produção de R\$ 3,4 milhões.

O total da área plantada, de culturas permanentes e a temporárias, somou 9.913.841 ha. Desses, 2% foram de culturas permanentes e 98% de temporárias. Em termos de produtividade, a agropecuária paranaense com o decorrer do tempo utilizou dois elementos conjuntamente

te: o aumento gradativo da área e a aplicação de novas tecnologias a cada período.

No Paraná, a soja é a principal cultura que movimentou o agronegócio. Segundo dados do IBGE (2013), o estado é o segundo maior produtor de soja no Brasil, com o total de 10,9 milhões de toneladas, atrás somente do Mato Grosso, com 21,8 milhões de toneladas. Os dados mostram que o estado tem grande importância para o Brasil na produção de cereal. O Paraná é um estado dinâmico na produção agropecuária e tem sido importante absorvedor de tecnologias e investimentos para sua modernização. Consolidou-se na produção de lavouras mais tecnificadas, como as de soja, trigo e milho.

A estimação da função de produção agropecuária agregada para o Paraná é também uma agregação de tecnologias, em vários estágios. Dessa forma, a agregação representa a média desses estágios dos municípios e pode-se dizer que é importante para a caracterização tecnológica do setor agropecuário (ALVES, 2002).

Diversos autores têm trabalhos que estimam funções de produção do tipo *Cobb-Douglas*, com o intuito de entender como os fatores de produção estão combinados em determinado sistema produtivo. Lemos et al. (1984), citado por Alves (2002), analisaram as elasticidades parciais de produção e os valores das produtividades marginais e médias, para os fatores terra, capital e trabalho para os estados brasileiros. Curi (1997), citado por Alves (2002), fez uma análise da eficiência alocativa dos fatores de produção da agropecuária mineira, evidenciando que os mineiros usam os fatores de produção menos onerosos ao processo produtivo.

Oliveira e Marques (2002) estimaram essa função para o Mato Grosso; Alves (2002) fez um estudo para o Paraná, determinando os valores dos coeficientes das elasticidades de produção, os valores dos produtos marginais da terra, trabalho, investimento e capital.

Dias e Oliveira (2004), como um dos objetivos, fizeram uma análise da eficiência alocativa dos fatores de produção utilizados pela agrope-

cuária goiana, usando uma função de produção *Cobb-Douglas*, e evidenciaram que a variável investimento e financiamento foi a que apresentou maior sensibilidade, indicando que qualquer incentivo para aumentar o financiamento resulta numa variação crescente da produção para Goiás.

Resultados semelhantes obtiveram Oliveira et al. (2013) quando estimaram a função de produção agropecuária agregada dos 139 municípios do Tocantins. Os resultados obtidos indicaram que as variáveis área total, capital e mão de obra foram significativas para explicar a produção no estado.

Este trabalho se justifica pela relevância que o Paraná representa em termos de produção agrícola para o País e pelo grau de modernização e agroindustrialização pelo qual vem passando desde a primeira década do século 21. Para uma análise detalhada do que influencia a produção agrícola, será estimada a função de produção *Cobb-Douglas* e, por meio dela, serão analisadas as características da produção agropecuária agregada do Paraná.

Assim, o objetivo deste estudo é estimar e analisar a função de produção agropecuária agregada para o Paraná, com intenção de verificar e identificar os principais fatores determinantes da produção. A base de dados para aplicação do estudo foi a matriz do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2007). Os resultados obtidos podem ser utilizados como base para a verificação das políticas agrícolas necessárias para o bom andamento e desenvolvimento da atividade no estado.

O trabalho está dividido em quatro partes, além desta introdução: *Modelo teórico* e *Modelo empírico*, que tratam de metodologias aplicadas no trabalho; *Resultados e discussão* e *Considerações finais*.

