

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO E SOJA COM APLICAÇÃO DO MODELO ULVELING-FLETCHER (1)

José Roberto Viana de Camargo (2)
Joaquim José de Camargo Engler (3)

O objetivo geral desse trabalho é de analisar a eficiência do uso dos recursos nas culturas de algodão e soja na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo. Ao mesmo tempo, propôs-se a testar a conveniência do uso de funções de produção do tipo desenvolvido por Ulveling e Fletcher, bem como a incluir, nessas funções, variáveis, as quais considerou-se que poderiam proporcionar à análise maior proximidade da realidade do processo produtivo.

Os dados referem-se ao ano agrícola 1971/72 e compreendem uma amostra de 62 propriedades para o algodão e 52, para soja. O modelo produtividade foi utilizado.

Especificamente, para o algodão, constatou-se que: a) não só a quantidade de defensivos usada é importante, mas também o número de aplicações, que, em termos médios da amostra, está aquém da quantidade exigida para uma maior relação do fator defensivo com a produtividade; b) a quantidade de sementes por alqueire (2,42ha) exerce, pequena influência sobre a relação fertilizantes-produtividade.

Comparando as duas culturas, nota-se que, na cultura do algodão, o uso de fertilizantes encontra-se mais próximo do ótimo econômico do que na de soja, enquanto o uso de máquinas é excessivo para o algodão e não para a soja.

Para a cultura de soja, através do modelo Ulveling-Fletcher, pode-se constatar que a influência do fator fertilizante sobre a produtividade modifica-se conforme a variedade usada.

1 - INTRODUÇÃO

Os problemas ligados à eficiente alocação de recursos nas culturas de algodão e soja da região de Ribeirão Preto são abordados, no presente traba-

lho, de maneira a contemplar as possibilidades de alteração das próprias técnicas de análise de produção e, simultaneamente, prover informações passíveis de aproveitamento para a elaboração de políticas agrícolas espe-

(1) Resumo da dissertação de mestrado aprovada pela Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo em junho de 1974. Parte Integrante do Projeto IEA/1 - "Análise do Grau de Tecnificação da Agricultura Paulista". Liberado para publicação em 5 de novembro de 1974.

(2) Os autores agradecem aos Drs. Ralph Gerald Saylor e Rubens Valentini pela leitura do texto original e pelas sugestões apresentadas.

(3) Chefe do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas da ESALQ/USP.

cíficas.

1.1 - Objetivos

De modo específico, o estudo objetiva:

- a) estimar funções de produção dos tipos Cobb-Douglas e Ulveling-Fletcher e comparar os resultados obtidos;
- b) verificar a possibilidade de uso de outras variáveis que não as comumente utilizadas em estudos de função de produção, no sentido de tentar dar aos fatores que entram no processo produtivo uma maior representatividade;
- c) no caso do uso da função Ulveling-Fletcher, estimar as variações que podem ocorrer com as elasticidades parciais de produção;
- d) determinar os retornos à escala assim como os valores das produtividades média e marginal dos fatores;
- e) comparar os níveis de eficiência de uso dos recursos nas duas culturas; e
- f) fazer uma análise das implicações econômicas dos resultados.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

Dividir-se-á a revisão em duas partes, a primeira referente a funções de produção estimadas para algodão e soja e a segunda especificamente relacionada ao uso do modelo Ulveling-Fletcher.

2.1 - Funções de Produção Estimadas para Algodão e Soja

NELSON (7) analisou o uso de fertilizantes nas principais culturas anuais da região de Ribeirão Preto no ano agrícola 1969/70.

Utilizando funções do tipo Cobb-Douglas, e quadrática, Nelson concluiu que os presentes níveis do conjunto de fertilizantes dão um retorno positivo somente em condições de alta intensidade de uso na cultura do algodão. O efeito total de fertilizantes é negativo na cultura de soja, tanto em condições de alta como de baixa intensidade de uso. Além disso, a comparação entre os níveis de adubação recomendados pelos técnicos, ótimo econômico e o utilizado pelo agricultor, revelou que os fazendeiros da área em estudo estavam usando níveis mais próximos do ótimo econômico do que aqueles recomendados pelos técnicos.

WRIGHT (12), utilizando informações das mesmas propriedades estudadas por Nelson, analisou a adubação nas culturas de milho, algodão, soja e arroz.

Referir-se-á apenas aos resultados referentes ao algodão e soja, obtidos do ajustamento de funções dos tipos Cobb-Douglas e quadrática. As conclusões mais gerais foram as de que: "A economicidade do uso de fertilizantes nos níveis atuais para as propriedades da amostra é duvidosa. Os rendimentos durante o ano agrícola 1971/72 parecem ser distribuídos aleatoriamente quanto ao uso de fertilizantes e calcário" Além disso, a intensidade do uso

de insumos influenciaria muito pouco a produtividade, o que se demonstraria pelos baixos coeficientes de determinação alcançados nas regressões.

2.2 - Aspectos do Uso do Modelo Ulveling-Fletcher

Esta segunda parte da revisão tem por objetivo relatar alguns trabalhos que se utilizaram da metodologia desenvolvida por ULVELING e FLETCHER (11) e, posteriormente, generalizada por DE JANVRY (2). Os primeiros desenvolveram uma forma modificada da função Cobb-Douglas, com elasticidades parciais e retornos à escala variáveis. De Janvry demonstrou que existe uma forma geral da função ("Generalized-Power Production Function") da qual a Cobb-Douglas, a Transcendental e a Cobb-Douglas com retornos variáveis à escala são casos especiais. Além disso, estudou suas propriedades e demonstrou que o ganho de generalidade (da GPPF em relação às demais funções citadas) é obtido sem custo no que se refere às dificuldades da análise empírica.

As informações usadas por ULVELING e FLETCHER (11) para ilustrar a função modificada de Cobb-Douglas foram observações sobre custo de produção para fazendas no México.

As funções estimadas tiveram como variáveis: valor de produção (Y) medido em pesos; os fluxos de terra (X_1), em hectares; de trabalho (X_2), em horas; e de capital (X_3), em pesos. Foi introduzida uma variável indexada (I), referente à intensidade do capital na

produção, medida em pesos por hectare de terra, a fim de verificar a sua influência nas elasticidades parciais e no retorno à escala.

Os autores supuseram inicialmente que a forma do relacionamento entre os coeficientes de regressão e a variável indexada (I) fosse linear, quadrática e cúbica.

Com base na significância estatística das variáveis, escolheram uma função em que as variáveis X_2 e X_3 tinham suas elasticidades parciais influenciadas por funções quadráticas de I.

Com o fim de comparação, estimaram uma função do tipo Cobb-Douglas tradicional, usando as mesmas informações.

Comparando as duas funções estimadas, constataram os autores que a função Cobb-Douglas convencional tende a exagerar os retornos à escala para técnicas menos intensivas de capital, influenciando, conseqüentemente, a estimativa da eficiência da utilização de recursos em relação aos diferentes tamanhos da fazenda.

Concluíram que os resultados empíricos sustentaram a hipótese de que a intensidade de capital de produção influenciou as elasticidades parciais de trabalho e capital e o coeficiente de escala, pondo em dúvida o uso de elasticidades parciais fixas, relações médias e retornos à escala como frequentemente se obtém através do uso da função Cobb-Douglas tradicional.

LIMA (6) utilizou o modelo dese:

volvido por Ulveling e Fletcher para descrever uma fase de crescimento de novilhas, através das relações existentes entre ganho de peso total e consumo de alimentos para cada grupo de animais com graus de sangue diferentes, sendo a elasticidade parcial de produção afetada pelo grau de sangue e pela diferença entre temperatura retal e a temperatura ambiente.

ROCHA (9), ao fazer uma análise econômica da engorda de bovinos em confinamento, tinha como um dos objetivos testar a possibilidade de aplicação do modelo Ulveling-Fletcher e compará-lo aos modelos Cobb-Douglas e quadrático.

Pela função Ulveling-Fletcher, Rocha pode observar a influência de uma variável indexada (no caso, peso na observação anterior) sobre as elasticidades parciais de produção de componentes diferentes da ração e seus resultados foram consistentes com as informações nutricionais, sendo que com outro modelo não poderiam ter sido obtidos.

Concluiu, portanto, que a superfície de resposta Ulveling-Fletcher foi a que melhor se adaptou ao fenômeno em estudo.

ALMEIDA (1), ao fazer uma análise econômica da produção de leite da bacia leiteira de Salvador, Bahia, utilizou também o modelo de função de produção desenvolvido por Ulveling e Fletcher como uma maneira de contornar algumas das desvantagens do modelo Cobb-Douglas.

No modelo por ele escolhido, as

variáveis tamanho da empresa com relação à mão-de-obra e tamanho da empresa com relação à intensidade de uso da terra influíam, respectivamente, sobre as elasticidades parciais do valor do uso de mão-de-obra e da intensidade de uso das terras.

Concluiu o autor que o modelo Ulveling-Fletcher não se mostrou significativamente diferente do Cobb-Douglas tradicional, apresentando três problemas básicos:

- a) geração acelerada de variáveis estatísticas no processo de ajustamento ocasionando problemas quanto ao grau de significância estatística dos coeficientes das variáveis, uma vez que reduz o número de graus de liberdade disponíveis potencialmente para os testes estatísticos, chegando a determinar a impraticabilidade de algumas estimações;
- b) inexistência de fundamento teórico sobre a forma algébrica funcional das variáveis que se supõe capazes de influenciar as elasticidades parciais de produção;
- c) as funções estimadas com a metodologia proposta, quando comparadas à equivalente tradicional, apresentam problemas sérios com respeito ao surgimento de multicolinearidade entre as variáveis, sendo notada a eliminação de variáveis em um grande número das equações devido ao problema surgido.

DE JANVRY e KOENIG (3) utilizaram também o modelo de função Cobb-Douglas modificada para desenvolver um estudo econômico sobre o

uso de fertilizantes nas culturas de milho e trigo na Argentina.

A breve revisão feita demonstra a ampla gama de situações em que pode ser aplicada a técnica desenvolvida por Ulveling e Fletcher. As restrições levantadas por ALMEIDA (1) são, sem dúvida, procedentes, mas opina-se serem largamente contrabalançadas pelas vantagens já apontadas, como seja, a sensibilidade às variações da organização técnica da produção e das respostas ao uso dos fatores produtivos ao longo das diversas fases do processo.

Neste estudo, o modelo será aplicado justamente no sentido de se aproveitar dessa flexibilidade, tentando especificar, como se verá a seguir, a influência indireta de algumas variáveis sobre o comportamento de outras.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Área de Estudo

A pesquisa foi desenvolvida na região de Ribeirão Preto, Estado de São Paulo, mais especificamente nos municípios de Jardinópolis, Guaíra e Sales Oliveira, pertencentes à Divisão Regional Agrícola de Ribeirão Preto.

A agricultura é a grande força dentro da economia e a renda gerada nesse setor, nos três municípios, no

ano agrícola 1969/70, foi de duas a três vezes maior do que a proveniente do setor industrial (10).

Entre as razões da escolha, pode-se citar o alto grau de tecnificação das culturas, a relativa homogeneidade de solo, clima e topografia, além do destaque com que a área aparece na produção de culturas anuais, sendo as principais algodão, soja e milho (8).