Modelo teórico

Para a verificação dos níveis de eficiência da produção agrícola, em termos da maximização da utilização dos recursos empregados nessa

atividade, aplicou-se a Teoria da Produção, que possibilita a verificação da relação entre produção máxima obtida em determinado período e a utilização dos fatores de produção aplicados para alcançar os melhores resultados.

A função de produção é utilizada para identificar a ineficiência dos recursos produtivos utilizados no processo e até identificar as unidades produtivas eficientes e as ineficientes. Descobrem-se, assim as melhores práticas e as melhores formas de utilização dos recursos tecnológicos disponíveis.

Ela é geralmente utilizada para análise nas diversas atividades produtivas da economia, desde a atividade primária até o melhor processo de transformação de insumos em produtos acabados, desde a atividade agrícola até a industrial. Para Piacenti (2012), estar na fronteira de eficiência significa que a unidade organizada está usando a melhor prática entre as outras unidades, isto é, é aquela que melhor usa seus *inputs* para gerar seus *outputs*. Neste trabalho, entende-se por *inputs* tudo aquilo que é utilizado na atividade agrícola, inclusive as melhores práticas, para que se possa ter melhor produtividade, que são os *outputs*.

De acordo com Varian (2000) e Alves (2002), matematicamente a função de produção pode ser representada por

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) \quad (1)$$

em que Y é a variável dependente que corresponde à quantidade produzida, e x_1, x_2, \dots, x_n são as variáveis independentes que representam os fatores de produção.

A derivada parcial da função de produção em relação ao fator fornece o Produto Marginal do fator x_i ($PMgx_i$), mantendo os demais fatores constantes (DEBERTIN, 1986):

$$PMgx_i = \frac{\partial f}{\partial x_i} x_{j \neq i} = \text{constante} \quad (2)$$

O Produto Médio do fator x_i ($PMex_i$) é a relação entre as quantidades do produto e o fator em análise:

$$PMex_i = \frac{y}{x_i} \quad (3)$$

A elasticidade parcial de produção ϵx_i é igual à variação percentual do produto dividida pela variação percentual de insumo. Também é igual à relação entre $PMgx_i$ e $PMex_i$:

$$\epsilon x_i = \frac{\Delta\%y}{\Delta\%x_i} = \frac{PMgx_i}{PMex_i} \quad (4)$$

A elasticidade de produção é a razão entre variações relativas na produção e nos fatores. Indica a resposta em produção, provocada por variações nos fatores, isto é, mede a sensibilidade da produção em relação à mudança do nível de uso dos fatores.

Em uma função tipo *Cobb-Douglas*, a elasticidade de produção é dada pelos coeficientes de regressão, pois a elasticidade de uma função exponencial é dada pelo seu expoente. O parâmetro de retornos à escala, também chamado de função coeficiente por Debertin (1986), é dado pela soma das elasticidades parciais de produção dos n fatores da função de produção:

$$\epsilon = \sum_{i=0}^n \epsilon x_i \quad (5)$$

Neste trabalho foi utilizada a função *Cobb-Douglas*, que é a ferramenta que melhor auxilia na obtenção de informações que subsidiam estudos como este. Para estudos dessa natureza, a literatura indica a utilização da função do tipo *Cobb-Douglas*, visto que proporciona resultados importantes do ponto de vista da agregação. Isso facilita a interpretação, pois a função pode se tornar linear na forma logarítmica e se tornar de

fácil ajustamento. A forma funcional da produção tipo *Cobb-Douglas* é dada por

$$Y = A \prod_{i=1}^n X_i^{b_i} \quad (6)$$

ou

$$\ln Y = \ln A + \sum_{i=1}^n (\alpha_i \ln X_i + \mu_i) \quad (7)$$

em que

Y = produção total.

A = parâmetro de eficiência.

n = número de variáveis independentes.

α_i = elasticidade parcial de produção em relação ao i -ésimo fator.

X_i = quantidade da i -ésima variável explicativa.