3.2 - Informações Básicas

Os dados utilizados nesta pesquisa foram obtidos através de entrevistas diretas com os agricultores componentes de uma amostra escolhida ao acaso do rol de proprietários cadastrados no INCRA.

Representam um corte transversal no tempo e referem-se ao ano agrícola 1971/72. Foram realizadas 129 entrevistas, correspondendo a amostra a aproximadamente 10% do universo. Para atender aos objetivos desta pesquisa foram consideradas apenas as informações relativas às propriedades que cultivavam soja e/ou algodão, perfazendo um total de 62 observações para algodão e 52 para soja (4).

3.3 - Modelos Econométricos

Dois modelos econométricos foram utilizados nesta pesquisa:

(4.) Devido ao pequeno número de propriedades entrevistadas no município de Sales Oliveira e tendo em vista a sua semelhança e proximidade física de Jardinópolis, os dados destes dois municípios serão considerados conjuntamente.

3.3.1 - Função Cobb-Douglas

$$Y = aX_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot \dots \cdot X_n^{b_n} \cdot e,$$

sendo, Y = variável dependente;

a = constante;

b_1, b_2, \dots, b_n = elasticidades parciais de produção;

X_1, X_2, \dots, X_n = variáveis independentes;

e = erro

3.3.2 - Função Ulveling-Fletcher

as elasticidades parciais de produção são variáveis e, conseqüentemente, os retornos à escala, dentro de um intervalo de variação da função (11).

O modelo desenvolvido por Ulveling e Fletcher constitui uma modificação da função Cobb-Douglas, em que

Simbolicamente pode ser expressa por:

$$Y = a \cdot X_1^{F_1(I)} \cdot X_2^{F_2(I)} \cdot X_3^{F_3(I)} \cdot \dots \cdot X_n^{F_n(I)} \cdot e,$$

onde os expoentes são funções de uma variável (I), considerada como modificadora das elasticidades parciais e dos retornos à escala.

geralmente, a função não homogênea.

Pressupõe-se que I é uma variável contínua observável e que influencia uma ou mais elasticidades parciais de produção.

A introdução dessa variável torna,

Na forma logarítmica, tem-se:

$$\log Y = \log a + F_1(I) \log X_1 + F_2(I) \log X_2 + F_3(I) \log X_3 + \log e.$$

onde $F_i(I)$ pode assumir as mais variadas formas:

$$F(I) = b_0 + b_1 I$$

$$F(I) = b_0 + b_1 I^2$$

$$F(I) = b_0 + b_1 I^3$$

ou em conjunto,

$$F(I) = b_0 + b_1I + b_2I^2 + b_3I^3$$

A função é bem flexível, permitindo testar hipóteses que diversas variáveis influenciam as elasticidades parciais ou de que variáveis diferentes influenciam cada uma das elasticidades separadamente. Essas hipóteses poderão ser testadas pela determinação do nível de significância dos coeficientes.

com que a precisão das estimativas caísse de modo a tornar praticamente impossível isolar as influências relativas das diversas variáveis independentes (5). Sua eliminação, por outro lado, acarretaria erros maiores nas estimativas. HEADY & DILLON (4) advertem que uma variável só pode ser eliminada com base na lógica física, biológica ou econômica do processo de produção em estudo. Assim, optou-se pelo modelo "produtividade", em que a variável dependente é dividida pela área, assim como a maior parte das independentes.

3.4 - Ajustamento das Funções

Inicialmente foram ajustadas as duas funções às informações básicas referentes à produção (variável dependente) e ao uso dos fatores terra, trabalho e capital, sob diversas formas.

Verificou-se que a variável área cultivada apresentava altos coeficientes de correlação com a maioria das outras variáveis independentes, fazendo

3.4.1 - Algodão

As funções ajustadas para a cultura, nesta pesquisa, são as que se seguem:

a) função Cobb-Douglas

$$Y = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_3} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{b_5} \cdot X_6^{b_6} \cdot X_7^{b_7} \cdot X_8^{b_8} \cdot X_9^{b_9} \cdot e$$

b) função Ulveling-Fletcher

Com esta função serão testados, a partir das medidas alternativas para a variável defensivos. Assim tem-se:

$$Y_1 = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{F(I_3)} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{F(I_5)} \cdot X_6^{F(I_6)} \cdot X_7^{b_7} \cdot e$$

$$Y_2 = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{F(I_3)} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{F(I_5)} \cdot X_7^{b_7} \cdot X_9^{F(I_9)} \cdot e$$

sendo as elasticidades parciais de produção das variáveis X_3 , X_5 , X_6 e X_9 , funções das variáveis índices I_3 , I_5 , I_6 e I_9 , respectivamente, como segue:

$$F(I_3) = b_{30} + b_{31} I_3 + b_{32} I_3^2$$

$$F(I_5) = b_{50} + b_{51} I_5 + b_{52} I_5^2$$

$$F(I_6) = b_{60} + b_{61} I_6 + b_{62} I_6^2$$

$$F(I_9) = b_{90} + b_{91} I_9 + b_{92} I_9^2$$

As equações, portanto, tomam as seguintes formas:

$$Y_1 = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_{30} + b_{31}I_3 + b_{32}I_3^2} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{b_{50} + b_{51}I_5 + b_{52}I_5^2}$$

$$\cdot X_6^{b_{60} + b_{61}I_6 + b_{62}I_6^2} \cdot X_7^{b_7} \cdot e^{\dots}$$

$$Y_2 = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_{30} + b_{31}I_3 + b_{32}I_3^2} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{b_{50} + b_{51}I_5 + b_{52}I_5^2}$$

$$\cdot X_7^{b_7} \cdot X_9^{b_{90} + b_{91}I_9 + b_{92}I_9^2} \cdot e^{\dots}$$

onde, para ambos os modelos:

Y = Produtividade do algodão – Expressa em arrobas por alqueire (2,42ha), incluindo o algodão vendido e/ou em estoque.