μ_i = termo aleatório.

A função do tipo *Cobb-Douglas* possui características que permitem a realização de uma regressão linear múltipla.

A elasticidade parcial de produção identifica qual é o estágio da produção, na época de sua realização, destacando com que nível a produção foi realizada, em situação economicamente racional ou irracional, ou seja, ela quantifica a variação do volume de produção, relacionando-a com as variações na utilização dos insumos.

Se a elasticidade for parcial ($\epsilon_p > 1$), a produção está sendo realizada no estágio I, no qual o produto total cresce a taxas crescentes e decrescentes até o ponto em que a produtividade marginal do fator variável se iguala à produtividade média desse fator em seu máximo, isto é, corresponde aos rendimentos médios crescentes dos insumos. Se $0 < \epsilon_p < 1$, a produção está sendo realizada no estágio II – o produto total cresce a taxas decrescentes até seu máximo, sendo a produtividade marginal do fator variável sempre decrescente até o ponto em que ela se iguala a zero, correspondendo a rendimentos médios

decrescentes. Se $\epsilon_p < 0$, a produção está sendo realizada no estágio III, em que o produto total é decrescente, sendo a produtividade marginal do fator variável decrescente e negativa – isso significa que as unidades adicionais do insumo variável provocam declínio no produto total. Os estágios I e III são, portanto, considerados irracionais. Desse modo, a produção deve ocorrer nos limites do estágio II (VARIAN, 2000).

Outra vantagem da função do tipo *Cobb-Douglas* é a natureza dos rendimentos de escala que pode ser determinada pela soma dos coeficientes estimados pela regressão. Segundo Oliveira (1966, p. 34), as principais características da função tipo *Cobb-Douglas* são:

- Permite produtividade marginal constante, crescente e decrescente, mas só pode avaliar uma fase de cada vez.
- Estima uma elasticidade de produção constante, dada pelos coeficientes de regressão.
- A soma dos coeficientes indica os retornos à escala.
- A produtividade marginal de um recurso depende do nível dos outros recursos.
- Um recurso nunca pode ser completamente substituído por outro.
- Conduz a uma Taxa Marginal de Substituição (TMgS) constante quando os fatores variam em proporções fixas, isto é, a TMgS é constante na linha de escala.
- Facilita a derivação de produtos marginais.
- Permite maiores facilidades de computação porque poderá ser usada na forma logarítmica.
- Pode-se estudar grande número de variáveis sem que o processo estatístico se torne muito complicado.
- A TMgS é dada pela relação inversa das elasticidades de produção, isto é, multiplicando-se os coeficientes pela relação direta dos fatores considerados.

Como pode ser visto na relação acima, a função *Cobb-Douglas* permite uma série de inferências que possibilitam a análise e inter-

pretação dos procedimentos e tecnologias que estão influenciando com maior peso a produção no Paraná.

Modelo empírico

Neste trabalho, como foi dito, é utilizada a função de produção *Cobb-Douglas* agregada para o Paraná, para os 399 municípios, tendo como referência os dados do Censo Agropecuário de 2006 (IBGE, 2007). A função que melhor expressa o modelo empírico é

$$VPT = A \times AT^{\beta_1} \times K^{\beta_2} \times MO^{\beta_3} \times T^{\beta_4} \quad (8)$$

ou

$$LVPT_i = \beta_0 + \beta_1 LAT_i + \beta_2 LK_i + \beta_3 LMO_i + \beta_4 LT_i + \mu_i \quad (9)$$

em que

$LVPT_i$ é o logaritmo natural do valor da produção total agregada do setor agropecuário (animal e vegetal), em cada um dos municípios (R\$).

LAT_i é o logaritmo natural da área total (lavouras permanentes e temporárias; pastagens naturais e plantadas; matas naturais e plantadas), utilizada para os municípios (ha).