X_1 = Área cultivada com algodão no ano agrícola 1971/72 – Expressa em alqueire.

X_2 = Trabalho humano – Número de

dias-homem empregados na produção de algodão por unidade de área.

X_3 ou I_3 = Dias-máquina – Representa os dias de emprego efetivo de maquinária e implementos agrícolas. Expressa em dias-máquina por alqueire.

X_4 = Calcário – Expressa em cruzeiros por alqueire, representa o valor

por área do calcário aplicado na cultura no ano agrícola 1971/72.

X_5 = Fertilizantes – Representa o valor total, em cruzeiros por alqueire, dos fertilizantes comerciais aplicados na cultura de algodão, por área, no ano agrícola em estudo.

X_6 ou I_9 = Defensivos – Variável expressa em cruzeiros por alqueire, refere-se ao valor por área de cada aplicação dos defensivos, na cultura de algodão, no ano agrícola 1971/72.

X_7 = Município – Variável binária

utilizada com o objetivo de verificar a existência ou não de diferença na produtividade entre os municípios em estudo.

X_8 ou I_5 = Semente – Expressa em cruzeiros por alqueire, representa o valor total, por área, das sementes melhoradas adquiridas na Casa da Agricultura ou em firmas.

X_9 ou I_6 = Número de aplicações – Esta variável representa o número de vezes que o agricultor pulverizou ou polvilhou a cultura de algodão no ano agrícola 1971/72.

3.4.2 – Soja

Para esta cultura serão ajustadas as funções que se seguem:

a) função Cobb-Douglas

$$Y = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_3} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{b_5} \cdot X_6^{b_6} \cdot X_7^{b_7} \cdot X_8^{b_8} \cdot X_9^{b_9} \cdot X_{10}^{b_{10}} \cdot e$$

b) função Ulveling-Fletcher

$$Y = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{F(I_3)} \cdot X_4^{b_4} \cdot X_5^{F(I_5, D_{51}, D_{52})} \cdot X_6^{b_6} \cdot X_7^{b_7} \cdot e$$

Considerou-se que as elasticidades X_5 sofrem influência de outras variáveis parciais de produção da variável X_3 e X_5 , conforme pode-se ver a seguir.

$$F(I_3) = b_{30} + b_{31}I_3 + b_{32}I_3^2$$

$$F(I_5, D_{51}, D_{52}) = b_{50} + b_{51}I_5 + b_{52}I_5^2 + b_{53}D_{51} + b_{54}D_{52}$$

A função fica assim representada:

$$Y = A \cdot X_1^{b_1} \cdot X_2^{b_2} \cdot X_3^{b_{30} + b_{31}I_3 + b_{32}I_3^2} \cdot X_4^{b_4}$$

$$\cdot X_5^{b_{50} + b_{51}I_5 + b_{52}I_5^2 + b_{53}D_{51} + b_{54}D_{52}} \cdot X_6^{b_6} \cdot X_7^{b_7} \cdot e$$

onde, para ambos os modelos:

Y = Produtividade da soja – Representa a produção total de soja por unidade de área, no ano agrícola 1971/72. Expressa em sacos de 60 kg por alqueire.

X₁ = Área cultivada – Medida em alqueire (2,42ha), representa a área cultivada com soja no ano em estudo.

X₂ = Trabalho humano – Número de dias-homem empregados na produção de soja, no ano agrícola.

X₃ ou I₃ = Dias-máquina – Representa os dias de uso das maquinarias e implementos agrícolas, por unidade de área na cultura de soja.

X₄ = Calcário – Representa os gastos, por área, com calcário aplicado na cultura. Expressa em cruzeiros por alqueire.

X₅ = Fertilizantes – Refere-se às despesas com fertilizantes, por área, aplicados durante o ano agrícola 1971/72. Expressa em cruzeiros por alqueire.

X₆ = Defensivos – Medida em cruzeiros por alqueire, representa o valor total dos defensivos aplicados na cultura de soja, por área, no ano agrícola considerado.

X₇ = Município – Variável binária utilizada para verificar a diferença de produtividade entre os municípios de Guaíra e Jardinópolis.

X₈ ou I₅ = Espaçamento – Expressa em cm² por planta.

X₉, X₁₀ ou D₅₁, D₅₂ = Variedade – Variáveis binárias usadas para testar se há ou não diferenças entre duas variedades IAC-1, Santa Rosa e a sua mistura IAC-1/Santa Rosa, que são mais comumente plantadas na região. Como se pode observar, essas variáveis entram na função Cobb-Douglas influenciando diretamente a produtividade. Na função Ulveling-Fletcher, influenciam-na indiretamente através da variável fertilizantes.

A estimativa dos coeficientes de regressão far-se-á pelo método dos mínimos quadrados e a seleção do melhor ajustamento será efetuada me-

diante a combinação dos seguintes critérios: valor do coeficiente de determinação múltipla; significância de regressão; valor dos coeficientes de correlação simples; significância dos coeficientes de regressão e importância das variáveis independentes contidas na equação.

3.5. - Testes Estatísticos dos Parâmetros

Para todas as variáveis, tanto as que influenciam diretamente a produtividade como as indexadas, no caso de uso da função Ulveling-Fletcher, testar-se-á a hipótese nula.

$$H_0: b_i = 0$$

contra a alternativa

$$H_1: b_i \neq 0$$

O teste será bilateral porque achou-se que não há elementos suficientes para definir "a priori" que a contribuição dos diversos fatores à produtividade seja positiva.

3.6 - Discussão das Variáveis e do Modelo

Dentro das limitações dos dados coletados, esforçou-se para dar às variáveis a significação mais próxima possível à da realidade do processo produtivo. Assim, a variável trabalho humano incluiu, no caso do algodão, o trabalho da colheita, não acontecendo o mesmo no caso da soja, simplesmente porque, no primeiro, a disponibilidade de mão-de-obra afeta a

quantidade colhida, enquanto que para a soja a quantidade colhida é em pouco ou nada afetada pelas variações de prazo e quantidade de mão-de-obra utilizada na operação.

Excluíram-se também os gastos de transporte na definição das variáveis defensivos, calcário e fertilizantes, pois trata-se de medir a influência das variações de quantidades aplicadas sobre as quantidades produzidas.

A variável capital quando definida como estoque ou como participação efetiva é "contaminada" pelos períodos de ociosidade. Além disso, convém considerar, como fizeram Georgescu-Roegen, citado por YOTOPOULOS (13), que o capital não permanece constante durante o processo produtivo, já que ocorrem três fenômenos: deterioração, exaustão e obsolescência. Os dois últimos são fenômenos de mercado e, portanto, irrelevantes para os propósitos da teoria da produção. Uma maneira de contornar essas dificuldades foi o uso do dado físico para medir a influência do fator capital, que ficou sendo expresso pelo número de dias-máquina efetivamente empregados.

Por ser uma tentativa de medida, usou-se a mesma variável no expoente, a fim de se ter uma idéia da variação da elasticidade parcial da própria variável.

Também com um sentido de tentativa, a variável defensivos, de grande importância na cultura do algodão, foi desmembrada em número de aplicações e valor da quantidade usada por vez, a fim de se ter idéia da influência da técnica e do manejo.

A variável área cultivada será acrescentada à regressão para contornar o problema da pressuposição tácita em que se incorre quando se usa o modelo produtividade, qual seja, a de retornos à escala fixos e constantes.

O coeficiente de regressão da variável área passa, como se pode demonstrar, a representar um medidor dos retornos à escala, que serão constantes, decrescentes ou crescentes, conforme o coeficiente seja estatisticamente nulo, negativo ou positivo.

Perde-se, assim, uma das vantagens do uso da função Ulveling-Fletcher, em que os retornos à escala podem variar numa mesma função, mas conserva-se a variabilidade das elasticidades

parciais.

4 – RESULTADOS E CONCLUSÕES

4.1 – Algodão

Várias equações foram estimadas com as funções Cobb-Douglas e Ulveling-Fletcher. Embora o coeficiente de determinação fosse praticamente da mesma ordem para as duas funções, a Ulveling-Fletcher apresentou-se mais flexível, oferecendo maiores possibilidades para análise.

No quadro 1 são apresentados os coeficientes de regressão e as demais características da equação selecionada.

QUADRO 1. – Ajustamento Selecionado da Função Ulveling-Fletcher para a Cultura de Algodão, Municípios de Guairá e Jardinópolis, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1971/72

Variável	Coeficiente de regressão (1)			
	\hat{b}_i	\hat{b}_{i0}	\hat{b}_{i1}	\hat{b}_{i2}
Área cultivada (X_1)	-0,0031 (-0,007)			
Trabalho humano (X_2)	0,2359**** (2,89)			
Dias-máquina (X_3)	-0,0149 (0,73)			
Fertilizantes (X_5)	0,1647(2)	0,1487* (1,13)		0,000004* (1,51)
Defensivos (X_6)	0,0330(2)	-0,1078* (-1,55)	0,0267*** (2,57)	-0,0006* (1,33)
Município (X_7)	0,0905** (1,93)			

Constante: a = 20,89

Coefficiente de correlação múltipla: R=0,6595

Coefficiente de determinação: R²=0,4350

Valor de "F"=4,45****

N.º de observações: 62

(1) Valores entre parênteses referem-se ao teste "t". Para a significância dos coeficientes o código é:

**** Indica significância ao nível de 1%.

*** Indica significância ao nível de 5%.

** Indica significância ao nível de 10%, e

* Indica significância entre níveis de 20 a 30%.

(2) Determinado em função da média geométrica da variável indexada.

Devido à significância estatística da variável binária município (X_7), ob- tiveram-se as seguintes equações gerais:

Para Guaiara,

$$\hat{Y} = 20,89 X_1 - 0,0031 X_2 + 0,2359 X_3 - 0,0149 X_5 + 0,1487 + 0,000004 I_5^2 - 0,1078 X_6 + 0,0267 I_6 - 0,0006 I_6^2$$

Para Jardinópolis,

$$\hat{Y} = 25,73 X_1 - 0,0031 X_2 + 0,2359 X_3 - 0,0149 X_5 + 0,1487 + 0,000004 I_5^2 - 0,1078 X_6 + 0,0267 I_6 - 0,0006 I_6^2$$

A existência de variáveis-índices influenciando as elasticidades parciais permitiu estimar as variações daquelas elasticidades.

Fixando o valor da semente por área nos níveis máximo, médio e mínimo, encontraram-se as seguintes elasticidades parciais do fator fertilizantes:

onde conclui-se que a variável somente exerce pequena influência na relação fertilizantes-productividade do algodão.

Fixando a variável-índice número de aplicações em seus níveis mínimo, médio e máximo, obtiveram-se as seguintes elasticidades parciais do fator defensivo:

$$I_5 \text{ mínimo: } E_{X_5} = 0,1490$$

$$I_6 \text{ mínimo: } E_{X_6} = -0,0817$$

$$I_5 \text{ médio: } E_{X_5} = 0,1647$$

$$I_6 \text{ médio: } E_{X_6} = 0,0330$$

$$I_5 \text{ máximo: } E_{X_5} = 0,2203$$

$$I_6 \text{ máximo: } E_{X_6} = 0,1892$$

Já neste caso percebe-se a forte influência que tem o número de aplicações sobre a eficiência do fator defensivo, de grande importância para a cultura. Verificou-se que o número de aplicações usadas pelos agricultores da amostra está aquém da quantidade exigida para uma maior relação do fator defensivo com a produtividade.