LK_i é o logaritmo natural do fluxo de capital (financiamento/investimento) total, que compreende todas as modalidades de crédito ou financiamento, segundo a origem (bancos, entidades governamentais e outras fontes) e a finalidade (investimento, custeio e comercialização) (R\$).

LMO_i é o logaritmo natural do fluxo de serviços da força de trabalho total ocupada que abrange todas as pessoas, com ou sem remuneração, que na data do Censo encontravam-se executando serviços ligados às atividades do estabelecimento. Os valores foram convertidos em equivalente-homem, com a seguinte ponderação: homens acima de 14 anos (1,0); mulheres acima de 14 anos (0,7).

LT_i é o logaritmo natural da quantidade de tratores de cada município.

β_j é o parâmetro associado à variável explicativa, $j = 0, 1, 2, 3, 4$.

μ_i é o resíduo associado à observação do município i , $i = 1, 2, 3, 4, \dots, 399$.

Usou-se, nas estimativas, o método de mínimos quadrados ordinários (MQO), levando-se em consideração os seguintes pressupostos (GUJARATI, 1995):

- $LVPT_i = \beta_0 + \beta_1 LAT_i + \beta_2 LK_i + \beta_3 LMO_i + \beta_4 LT_i + \mu_i$
- $E(\mu_i) = 0$
- $E(\mu_i^2) = \sigma^2$
- $E(\mu_i, \mu_j) = 0 \quad i \neq j$
- $LVPT_i$ são fixas
- Não há relação linear entre as variáveis explicativas
- $\mu \sim N(0, \sigma^2)$

Espera-se que os parâmetros β sejam positivos e atendam às seguintes hipóteses a serem testadas neste trabalho:

- 1) Um aumento (ou redução) na área total plantada tende a aumentar (ou reduzir) o valor da produção.
- 2) Um aumento (ou redução) no capital tende a aumentar (ou reduzir) o valor da produção.
- 3) Um aumento (ou redução) na mão de obra tende a aumentar (ou reduzir) o valor da produção.
- 4) Um aumento (ou redução) no número de tratores utilizados na propriedade tende a aumentar (ou reduzir) o valor da produção.

Atenta-se para o produto marginal do fator ($PMgx_i$), que não deve ser confundido com o valor do produto marginal do fator ($VPMgx_i$), já que se trabalhou com o valor da produção, pois é praticamente impossível trabalhar uma função

agregada de produção em termos de unidades físicas de produto.

O software Econometric EViews (versão 5.0) foi usado para a realização da regressão e dos testes econométricos, que são o teste t de *student* e o teste F.

Resultados e discussão

Nesta seção serão apresentados e discutidos os resultados obtidos pela estimação da função de produção *Cobb-Douglas* agregada. O modelo mostrou-se relevante para os fins analíticos pretendidos.

Estatísticas descritivas das variáveis

A Tabela 2 resume as estatísticas descritivas das variáveis utilizadas no modelo. A média do valor da produção agropecuária do Paraná foi de R\$ 31.076,78. O município que apresentou o maior valor de produção foi Porecatu, com R\$ 269.896,00, onde se destaca os cultivos de cana-de-açúcar e café e onde estão instaladas a Usina Central Paraná (agroindústria de álcool e cana) e a Cooperativa Agropecuária dos Cafeicultores de Porecatu (Cofercatu). O município de Matinhos (litoral paranaense) apresentou o menor valor de produção, com R\$ 321,00.

A área plantada no estado apresentou média de 29.801 ha. Observa-se que o município de Ortigueira apresentou a maior área plantada (144.005 ha), e o município de Pontal do Paraná apresentou a menor (288 ha).

A média do capital no Paraná foi de R\$ 11.430,70. O município de Terra Rica apresentou o maior valor de investimento e financiamento, com R\$ 108.317,00, e, em contrapartida, Matinhos apresentou a menor média de capital investido na propriedade, que foi da ordem de R\$ 50,00.

A média de mão de obra dos 399 municípios do Paraná foi de 3.215 trabalhadores (homens e mulheres acima de 14 anos). O município de Prudentópolis foi o que apresentou o maior número de trabalhadores no campo, com 24.211 empregados – esse município se destaca pelo cultivo de feijão. O município com menor número de empregados rurais foi Salgado Filho com 29. Por fim, a média de tratores no Paraná foi de 285. O município de Toledo foi o que apresentou o maior número, com 1.979, e Matinhos apresentou o menor, com 4 tratores.

Estimativa da função de produção

O modelo ajustado para a função de produção do tipo *Cobb-Douglas* mostrou-se relevante para os fins analíticos pretendidos. Os resultados econométricos indicaram que 63% da variação total ocorrida no valor da produção se explica pelas variações dos fatores terra, capital, mão de obra e trator. Os coeficientes das variáveis área total, capital e trator mostraram-se estatisticamente diferentes de zero, em níveis aceitáveis, enquanto o coeficiente do fator mão de obra foi não significativo em níveis convencionais.

Os fatores capital e trator mostraram-se significativos em nível de 1%, o que demonstra a

Tabela 2. Descrição das variáveis utilizadas.

| Variável | Amostra | Média | Valor mínimo | Valor máximo |
|--|---------|-----------|--------------|--------------|
| Valor da produção agrícola (R\$) | 399 | 31.076,78 | 321,00 | 269.896,00 |
| Área total (ha) | 399 | 29.801,48 | 288 | 144.005 |
| Capital (Investimento/financiamento) (R\$) | 399 | 11.430,70 | 50,00 | 108.317,00 |
| Mão de obra | 399 | 3.215 | 29 | 24.211 |
| Trator | 399 | 285 | 4 | 1.979 |

importância deles em termos de política agrícola para o Paraná (Tabela 3).

A estatística F (169,5185) demonstra a validade explicativa do conjunto das variáveis satisfazendo todas as pressuposições teóricas básicas do modelo de regressão linear clássico. Os testes t de *student* estimados para cada variável independente foram significativos a 1% e 5%, rejeitando assim H_0 para cada variável isolada e implicando que cada variável independente exerce explicação sobre o valor da produção. Para o teste de *Durbin-Watson*, observa-se que o $d_c = 2,21$ encontra-se na área de aceitação (com $\alpha = 5\%$), indicando que não há autocorrelação serial dos resíduos. Por meio do teste de *Park*, constatou-se que o modelo não é heterocedástico. Os erros μ_i que aparecem na regressão populacional são homocedásticos, ou seja, as observações têm a mesma variância.

O teste de normalidade dos resíduos foi feito por meio do teste de *Jarque-Bera* e apresentou o Valor-P de 25% de probabilidade de aceitar a H_0 de que os resíduos possuem distribuição normal. Para verificar a multicolinearidade foi feito o teste FIV (Fator da Inflação da Variância) e constatou-se que o FIV calculador foi menor que 5 em todas as etapas. A matriz de correlação entre as variáveis explicativas apresentou coeficientes de correlação relativamente baixos ($r < 0,75$), mostrando que não existe multicolinearidade no modelo.

A Tabela 4 mostra as elasticidades parciais de produção para cada fator, sua produtividade média, produtividade marginal e retornos à escala.

As elasticidades parciais de produção para cada fator são dadas diretamente pelos fatores na função *Cobb-Douglas* – 0,13; 0,27; 0,03; e 0,59, para os fatores área, capital, mão de obra e trator, respectivamente. Percebe-se que todos os fatores analisados na regressão estão na região racional de produção (estágio II de produção), que os valores de seus produtos marginais são positivos e suas elasticidades estão entre zero e um. Além disso, o valor da variável trator apresentou maior elasticidade parcial de produção (0,59).