A não significância estatística da variável área cultivada (X_1) é um indicador de que os retornos à escala são constantes.

Os valores da relação $VPMa_{X_i} \cdot \frac{P}{X_i}$ apresentados no quadro 2, indicam que os fatores fertilizantes (X_5) e defensivos (X_6) poderiam ter seu uso aumentado, enquanto que o trabalho humano (X_2) deveria ser utilizado em menor intensidade.

As elasticidades parciais flexíveis

acarretam também variações na relação $VPMa_{X_i} / P$. Assim, para a variável X_i

fertilizantes, essa relação varia de 1,64 a 2,43, conforme o valor da quantidade de semente empregada por área. Embora a amplitude de variação seja pequena, vê-se que a adubação não está sendo feita nas melhores condições econômicas em relação à quantidade de semente.

No caso da variável defensivos, a diferença é marcante. Com a variação do número de aplicações, a relação passa de -4,72 para 10,92, respectivamente aos níveis mínimo e máximo

Isso indica a importância dessa variável na produtividade, como também a necessidade de um aumento no tempo de ação do defensivo, o que se pode conseguir com o aumento do número de aplicações.

QUADRO 2. - Valor do Produto Médio, Valor do Produto Marginal, Preço dos Insumos, e. Relação entre os Valores dos Produtos Marginais e os Preços dos Insumos Incluídos na Equação Estimativa Seleccionada, para a Cultura de Algodão, Municípios de Jardinópolis e Guafrá, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1971/72.

Item	Trabalho humano (X_2)	Dias-máquina (X_3)	Fertilizantes (X_5) ⁽¹⁾	Defensivos (X_6) ⁽¹⁾
$VPMe_{X_i}$ ⁽²⁾	40,98	789,77	11,83	62,93
$VPMa_{X_i}$ ⁽²⁾	9,67	-11,76	1,94	2,07
P_{X_i} ⁽³⁾	12,00	140,00	1,07	1,07
$VPMa_{X_i} / P_{X_i}$	0,80	-0,08	1,81	1,93

(1) As elasticidades parciais usadas para o cálculo $VPMa_{X_i}$ foram consideradas em relação à média geométrica das variáveis indexadas.

(2) Os valores dos produtos médios e marginais foram calculados utilizando-se as médias geométricas dos valores observados na amostra no anexo 1.

(3) Os preços dos fatores são apresentados no anexo 2.

QUADRO 3. - Ajustamento Selecionado da Função Ulveling-Fletcher para a Cultura de Soja, Municípios de Guaíra e Jardinópolis, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1971/72

Variável	Coeficiente de regressão (1)					
	\hat{b}_i	\hat{b}_{i0}	\hat{b}_{i1}	\hat{b}_{i2}	\hat{b}_{i3}	\hat{b}_{i4}
Área cultivada (X ₁)	-0,1725 **** (-2,83)					
Trabalho humano (X ₂)	-0,0489 (-0,75)					
Dias-máquina (X ₃)	0,4263(2)	0,7779 **** (3,84)	-0,1182 **** (-3,25)			
Fertilizantes (X ₅)	0,4805 (2) (3) 0,5605 0,5103	0,4546 **** (3,99)	0,0000907* (1,15)	-0,0000000493* (1,15)	0,0800 **** (3,12)	0,0175 (0,82)

Constante: a = 6,026

Coeficiente de correlação múltipla: R = 0,8256

Coeficiente de determinação: R² = 0,6817

Valor de "F" = 10,00 ****

Número de observações = 52

(1) Valores entre parênteses referem-se ao teste "t". Para a significância dos coeficientes o código é:

**** Indica significância ao nível de 1%.

*** Indica significância ao nível de 5%

** Indica significância ao nível de 10%, e

* Indica significância entre os níveis de 20% a 30%.

(2) Para a variedade IAC-1, mistura IAC-1/Santa Rosa e a variedade Santa Rosa, respectivamente.

(3) Determinado em função da média geométrica da variável indexada.

A partir das duas variáveis binárias fertilizantes podem-se obter as seguintes equações (por variedade).

Para a variedade IAC-1

$$Y = 6,026 X_1^{-0,1725} X_2^{-0,0489} X_3^{0,7799} - 0,1182 I_5$$

$$X_5^{0,4546} + 0,0000907 I_5 - 0,0000000493 I_5^2$$

Fixando I_5 nos níveis mínimo, médio e máximo, obtêm-se as seguintes elasticidades parciais do fator (para a variedade IAC-1):

$$I_5 \text{ mínimo: } E_{X_5} = 0,4599$$

$$I_5 \text{ médio : } E_{X_5} = 0,4805$$

$$I_5 \text{ máximo: } E_{X_5} = 0,4277$$

Para a mistura IAC-1/Santa Rosa

$$\hat{Y} = 6,026 X_1^{-0,1725} X_2^{-0,0489} X_3^{0,7799} - 0,1182 I_5$$

$$X_5^{0,5346} + 0,0000907 I_5 - 0,0000000493 I_5^2$$

Fixando I_5 nos níveis mínimo, médio e máximo, obtêm-se as seguintes elasticidades parciais para a variável fertilizantes:

$$I_5 \text{ mínimo: } E_{X_5} = 0,5399$$

$$I_5 \text{ médio : } E_{X_5} = 0,5605$$

$$I_5 \text{ máximo: } E_{X_5} = 0,5077$$

Para a variedade Santa Rosa

$$Y = 6,026 X_1^{-0,1725} X_2^{-0,0489} X_3^{0,7799} - 0,1182 I_3^3 \\ X_5^{0,4721} + 0,0000907 I_5 - 0,0000000493 I_5^2$$