A elasticidade total de produção é estatisticamente igual a um, o que traduz retornos constantes à escala (Tabela 4); dessa maneira, quando todos os fatores de produção forem aumentados em mil unidades, o valor da produção aumentará em R\$ 1.010,00. O fator terra apresentou elasticidade parcial de 0,13%, ou seja, para cada 1% de aumento nesse fator, a produção aumenta em 0,13%. O valor da produção é medido em R\$ 1.000,00. O último hectare plantado contribuiu para o aumento do valor da produção em R\$ 131,00 e R\$ 1.040,00 no produto médio. A elasticidade parcial do capital indica que o aumento de 1% provoca acréscimo de 0,27% no valor da produção. A unidade do fator R\$ 1.000,00 de capital tende a aumentar

Tabela 3. Estimativa da função de produção do setor agropecuário agregado, para o Paraná, em 2006.

| Variável | Coefficiente | Erros padrão | Valor de t |
|-----------|--------------|--------------|----------------------|
| Constante | 2,8982 | 0,4264 | 6,7961 |
| LAT | 0,1259 | 0,0593 | 2,1204** |
| LK | 0,2662 | 0,0506 | 5,26017* |
| LMO | 0,0292 | 0,0573 | 0,5096 ^{ns} |
| LT | 0,5893 | 0,0561 | 10,4940* |

| | |
|--------------|--------------------------------------|
| $R^2 = 0,63$ | Estatística F = 169,5185 |
| DW = 2,21 | Multicolinearidade FIV menores que 5 |

Notas: * significativo a 1%; ** significativo a 5%; ^{ns} não significativo. Nos testes econométricos (Park, FIV e de normalidade dos resíduos), aceitou-se H_0 , significando que o modelo está sem problemas econométricos.

Tabela 4. Elasticidade parcial de produção, valor do produto médio e valor do produto marginal de cada fator de produção, e retorno à escala para o setor agropecuário agregado no Paraná em 2006.

| Variável | Elasticidade parcial | VPMe | VPMg |
|---------------------------------------|----------------------|--------|-------|
| Área (ha) | 0,13 | 1,04 | 0,13 |
| Capital (Financiamento/ investimento) | 0,27 | 2,72 | 0,72 |
| Mão de obra | 0,03 | 9,67 | 0,28 |
| Trator | 0,59 | 109,04 | 64,26 |
| Retorno à escala | 1,01* | - | - |

* Estatisticamente igual a 1 (teste de Wald).

o valor do produto médio em R\$ 2.720,00 e R\$ 724,00 no valor do produto marginal.

Em relação à mão de obra, observa-se que aumento de uma unidade tende a aumentar o valor da produção em 0,03%; o valor do produto médio em R\$ 9,67 e R\$ 0,28 no valor do produto marginal. No caso do fator mão de obra, os dados dos dois últimos censos mostram um expressivo declínio de pessoal ocupado em atividades agropecuárias no Paraná. Essa redução é consequência do declínio do segmento de lavouras e da modernização, expulsora de mão de obra do campo. Desde então, a agricultura do Paraná vem se modernizando acentuadamente, com forte redução dessa variável.

Por fim, a variável trator obteve a maior elasticidade parcial - um aumento de uma unidade tende a provocar aumento de 0,59% no valor da produção, R\$ 109,04 no valor do produto médio e R\$ 64,26 no valor do produto marginal. Verificou-se que as elasticidades parciais das variáveis trator e capital são as maiores. Isso significa que a produção é relativamente intensiva em termos de mecanização e capital.

Em geral, a evidência indica que o retorno à escala é de natureza constante a crescente, tendo como fatores principais a mecanização e o capital, que foram de caráter bastante expressivo. Os resultados deste estudo corroboram os

resultados de Alves (2002), quando este analisou a função de produção agropecuária agregada para o Paraná, com dados do censo agropecuário de 1995–1996.