Do mesmo modo, fixando I_5 nos níveis mínimo, médio e máximo, obtêm-se:

$$I_5 \text{ mínimo: } E_{X_5} = 0,4774$$

$$I_5 \text{ médio: } E_{X_5} = 0,5103$$

$$I_5 \text{ máximo: } E_{X_5} = 0,4452$$

$$I_3 \text{ máximo: } E_{X_3} = 0,0293$$

$$I_3 \text{ médio: } E_{X_3} = 0,4263$$

$$I_3 \text{ mínimo: } E_{X_3} = 0,7349$$

Vê-se que, com o aumento do espaçamento por área, a elasticidade do fator fertilizantes aumenta, passando por um máximo próximo da média de I_5 , e depois diminui. A variação de uma variedade a outra é relativamente grande, mas para cada uma em si é pequena.

Apesar da influência do espaçamento no fator fertilizantes ser pequena, o resultado mostra-se interessante, pois pode-se constatar que, quando o espaçamento entre plantas é muito grande, deve haver certa perda por absorção com conseqüente decréscimo da influência do fertilizante na produtividade.

Com relação a variável dias-máquina (I_3), fixando-a nos seus níveis máximo, médio e mínimo, verificou-se a seguinte variação da elasticidade parcial de

Com o aumento do uso de máquinas por área, diminui de maneira bem drástica a atuação do fator na produtividade. Isso indica que, para os agricultores em estudo, o uso indiscriminado desse fator, por área, em condições "coeteris paribus" só contribuirá para baixar seu rendimento relativo.

Com relação aos rendimentos à escala, a variável área cultivada indica que os mesmos são decrescentes da ordem de 0,83.

Não são recomendáveis inversões simultâneas e nas mesmas proporções nos fatores considerados, pois isso acarretaria um acréscimo na produtividade proporcionalmente menor ao acréscimo dado aos fatores.

O quadro 4 apresenta os valores dos produtos médios e marginais, como também as relações entre os valores dos produtos marginais dos insumos e seus respectivos preços.

QUADRO 4. - Valor do Produto Médio, Valor do Produto Marginal, Preço dos Insumos e Relação entre os Valores dos Produtos Marginais e os Preços dos Insumos Incluídos na Equação Estimativa Seleccionada, para a Cultura de Soja, Municípios de Jardinópolis e Guaíra, Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1971/72

Item	Trabalho-humano (X_2)	Dias-máquina (X_3)	Fertilizante (X_5) (¹)		
			IAC-1	IAC-1/Santa Rosa	Santa Rosa
$VPMc_{X_i}$ (²)	200,15	800,63	11,72	11,72	11,72
$VPMa_{X_i}$ (²)	- 9,78	341,31	5,63	6,57	5,98
P_{X_i} (³)	12,00	140,00	1,07	1,07	1,07
$VPMa_{X_i}/P_{X_i}$	- 0,82	2,44	5,26	6,14	5,59

(1) As elasticidades parciais foram consideradas em relação às médias geométricas das variáveis indexadas.

(2) Os valores dos produtos médios e marginais foram calculados utilizando-se as médias geométricas dos valores observados na amostra (anexo 1).

(3) Os preços dos fatores são apresentados no anexo 2.

4.2. - Soja

Também para esta cultura foi escolhida, a função Ulveling-Fletcher por apresentar um coeficiente de determinação ($R^2 = 0,68$) maior que o da Cobb-Douglas ($R^2 = 0,59$), indicando uma maior representatividade das variáveis escolhidas, além de oferecer maiores detalhes sobre o comportamento das variáveis estudadas.

O quadro 3 apresenta os coeficientes de regressão e as demais características da função estimativa selecionada.

Essas relações indicam que as variáveis dias-máquina e fertilizantes não estão sendo utilizadas em níveis de ótimo econômico e que, portanto, seu uso deveria ser incrementado.

A análise da variável trabalho humano deve ser feita com certa reserva, pois o coeficiente de regressão não é estatisticamente diferente de zero, o que indica uma certa homogeneidade entre os agricultores com relação ao seu uso por área.

Com relação a variável município (X_7), a sua não significância estatística indica que Guaíra e Jardinópolis não se diferenciam com relação à produtividade da soja.

Comparando as duas culturas, nota-se que na cultura de algodão o uso de fertilizantes encontra-se mais próximo do ótimo econômico do que na de soja, enquanto que o uso de máquinas

é excessivo para o algodão e não para soja. Uma possível causa do melhor manejo de fertilizantes pelos cultivadores de algodão é o tempo maior de prática na condução da cultura implantada na região anteriormente à de soja.

Com relação a possíveis sugestões para formulação de políticas, deve-se ter cautela. Se, de um lado, este trabalho visou à substituição dos modelos e variáveis comumente usadas por outros julgados mais representativos do processo produtivo e oferecendo maiores possibilidades à análise, de outro, pagou-se o preço da inovação com a escassez de experiências acumuladas.

Em vista da importância que demonstrou ter o número de aplicações de defensivos na cultura de algodão, recomenda-se que a ênfase da assistência técnica seja dada não só na quantidade total a ser aplicada como também na adequação do espaço de tempo entre as aplicações.

Também deduz-se dos resultados que, pelo menos sob o aspecto das possibilidades de aumento de produtividade, a política de subsidiar o uso de fertilizantes químicos não deve ser questionada. O fato é especialmente claro no que se refere à cultura de soja. Logicamente uma política de preços mínimos mais altos contribuiria também para a intensificação do uso dos fatores produtivos.

AN ANALYSIS OF COTTON AND SOYBEAN PRODUCTIVITY USING THE ULVELING-FLETCHER MODEL

SUMMARY

The main object of this study is to analyse resource efficiency in the production of cotton and soybeans for the Ribeirão Preto region of the state of São Paulo. The study also tests the applicability of the Ulveling and Fletcher production function which permits the introduction of variables that more closely approximate actual production processes.

The data used were taken from a sample of 62 cotton and 52 soybean farms for the agricultural year 1971/72. A productivity model was used.

With regards to cotton productivity, the results show: a) that not only the quantity of sprays applied is important but also the number of applications. Evaluated at the sample means, the number of applications is below the economic optimum; b) the seeding rate per alqueire (2,42 ha) shows a small influence on fertilizer response.

The soybean model indicates that the productivity per unit of land area of different types of soybeans is differentially affected by fertilizer application rates.

Comparing the two crops, actual fertilizer application rates are closer to the economic optimum for cotton than for soybeans, while machinery use is above the optimum for cotton but not for soybeans.

LITERATURA CITADA

1. ALMEIDA, J. R. de. Análise econômica da produção de leite da bacia leiteira de Salvador, Bahia. Viçosa, UREMG/UFV, 1972. (Tese de M.S.)
2. DE JANVRY, A. The generalized power production function. Am. Jour. Agric. Econ., 54 (2): 234-237, may 1972.
3. DE JANVRY, A. & KOENIG, R. Economía de la fertilizacion del maiz y trigo en Argentina. Buenos Aires, Escuela para Graduados en Ciencias Agropecuarias, 1972. (Serie Investigacion, 5).
4. HEADY, Earl O. & DILLON, John L. Agricultural production functions. Ames, Iowa State Univ., 1964.
5. JOHNSTON, J. Econometric methods. New York, McGraw-Hill, 1972.
6. LIMA, J. E. Relações econômicas em uma fase de crescimento de novilhas em tres graus de sangue. Viçosa, UFV, 1972. (Tese de M.S.).
7. NELSON, William C. An economic analysis of fertilizer utilization in Brazil. Columbus, Ohio State Univ., 1971. (Tese de Ph. D.).
8. PERROCO, Leda R. et alii. Aspectos econômicos da agricultrura na região de Ribeirão Preto, ano agrícola 1969/70. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1971
9. ROCHA, J. Análise econômica da engorda de bovinos em confinamento através da superfície de resposta Ulveling-Fletcher. Viçosa, UFV, 1972. (Tese de M. S.).
10. SILVA, E. F. de. Consumo e poupança: uma análise a nível de proprietários agrícolas da região de Ribeirão Preto, ano agrícola 1969/70. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1972. (Tese de M. S.).
11. ULVELING, Edwin F. & FLETCHER, Lehman B. A Cobb-Douglas production with variable returns to scale. Am. Jour. Agric. Econ., 52 (2): 322-326, may 1970.
12. WRIGHT, C. L. Análise econômica de adubação em culturas anuais na região de Ribeirão Preto, ano agrícola 1971/72. Piracicaba, SP, ESALQ/USP, 1973. (Tese de M. S.)
13. YOTOPOULOS, Pan A. Agricultural and factory processes: implications for empirical research. Food Res. Inst. Studies in Agric. Econ. Trade and Dev., 12 (2): 159-168.

ANÁLISE DA PRODUTIVIDADE DE ALGODÃO E SOJA COM APLICAÇÃO DO MODELO ULVELING-FLETCHER (1)

ANEXOS

ANEXO 1

QUADRO A1. 1. – Média Geométrica das Variáveis Incluídas nas Equações Seleccionadas para Análise das Culturas de Algodão e Soja, Municípios de Jardinópolis e Guaíra Estado de São Paulo, Ano Agrícola 1971/72

Variável	Valor médio	
	Algodão	Soja
Produtividade da cultura (1)	207,96	69,82
Área cultivada (alqueire) (2,42ha)	22,06	30,99
Trabalho humano (dias-homem/alqueire)	90,84	11,85
Dias-máquina (dias-máquina/alqueire)	4,71	2,96
Calcário (Cr\$/alqueire)	13,19	17,27
Semente (Cr\$/alqueire)	62,40	--
Fertilizantes (Cr\$/alqueire)	410,11	202,45
Defensivos (Cr\$/alqueire)	59,15	53,86
Número de pulverizações	6,12	--
Espaçamento (expresso em área-cm ²)	--	353,73

(1) Para o algodão em arroba/alqueire e para a soja em saco de 60kg/alqueire.

ANEXO 2

Determinação dos Preços dos Fatores e dos Produtos

Os preços dos fatores produtivos incluídos nas estimativas das equações selecionadas foram determinados de acordo com os critérios a seguir apresentados.

Trabalho humano (X_2)

O preço de um dia de trabalho de um homem foi estimado com base no valor médio pago à mão-de-obra assalariada por um dia de trabalho, igual a Cr\$ 12,00.

Dias-máquina (X_3)

O preço deste fator foi determinado com base no preço médio pago a um dia de uso de uma máquina alugada no ano agrícola 1971-72, igual a

Cr\$ 140,00.

Fertilizantes (X_5) e

Defensivos (X_6)

Para esta variável, o preço foi estimado em Cr\$ 1,07. Esse valor foi obtido considerando a taxa de juros de 7% a.a. nos financiamentos de insumos modernos.

Produtos (Y)

Os preços dos produtos foram obtidos pela média aritmética dos preços recebidos pelos agricultores no ano agrícola 1971-72, sendo de Cr\$ 18,00 ϵ arroba para o algodão e Cr\$ 34,00 o saco de 60kg. para a soja.