Considerações finais

Este trabalho teve o objetivo de estimar e analisar a função de produção agropecuária agregada do Paraná; especificamente, pretendeu identificar os principais fatores determinantes da produção e em que estágio de produção o estado se encontra.

Pela estimação de uma função de produção *Cobb-Douglas* agregada para o Paraná, o coeficiente de determinação R^2 foi da ordem de 63%, o que constitui evidência de um coeficiente relativamente bom.

Analisando-se os 399 municípios do Paraná, o estudo da função de produção agropecuária leva ao conhecimento das variáveis importantes que podem afetar a produção do estado. Decisões políticas podem ser tomadas analisando-se a utilização racional dos recursos que ofereçam maiores retornos aos produtores, fortalecendo assim a atividade agrícola com políticas públicas para a agricultura.

De acordo com os resultados, a variável trator foi a que apresentou a maior sensibilidade. Isso indica que qualquer incentivo para aumentar a mecanização resulta numa variação crescente da produção. Sua elasticidade parcial foi de 0,59, demonstrando que a produção é relativamente intensiva em termos de mecanização. Isso não aconteceu com a variável mão de obra, que apresentou a menor elasticidade parcial, de 0,03, podendo-se inferir que a agricultura e a pecuária do Paraná possuem alto grau de mecanização, e essa variável não interfere substancialmente no aumento do valor da produção, ao contrário do que se verificou com as variáveis capital e trator.

Os fatores se mostraram satisfatórios dentro do estágio racional de produção na premissa *ceteris paribus*, com retornos constantes à escala

(conforme testado estatisticamente) para a função de produção.

De acordo com resultados apresentados, o Paraná está no segundo estágio de produção, denominado estágio racional, tendo como insusos determinantes a tecnologia, o financiamento e a terra, nessa ordem. A partir da década de 1990, o setor agropecuário do Paraná passou por significativas transformações, que o conduziram ao desenvolvimento e modernização. Esse novo ambiente exigiu dos agentes econômicos um conhecimento mais amplo de práticas que visam à minimização de riscos, aumento de produtividade e maior rentabilidade ao setor.

Os resultados deste trabalho refletem a realidade do Paraná. Este é um dos maiores produtores de grãos do País, influenciando, assim, o mercado externo, e necessita de políticas públicas voltadas para novos financiamentos e investimentos para o setor, que contribuam para o aumento de sua produção agropecuária, principalmente de soja, milho e trigo.

Diante disso, recomenda-se que os governos federal e estadual, por meio de políticas públicas para a agricultura, invista em melhoramentos dessas culturas, em infraestrutura para escoamento da produção agrícola, e na melhoria da estrutura de transportes da região, o que facilitaria a movimentação e o escoamento da produção para as unidades industriais processadoras que se desenvolveram na região. Também é necessário ampliar o setor portuário de Paranaguá, que está com sua capacidade esgotada. Outro fator importante é a ampliação do financiamento para a aquisição de máquinas e implementos agrícolas e sobretudo para a capacitação dos agricultores por meio de extensão rural.

Destaca-se que grandes agroindústrias abatedoras de aves e suínos estão hoje instaladas no território paranaense, intensificando a cadeia do agronegócio estadual e nacional. Assim, fica evidente a importância de novas políticas agrícolas para a consolidação e ampliação da agricultura, que sustenta os demais setores da economia,

principalmente o industrial. A produção suína e avícola do Oeste Paranaense exemplifica essa questão, dada a consolidação do complexo agroindustrial no estado.

No entanto, para que o estado continue sendo referência na produção de grãos, deve-se também voltar suas políticas públicas para a agricultura familiar, para que ela possa estar bem estruturada e ser mais forte do que é hoje. O Paraná se destaca na pequena e média propriedade, com grande diversificação na produção agrícola. É importante que o pequeno agricultor possa continuar exercendo o importante papel de forte produtor de gêneros alimentícios, com seu dinamismo em diversidade de produção e na utilização de recursos tecnológicos.

Este trabalho não esgota o assunto e sugere, para futuras pesquisas, uma análise nacional e que inclua outras variáveis, como educação, transporte de carga e comercialização. Outra sugestão é analisar com mais profundidade a questão da crescente redução, a cada ano, de mão de obra no campo, decorrente da modernização agrícola.

Referências

- ALVES, L. B. Produção agrícola agregada do Estado do Paraná em 1995. **Revista Anhanguera**, Goiânia, v. 3, n. 1, p. 103-121, jan./dez. 2002.
- BONI, C. E.; CUNHA, M. S. da. Evolução da estrutura fundiária no Estado do Paraná no período de 1970 a 1995/96. In: CUNHA, M. S. da; SHIKIDA, P. F. A.; ROCHA JÚNIOR, W. I. da. **Agroegócio paranaense: potencialidades e desafios**. Cascavel: Edunioeste, 2002. p. 145-162.
- BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. **Balança Comercial Brasileira: Série histórica (1960-2012)**. Disponível em: <<http://www.mdic.gov.br/sitio/interna/interna.php?area=5&menu=1161>>. Acesso em: 25 jun. 2013.
- DEBERTIN, D. L. **Agricultural production economics**. New York: MacMillian; London: Collier Macmillan, 1986. 366 p.
- DIAS, C. A. F.; OLIVEIRA, N. M. Estudo da função de produção agropecuária agregada do Estado de Goiás. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE

ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 42., 2004, Cuiabá. **Anais...** Cuiabá: SOBER, 2004.

GUJARATI, D. N. **Basic econometrics**. 3rd ed. New York: McGraw-Hill, 1995. 838 p.

IBGE. **Censo Agropecuário de 2006**: resultados preliminares: Paraná. Rio de Janeiro, 2007. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/agropecuaria/censoagro/2006/>>. Acesso em: 15 ago. 2013.

IBGE. **Estatística Econômica**: indicadores agropecuários. 2013. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/lspa_201303comentarios.pdf>. Acesso em: 15 ago. 2013.

IBGE. **Produção da extração vegetal e da silvicultura 2011**. 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pevs/2011/>>. Acesso em: 10 ago. 2013.

JANK, M. S.; NASSAR, A. M.; TACHINARDI, M. H. Agronegócio e Comércio Exterior Brasileiro. **Revista USP**, São Paulo, n. 64, p. 14-27, dez./fev. 2004/2005.

OLIVEIRA, E. B. de. **Análise econômica de uma função de produção**: milho na Região de Patos de Minas, Minas

Gerais: ano agrícola 1964/65. 1966. 74 f. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

OLIVEIRA, N. M. de; STRASSBURG, U.; DEL PAI, C.; BARCHET, I. A função de produção agrícola agregada do estado do Tocantins: em uma região periférica da Amazônia. In: CARVALHO, M. L. da S.; HENRIQUES, P. D. de S.; NARCISO, V. (Coord.). **Alimentar mentalidades, vencer a crise global**: atas do ESADR 2013. Évora: Universidade de Évora, 2013. p. 3661-3676. Engloba o VII Congresso da APDEA, o V Congresso da SPER e o I Encontro Lusófono em Economia, Sociologia, Ambiente e Desenvolvimento Rural.

OLIVEIRA, N. M.; MARQUES, N. de A. Função de Produção Agrícola Agregada do Estado de Mato Grosso em 1995. **Revista de Estudos Sociais**, Cuiabá, ano 4, n. 8, p. 7-15, 2002.

PIACENTI, C. A. Indicadores de modernização tecnológica. In: PIACENTI, C. A.; FERREIRA DE LIMA, J. **Análise Regional**: metodologias e indicadores. Curitiba: Camões, 2012. p. 35-40.

VARIAN, H. R. **Microeconomia**: princípios básicos. 5. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2000. 756 p.